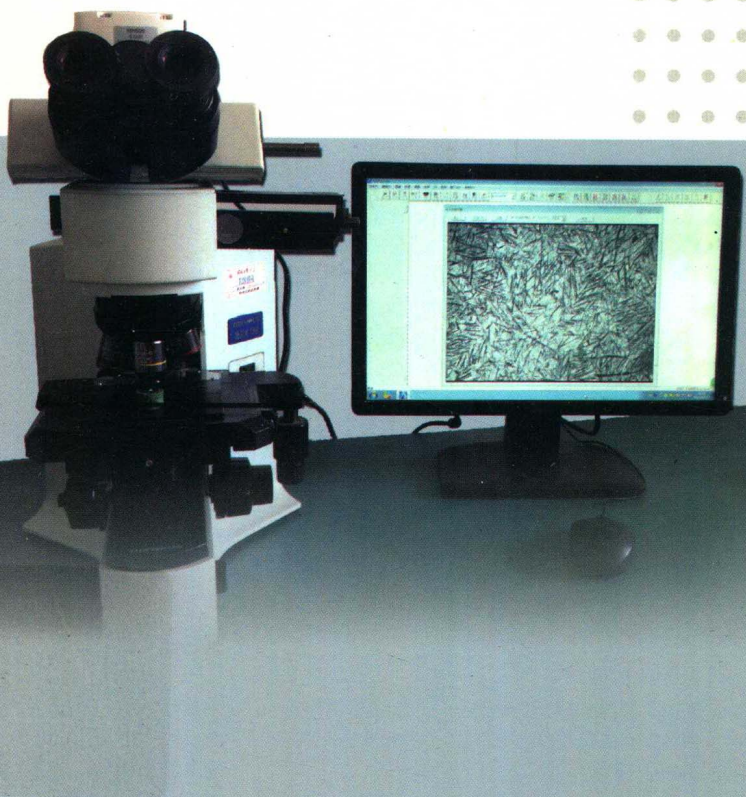


材料科学与工程专业基础实验系列教材

金属材料基础 实验指导书

刘哲 陈学广 何珺 张辉 编著



材料科学与工程专业基础实验系列教材

金属材料基础实验 指导书

刘哲 陈学广 何珺 张辉 编著

金属材料基础实验指导书

图书在版编目(CIP)数据

金属材料基础实验指导书/刘哲等编著. —天津:天津大学出版社,2015.4

材料科学与工程专业基础实验系列教材

ISBN 978-7-5618-5300-9

I. ①金… II. ①刘… III. ①金属材料—实验—高等学校—教材 IV. ①TG14-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 079698 号

出版发行 天津大学出版社
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 13
字 数 231 千
版 次 2015 年 5 月第 1 版
印 次 2015 年 5 月第 1 次
定 价 29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

随着教学改革不断深化,我们针对学校现在开设的涉及金属材料基础方面的相关课程编写了此本符合学校教学实际和满足教学改革需求的金属材料基础综合实验教材。

本书的特色体现在以下方面:

1. 更新实验内容,与时俱进,例如删除了显微摄影与暗室技术,增加了数码金相摄影等新技术和新实验内容;
2. 凡是有国家标准可循的实验内容都是依据国家标准编写的,使实验内容标准化、规范化;
3. 书中涉及的金相照片全部都是原创,清晰度高。

本书适用于“材料科学基础”“金属学与热处理”“相变原理”“金属材料学”和“机械工程材料”等多门课程,可供高等学校金属材料工程、材料成型与控制等系的本科生使用,也可供近材料类(如机械类)专业的学生使用。

本书分为两部分:第一部分为金属材料基础实验,共编入十三个实验,供不同专业选用;第二部分为附录。其中,实验一由陈学广编写,实验三由张辉编写,实验十二、十三由何珺编写,其他实验由刘哲编写。

全书由刘哲、陈学广、何珺、张辉编著。在本书编写过程中,河北工业大学教务处、金属材料工程系和材料成型与控制系给予了大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中如有不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2015年1月

目 录

第一部分 金属材料基础实验

实验一	金相显微镜的原理、构造及使用	(2)
实验二	金相显微试样的制备	(13)
实验三	数码金相显微镜的使用	(24)
实验四	结晶过程观察	(31)
实验五	二元合金显微组织观察	(34)
实验六	铁碳合金平衡组织观察	(39)
实验七	钢的晶粒度测定和定量金相	(45)
实验八	Cu-Zn 固态扩散与组织观察	(50)
实验九	三元合金显微组织观察	(52)
实验十	钢中非金属夹杂物的金相鉴定	(56)
实验十一	金属的塑性变形与再结晶	(62)
实验十二	中碳钢的热处理	(68)
实验十三	碳钢的非平衡组织观察	(75)

第二部分 附录

附录 1	金相砂纸的规格	(84)
附录 2	常用电解抛光液的成分及规范	(85)
附录 3	常用化学抛光试剂及适用范围	(87)
附录 4	常用化学浸蚀剂	(88)
附录 5	常用金属材料化学浸蚀剂	(89)
附录 6	常用电解浸蚀试剂及规范	(104)
附录 7	金属平均晶粒度测定图谱(GB/T 6394—2002)	(105)
附录 8	金属平均晶粒度测定法(GB/T 6394—2002)	(125)
附录 9	钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图(GB/T 10561—2005)	(126)
参考文献		(142)

第一部分

金属材料基础实验

实验一 金相显微镜的原理、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和注意事项。

二、实验设备及材料

金相显微镜、试样。

三、实验原理

(一) 金相显微镜概述

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、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的反射将不透明物件放大后进行观察的。

(二) 金相显微镜的光学原理

金相显微镜不同于生物显微镜,它利用光的反射来观察物体。金相显微镜不像放大镜那样由单个透镜组成,而是由两级特定透镜组成,靠近被观察物体的透镜叫做物镜,而靠近眼睛的透镜叫做目镜,借助物镜与目镜的两次放大,就能将物体放大到很高的倍数(约2 000倍)。显微镜的放大成像原理示意图如图 1.1 所示。

由图 1.1 可见,显微镜的放大作用由物镜和目镜共同完成。物体 AB 位于物镜的焦点 F_1 以外,经物镜放大而成倒立的实像 A_1B_1 ,这一实像恰巧落在目镜的焦点 F_2 以内,最后由目镜再次放大成虚像 A_2B_2 。人们在观察组织时所见到的像,就是经物镜、目镜两次放大,在距人眼约 250 mm 明视距离处形成的虚像。由图 1.1 可知:

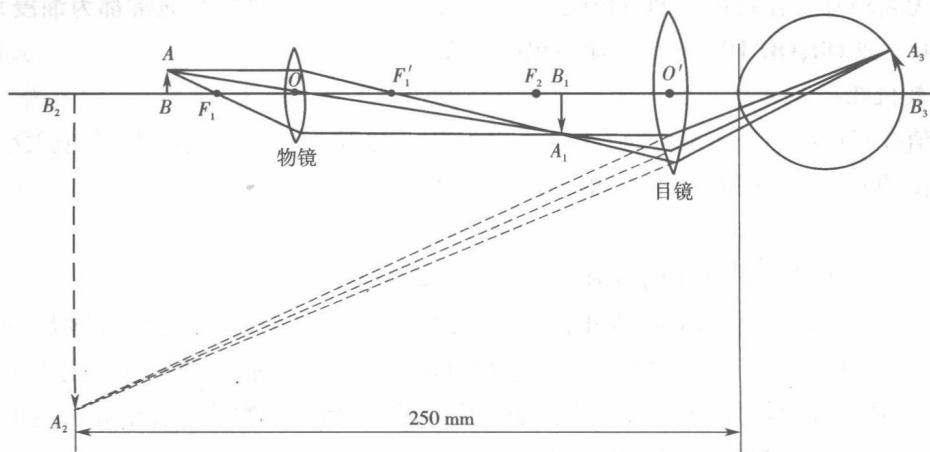


图 1.1 显微镜放大成像原理示意图

$$\text{物镜的放大倍数 } M_{\text{物}} = \frac{A_1 B_1}{AB}$$

$$\text{目镜的放大倍数 } M_{\text{目}} = \frac{A_2 B_2}{A_1 B_1}$$

$$\text{显微镜的总放大倍数 } M = M_{\text{物}} \times M_{\text{目}} = \frac{A_2 B_2}{AB}$$

说明显微镜的总放大倍数等于物镜放大倍数和目镜放大倍数的乘积。

(三) 显微镜的质量

显微镜的质量主要取决于透镜的质量、放大倍数和鉴别能力。

1. 物镜

通过显微镜所观察到的像是经物镜和目镜两次放大后所得到的虚像,其中目镜仅起到将物镜放大的实像再放大的作用。因此,显微镜的成像质量如何,关键在物镜。物镜的种类按像差校正分类,常用的物镜有消色差物镜(无标志)、复消色差物镜(标志 APO)和平面消色差物镜(标志 PL 或 Plan)。其中,消色差物镜结构简单、价格低廉,像差已基本上予以校正,故普通小型金相显微镜多采用这种物镜。另外,物镜按物体表面与物镜间的介质分,有介质为空气的干系物镜和介质为油的油系物镜两类;按放大倍数不同分,有低倍、中倍和高倍物镜。无论哪种物镜,都是由多片透镜组合而成的。

1) 物镜上的标志

根据国家标准 GB/T 22056—2008《显微镜 物镜和目镜的标志》规定,物镜上必须有的标志包括放大率、数值孔径、浸渍介质(oil 表示油, w 表示水, Glyc 表示甘油)、筒长、盖玻片厚度、相衬、偏光显微术的系统、平视场、色差校正状况、可变光阑、制造商。在物镜外壳上刻有不同的标记表示浸液种类、物镜类别、放大率、数值孔径、机械镜筒长度、盖玻片厚度。例如:油表示浸液为松柏油;100×/1.25 表示物镜放大率为 100,数值孔径为 1.25;160/0 表示机械镜筒长度为 160 mm,无盖玻片;有些物镜刻有 160/-,表示机械镜筒长度为 160 mm,

可有可无盖玻片。在物镜上刻有色圈表示物镜的放大率。高倍物镜通常都为油浸系,油镜头用“油”(或 Oil,OL,HL)或外壳涂一黑圈来表示。

2)数值孔径

数值孔径(Numerical Aperture,以符号 NA 表示)表征物镜的聚光能力,其值大小取决于进入物镜的光线锥所张开的角度,即孔径角的大小,有

$$NA = n \sin \theta$$

式中: n 为试样与物镜间介质的折射率; θ 为孔径角的半角。

如图 1.2 所示,数值孔径的大小标志着物镜分辨率的高低,物镜孔径角越大,则数值孔径越大,由于 θ 总是小于 90° ,所以在空气介质($n = 1$)中使用时,数值孔径一定小于 1,这类物镜称干系物镜。当物镜上面滴有松柏油介质($n = 1.515$)时,数值孔径最高可达 1.4,这就是显微镜在高倍观察时用油浸系物镜的原因。

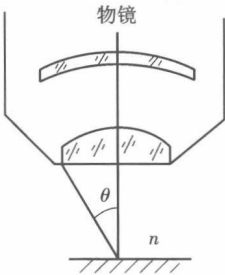


图 1.2 孔径角示意图

物镜的数值孔径名义值不应小于国家标准 GB/T 2609—2006《显微镜 物镜》的规定,见表 1.1。

表 1.1 物镜的数值孔径

放大率	数值孔径				
	消色差物镜	半平场消色差物镜	平场消色差物镜	平场半复消色差物镜	平场复消色差物镜
1 ×	—	—	0.03	—	—
1.6 ×	—	—	0.04	—	—
2 ×	—	—	0.06	—	—
2.5 ×	—	—	0.07	—	—
20 × 或 25 ×	0.35	0.35	0.40	0.60	0.65
40 ×	0.60	0.60	0.65	0.75	0.80
50 ×	—	—	0.70	0.75	0.80
60 × 或 63 ×	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
80 × 或 100 ×	—	—	0.90	0.90	0.90
100 × 油浸	1.20	1.20	1.25	1.25	1.30

3) 物镜的分辨率

显微镜的分辨率主要取决于物镜的分辨率。分辨率的概念与放大倍数(又称放大率)不同,可以做这样一个实验,即用两个不同的物镜在同样放大倍数下观察同一个细微组织,能够得到两种不同的效果:一个可以清楚地分辨出组织中相距很近的两个点,另一个只能看到这两个点连在一起的模糊轮廓,如图 1.3 所示。显然,前一个物镜的分辨率高,而后一个物镜的分辨率低。所以说,物镜的分辨率可以用物镜所能清晰分辨出的相邻两点间的最小距离 d 来表示。 d 与数值孔径的关系如下:

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

式中: λ 为入射光的波长; NA 为物镜的数值孔径(无量纲量)。可见,分辨率与入射光的波长成正比, λ 愈短,分辨率愈高;与数值孔径成反比,物镜的数值孔径愈大,分辨率愈高。

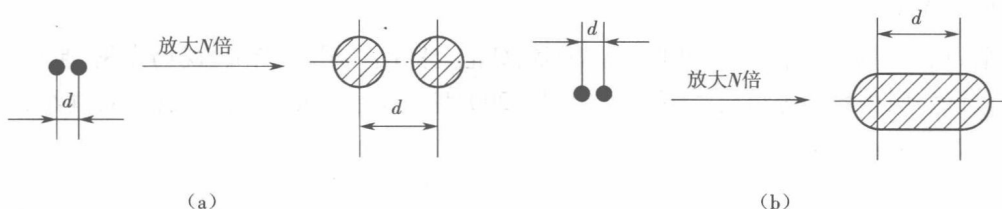


图 1.3 物镜分辨率高低示意图

(a) 分辨率高 (b) 分辨率低

4) 有效放大倍数

能否看清组织的细节,除与物镜的分辨率有关外,还与入眼的实际分辨率有关。如物镜分辨率很高,形成清晰的实像,可是与之配用的目镜放大倍数过低,致使观察者难以看清。此时称“放大不足”,未能充分发挥物镜的分辨率。但是误认为选用的目镜放大倍数愈高,总放大倍数愈大,看得愈清晰,这也是不妥当的。实践证明,超过一定界限,放大倍数愈大,映像反而愈模糊,此时称“虚伪放大”。

物镜的数值孔径决定了显微镜的有效放大倍数。所谓有效放大倍数,是指物镜能分辨清晰的距离 d ,被人眼也同样能分辨清晰所必须放大的倍数,用 $M_{\text{有效}}$ 表示,有

$$M_{\text{有效}} = \frac{l}{d} = l \left/ \left(\frac{\lambda}{2NA} \right) \right. = \frac{2l}{\lambda} NA$$

式中: l 为人眼的分辨率,在明视距离 250 mm 处正常人眼分辨率为 0.15 ~ 0.30 mm。

了解有效放大倍数范围,对物镜和目镜的正确选择十分重要。例如 25 倍的物镜, $NA = 0.4$, 其有效放大倍数应在 200 ~ 400 范围内,因此应选择 8 倍或 16 倍的目镜与该物镜配合使用。

2. 目镜

目镜也是显微镜的主要组成部分,它的主要作用是将由物镜放大所得的实像再次放大,从而在明视距离处形成一个清晰的虚像,因此它的质量将最后影响到物像的质量。在显微照相时,在毛玻璃处形成的是实像。某些目镜(如补偿目镜)除了有放大作用外,还能

将物镜造像过程中产生的残余像差予以校正。

根据国家标准 GB/T 22056—2008《显微镜 物镜和目镜的标志》规定,目镜上必须有的标志有放大率、视场和制造商。

显微镜配有 $10\times$ 、 $15\times$ 、 $20\times$ 目镜,还配有晶粒度目镜、测微目镜、照相目镜等。测微目镜是为满足组织测量的需求而设置的,内装有目镜测微器,为看清目镜中标尺刻度,可借助螺旋调节装置移动目镜的位置。测微目镜与不同放大倍数的物镜配合使用时,测微器的格值是不同的,确定格值需要借助物镜测微器(即 1 mm 距离被等分为 100 格的标尺)。

(四) 金相显微镜的构造

金相显微镜由光学系统、照明系统和机械系统三部分组成,有一些显微镜还配有照相装置等附件。

1. 光学系统

金相显微镜的光学系统由电源、变压器、灯泡、滤光片、孔径光阑、视场光阑、半反射镜、物镜、目镜、照相系统等组成。下面以 MDJ-200 型金相显微镜为例加以说明,其结构和光学系统如图 1.4 所示。

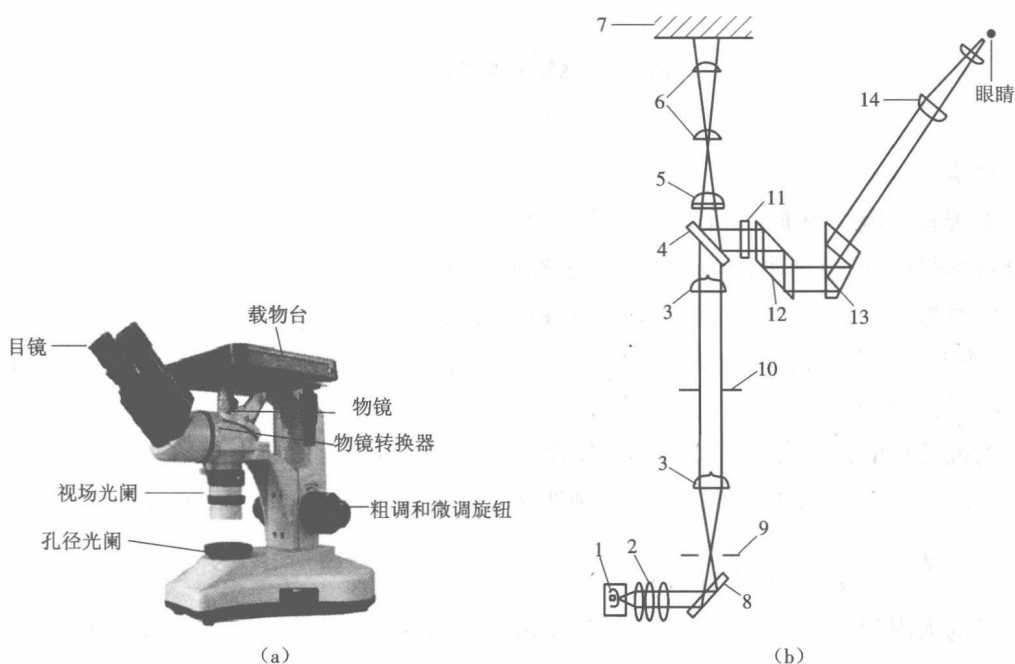


图 1.4 MDJ-200 型金相显微镜的结构和光学系统

(a) 结构 (b) 光学系统

1—灯泡;2—聚光透镜组;3—聚光镜;4—半反射镜;5、11—辅助透镜;6—物镜组;7—试样;

8—反光镜;9—孔径光阑;10—视场光阑;12、13—棱镜;14—目镜

自灯泡 1 发出一束光线,经过聚光透镜组 2 的汇聚及反光镜 8 的反射,将光线均匀地聚集在孔径光阑 9 上,随后经聚光镜 3 再度将光线聚焦在物镜组 6 的后面,最后光线通过物镜

而使物体表面得到照明;从物体反射回来的光线又通过物镜组 6 和辅助透镜 5,由半反射镜 4 反射后,再经过辅助透镜 11 及棱镜 12、13 等一系列光学元件构成一个倒立放大的实像。但这一实像还必须经过目镜 14 的再度放大,这样观察者就能从目镜中看到试样表面被放大的像。

2. 照明系统

照明系统一般包括光源、照明器、光阑、滤色片等。

1) 光源

金相显微镜与生物显微镜不同,必须有光源装置。可作为金相显微镜光源的有低压钨丝灯泡、氙灯、碳弧灯和卤素灯等。

I. 低压钨丝灯泡(白炽灯)

这种光源的用途最广,尤其适用于中小型金相显微镜。其电压较低($6 \sim 12 \text{ V}$),功率多为 $15 \sim 30 \text{ W}$ 。使用低压钨丝灯泡时,必须配备变压器,以便将 220 V 电压降到 $6 \sim 12 \text{ V}$ 工作电压。为使发光点集中,将钨丝制成小螺旋状,如图 1.5 所示。

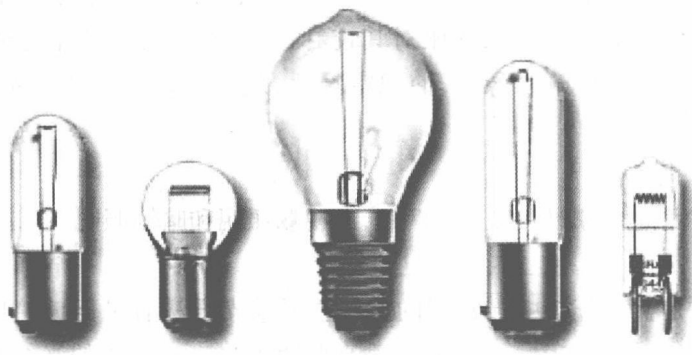


图 1.5 低压钨丝灯泡

II. 氙灯

高压氙灯是强电流的弧光放电灯,辐射出从紫外线到红外线的连续光谱,在可见光区近似日光,具有亮度大、发光效率高及寿命长等优点。氙灯功率范围为 $50 \sim 500 \text{ W}$,由于其亮度大,适用于暗场、偏光、相衬观察及显微摄影。

2) 光源照明方式

光源照明方式取决于光路设计,一般采用临界照明和科勒照明两种。所谓临界照明方式,即光源被成像于物平面上,虽然可以得到最高的亮度,但对光源本身亮度的均匀性要求很高。所谓科勒照明方式,即光源被成像于物镜的后焦面(大体在物镜支承面位置)上,由物镜反射出的是平行光,既可以使物平面得到充分照明,又减少了光源本身亮度不均匀的影响,因此目前应用较多。

3) 孔径光阑

孔径光阑位于靠近光源处,是用来调节入射光束粗细的,以便改善映像质量。在进行金相观察和摄影时,孔径光阑开得过大或过小都会影响映像的质量。过大,会使球面像差

增加,镜筒内反射光和炫光也增加,映像会叠映一层白光,显著降低映像衬度,组织变得模糊不清。过小,进入物镜的光束太细,减小了物镜的孔径角,使物镜的分辨率降低,无法分清细微组织,同时还会产生光的干涉现象,导致映像出现浮雕和叠影而不清晰。理论上,合适的孔径光阑大小应以光束刚刚充满物镜后透镜为准。实际观察时无法检查后透镜光线充满的情况,可取下目镜直接观察镜筒内灯丝映像占整个镜筒的面积,以 $1/2 \sim 3/4$ 时为适宜的孔径光阑。

4) 视场光阑

视场光阑的作用与孔径光阑不同,其大小并不影响物镜的分辨率,只改变视场的大小。一般应将视场光阑移至全视场刚刚露出时,这样能在观察到整个视场的前提下最大限度地减少镜筒内部的反射光和炫光,以提高映像质量。

5) 滤色片

滤色片的作用是吸收光源中波长不符合需要的部分光线,只允许所需波段的光线通过。滤色片是金相摄影时一种重要的辅助工具,用以得到优良的金相照片。合理选用滤色片可以减少物镜的色像差,提高映像清晰度。一般金相显微镜常带有黄、蓝、绿、灰等滤色片。其中,黄色滤色片可改善像质,人眼对其较灵敏;蓝色滤色片因蓝光的波长较短,可以提高分辨率;绿色滤色片可改善像质,使观察舒适;灰色滤色片可减弱光强,得到合适的亮度。

6) 映像照明方式

金相显微镜常用的映像照明方式有两种,即明场照明和暗场照明。

I. 明场照明

明场照明方式是金相分析中最常用的。其主要采光方法有平面玻璃反射照明和棱镜反射照明两种,其光学行程如图 1.6 所示。垂直照明器将来自光源的光线转向并垂直照射到试样表面,其反射光线再经物镜、目镜成像。光从物镜中射出,垂直或接近垂直地投向物平面。若照到平滑区域,光线必将被反射进入物镜,形成映像中的白亮区。若照到凹凸不平区域,绝大部分光线将产生漫反射而不能进入物镜,形成映像中的黑暗区。这样显微组织是在明亮的视场内的黑色影像,所以称为明场照明。

II. 暗场照明

暗场照明的光学行程如图 1.7 所示。由图可见,来自光源的平行光束,通过环形光阑后形成环形光束,然后经平面玻璃反射转向,光线不进入物镜,而经由曲面反射镜反射,光束以较大的倾角到达试样。入射光与试样的夹角较小,如果试样是抛光的镜面,则倾斜的入射光线经试样镜面反射后,光线将以很大的倾角反射而不能进入物镜成像,目镜内将是黑暗的,只有表面不平处因漫反射将有部分散射光线可进入物镜成像,试样组织是明亮映像衬映在黑暗视场上,故称为暗场照明。

暗场照明和明场照明所显示的组织明暗相反。与明场照明相比,暗场照明有以下特点:

(1) 入射光束的倾斜角度大,使物镜的有效数值孔径增大,从而提高了物镜的分辨能力;

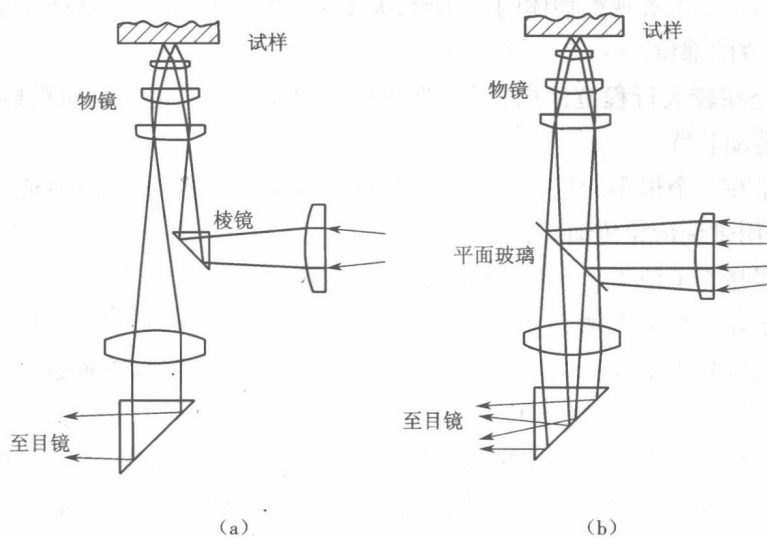


图 1.6 两种明场照明的光学行程

(a) 全反射棱镜垂直照明器的光学行程 (b) 平面玻璃垂直照明器的光学行程

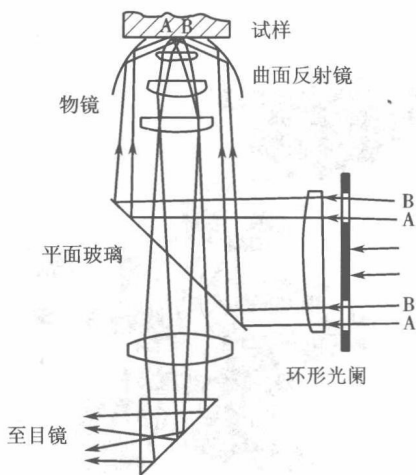


图 1.7 暗场照明的光学行程

- (2) 照明光线不先经过物镜,减少了镜筒内的炫光和反射光,提高了最后映像的衬度;
- (3) 可以判断物相的透明度及其固有色彩,有利于正确鉴定非金属夹杂物。

在明场照明时,金属抛光表面的反射光很强,使夹杂物的透明度无法判断。在暗场照明时,金属磨面的反射光大部分不能进入物镜,而透明夹杂物与金属基体交界面上产生的反射光有部分可以进入物镜,故可以观察到夹杂物呈明亮色,而不透明的物相呈暗黑色。

3. 机械系统

金相显微镜的机械系统由底座、支架、载物台、物镜转换器、粗调旋钮、微调旋钮、紧固螺钉等组成,如图 1.4 所示。

机械系统主要包括载物台、粗调机构、微调机构和物镜转换器。

载物台是用来支承被观察物体的工作台,大多数显微镜的载物台都能在一定范围内平移,以改变被观察的部位。

粗调机构是在较大行程范围内,用来改变物体和物镜前透镜间轴向距离的装置,一般采用齿轮齿条传动装置。

微调机构是在一个很小的行程范围(约 2 mm)内,调节物体和物镜前透镜间轴向距离的装置,一般采用微调齿轮传动装置。

物镜转换器是为了便于更换物镜而设置的。转换器上同时装几个物镜,可任意将所需物镜转至并固定在显微镜光轴上。

金相显微镜按其光学行程可以分为两大类:正置金相显微镜和倒置金相显微镜。正置金相显微镜如图 1.8 所示,倒置金相显微镜如图 1.4 所示。两者的区别在于金相试样的安放位置不同。金相试样在物镜下方的光学布置称为正置金相显微镜,由于显微镜的主光轴垂直于试样载物台,因此正置金相显微镜要求试样上下面平行,才能保证在整个视场内同时获得清晰的图像;当试样表面相对于载物台平面稍有倾斜时,视场内可能会模糊不清。此外,载物台的上升高度是有限的,试样的高度也受到限制。倒置金相显微镜的金相试样在物镜上方,避免了上述两个缺点,即只要试样磨面是平面就可以观察;只要载物台强度允许,试样的尺寸不受限制。

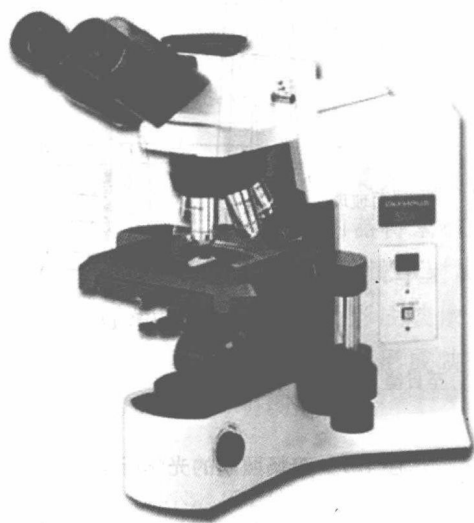


图 1.8 OLYMPUS BX41 金相显微镜

(五) 金相显微镜的使用方法及其注意事项

1. 正置金相显微镜的使用方法

初次操作显微镜前,要先了解显微镜的基本原理、构造以及主要附件的作用等。

(1) 首先将显微镜光源插头插在变压器上,变压器的插头接通 220 V 电源,打开变压器开关。以上指的是变压器外置的显微镜。现在新型的显微镜,变压器都是内置的,如江南 XJX-2 型金相显微镜直接打开底座右后方的电源开关即可,奥林巴斯 BX 型金相显微镜电

源开关在右下方。

(2) 把试样放在载物片上,用压平器压平后放在载物台上,注意试样磨面要对准光源。

(3) 有关金属显微组织检验方法的国家标准 GB/T 13298—1991《金属显微组织检验方法》中叙述:聚焦调节时,物镜头部不能与试样接触,应先转动粗调旋钮使物镜尽量接近试样(目测),然后从目镜中观察的同时调节粗调旋钮,使物镜渐渐离开试样直到看到显微组织映像时,再使用微调旋钮调至映像清晰为止。按照先低倍后高倍的调焦原理,低倍物镜下调焦相当于给高倍物镜做初步的调焦,换高倍物镜时只需将镜头直接转过来即可(即不改变通过低倍物镜操作而初步调好的焦距),在高倍物镜下只要稍微调节甚至不用调节就可以观察到组织。转换物镜时不能用手直接推物镜,否则易造成固定物镜的丝扣松滑,使光轴歪斜。显微镜的物镜是拧紧在物镜转换器上的,在转换不同物镜时,旋转物镜转换器,以听到轻微“咔嗒”声和手感阻力陡增为终点,此时物镜就处于正常的工作位置——垂直于载物台平面。

(4) 根据观察的需要,选好合适的物镜和目镜相匹配,物镜的放大倍数最好要大于目镜的放大倍数。

(5) 适当调整孔径光阑和视场光阑,以获得更清晰的效果。

(6) 若使用油浸物镜,则在使用前向物镜镜头上滴一滴松柏油,使用完毕应用棉花蘸取甲苯溶液轻轻擦去油污。

2. 倒置金相显微镜的使用方法

初次操作显微镜前,要先了解显微镜的基本原理、构造以及主要附件的作用等。

(1) 首先将显微镜光源插头插在变压器上,变压器的插头接通 220 V 电源,打开变压器开关。以上指的是变压器外置的显微镜。现在新型的显微镜,变压器都是内置的,如重光 MDJ-200 型金相显微镜直接打开底座右后方的电源开关即可。

(2) 把试样放在载物台中心,观察面朝下。

(3) 调焦距时应先将载物台下降,使试样尽量靠近物镜(不能接触),然后用目镜观察的同时调节粗调旋钮,使载物台缓慢上升,待看到组织后,再调节微调旋钮直至映像清晰为止。同样遵循先低倍后高倍的调焦原理。

(4) 根据观察的需要,选好合适的物镜和目镜相匹配,物镜的放大倍数最好要大于目镜的放大倍数。

(5) 适当调整孔径光阑和视场光阑,以获得更清晰的效果。

(6) 若使用油浸物镜,则在使用前向物镜镜头上滴一滴松柏油,使用完毕应用棉花蘸取甲苯溶液轻轻擦去油污。

3. 注意事项

(1) 操作显微镜时动作要轻,避免用力过猛;光学系统的零件不得自行拆卸。

(2) 被观察的试样表面一定要清洁、干燥,因此做完试样后,要用水将试样及手洗干净,并用烘干机烘干或镜头纸擦干,防止镜头因受潮、被蚀而发乌。

(3) 严禁用手触摸镜头及试样,以防止弄脏而影响观察。如有油污可用软毛刷、镜头纸轻擦或用甲苯溶液去油污。

(4)临时休息或者短时间离开时,应该调低亮度,不要关闭电源或大亮着灯。大亮着灯,既浪费能源,也会降低灯泡使用寿命;频繁开关电源,同样会缩短灯泡使用寿命。

(5)操作观察中,如出现问题,应及时询问指导老师。

(6)使用完毕不必急于将防尘罩罩上,一定要等到灯箱稍微冷却后再罩上防尘罩。

四、实验步骤

(1)熟悉金相显微镜的光学系统和机械系统,检查电源连接是否正确,装好观察试样。

(2)操作金相显微镜观察试样。

五、实验报告要求

(1)写出实验目的。

(2)简要说明金相显微镜的基本光学原理及结构。

(3)简述显微镜的使用方法及注意事项。

(4)画出你所观察到的金相组织图,并注明放大倍数。

六、思考题

(1)金相显微镜的光学原理(明场、暗场)是什么?

(2)如何确定金相显微镜的放大倍数?观察时如何选择物镜、目镜的放大倍数?

(3)如何使用金相显微镜观察到清晰的图像?