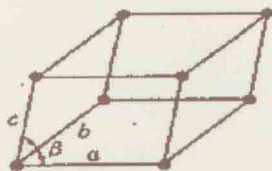
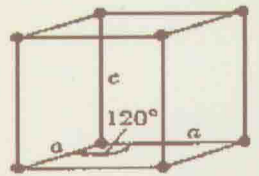
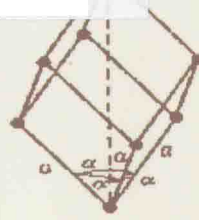
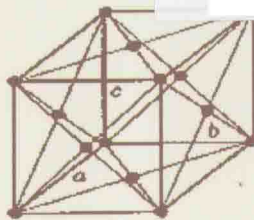
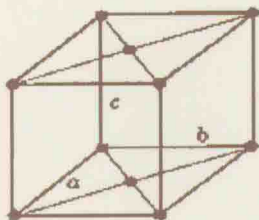
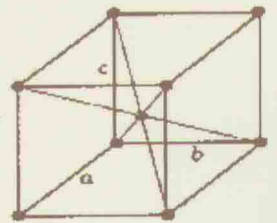
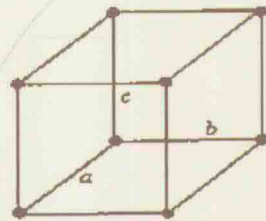
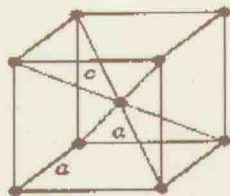
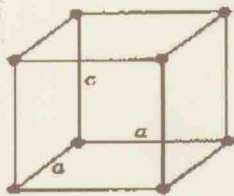


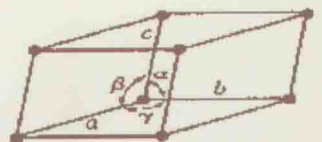
材料科学基础 实验教程

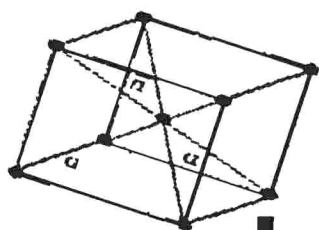
CAILIAO KEXUE JICHU SHIYAN JIAOCHENG

主 编 高路斯
主 审 邹龙江 赵 杰



大连理工大学出版社

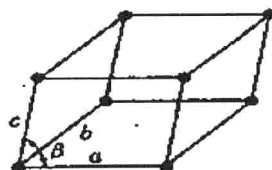
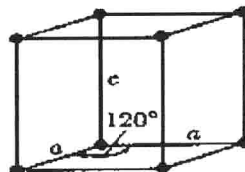
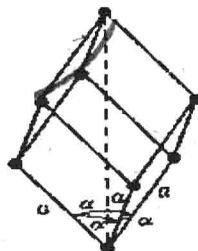
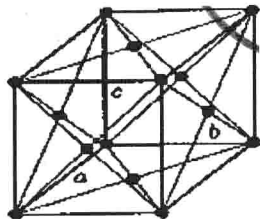
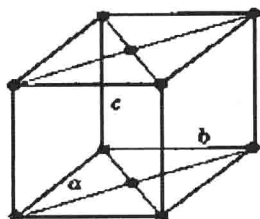
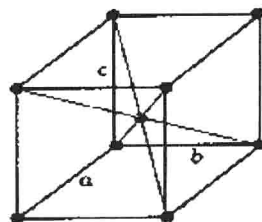
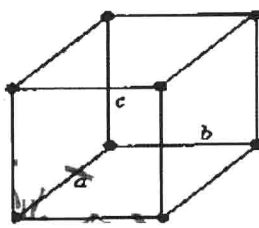
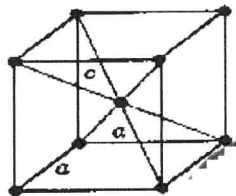
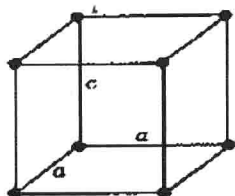




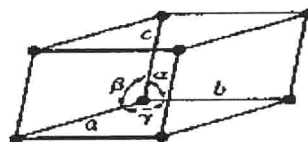
材料科学基础 实验教程

CAILIAO KEXUE JICHU SHIYAN JIAOCHENG

主 编 高路斯
主 审 邹龙江 赵 杰



大连理工大学出版社



图书在版编目(CIP)数据

材料科学基础实验教程 / 高路斯主编. — 大连 :
大连理工大学出版社, 2015. 4
ISBN 978-7-5611-9807-0

I. ①材… II. ①高… III. ①工程材料—材料试验—
高等学校—教材 IV. ①TB302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 074516 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84708943 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连力佳印务有限公司

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:3.75 字数:82 千字
印数:1~1400

2015 年 4 月第 1 版

2015 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑:白璐

责任校对:王静

封面设计:张莹

ISBN 978-7-5611-9807-0

定 价:12.00 元

前 言

“材料科学基础”是高等院校材料科学与工程材料专业体系本科生二年级下学期重要专业基础课程之一,也是该专业的主要技术基础课。为适应材料类的教学内容和课程体系改革的需要,面向 21 世纪材料学科的发展,与国际“材料科学与工程”学科接轨,改革传统的按材料分类的专业理论基础就显得很迫切。拓宽后的材料专业基础课,通过授课、实验、课程讨论和课余实践等教学环节,将基础理论与实践融为一体。

《材料科学基础实验教程》是《材料科学基础》配套教材。作为高等教育教学内容之一的实验教学,是培养学生动手能力、分析实验数据及实验结果分析能力的一种手段,是学生理论联系实际的纽带和桥梁,是高等学校培养创新开拓型和实践应用型人才的重要课堂。编写本教材的目的是满足学生学习材料科学基础的实践部分,使其通过本课程的学习,熟练掌握材料专业的一些基础知识,例如:金相显微镜原理与应用,金相样品的镶嵌、制作、腐蚀,如何观察金相组织等的基本技能。



本教材共八个实验,其中实验一、二、三、五由高路斯编写,实验四由刘晓英编写,实验六由李春艳编写,实验七由史淑艳编写,实验八由姚平坤编写。书中的金相照片由史淑艳和戚琳提供。邹龙江、赵杰审阅全书,并提出宝贵意见。

编者在编写过程中参阅了许多相关教材、文献资料,在此表示衷心感谢。

限于编写水平及时间,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2015年4月

所有意见和建议请发往:dutpbk@163.com

欢迎访问教材服务网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84708445 84708462

目 录

实验一	显微镜的成像原理与应用	1
实验二	金相试样的制备	6
实验三	金属硬度计的原理及其使用	13
实验四	Sn-Pb 二元平衡相图测试	20
实验五	Fe-Fe ₃ C 合金平衡组织的观察与分析	24
实验六	定量金相分析方法	29
实验七	碳钢显微组织、力学性能及回复再结晶综合性实验	38
实验八	宏观铸造组织及缺陷的观察	41
附 录		44

实验一 显微镜的成像原理与应用

一、实验目的

1. 了解金相显微镜的成像原理及机械构造。
2. 掌握金相显微镜的使用方法。
3. 知道金相显微镜的适用范围及维护方法。

二、实验概述

金属材料的相及组织组成物、(亚)晶粒、非金属夹杂及晶体缺陷的形貌、数量、大小、分布、取向等显微组织的成像及其定性、定量表征是金相学的重要研究内容。金相学的发展离不开用来观察金属内部组织结构的金相显微镜,它已成为研究金属显微组织最常见的工具。

金相显微镜是根据几何光学的基本原理设计制造的一种精密光学仪器。随着科学技术不断地发展和进步,金相显微镜的结构和性能也在不断地改进和提高,应用范围也在逐渐拓宽。

(一) 金相显微镜的成像原理

在普通光线中,人眼明视距离约为 250 mm,鉴别率为 0.15~0.3 mm。金属金相组织中的各种相和组织组成物之间的距离均小于这个数值。因此,为了分辨更细微的金属组织结构,必须利用放大透镜组。靠近物体的一组透镜称为物镜,靠近眼睛进行观察的一组透镜称为目镜。

金相显微镜的成像原理如图 1-1 所示,物体 AB 置于物镜的一倍焦距(F_1)和两倍焦距($2F_1$)之间的位置上时,通过物镜后可形成一个倒立的、放大的实像 A_1B_1 。当实像 A_1B_1 位于目镜的一倍焦距 F_2 以内时,则目镜又使 A_1B_1 放大,在目镜的物方两倍焦距以外,得到 A_1B_1 实像正立的放大虚像 A_2B_2 。 A_2B_2 又成像于人的视网膜上(A_3B_3),因而可以观察到相当于物体倒立的放大图像。

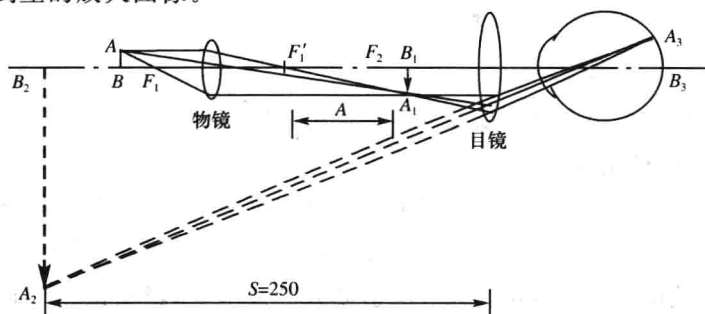


图 1-1 金相显微镜的成像原理

为了达到最清晰的观察效果,设计显微镜时,让目镜的焦点位置与物镜放大所成的实像位置接近,使倒立的虚像在人的明视距离约 250 mm 处成像。

(二)金相显微镜的放大倍数

由成像原理可知,显微镜的放大倍数是物镜放大倍数与目镜放大倍数的乘积。其中 AB 经物镜放大后的放大倍数为

$$M_{\text{物}} = A_1 B_1 / AB = (\Delta + F'_1) / F_1 \approx \Delta / F_1 \quad (1-1)$$

式中 F'_1 ——物镜的前焦距;

F_1 ——物镜的后焦距;

Δ ——显微镜的光学镜筒长。

物像 $A_1 B_1$ 经目镜放大后的放大倍数为

$$M_{\text{目}} = A_2 B_2 / A_1 B_1 \approx S / F_2 \quad (1-2)$$

式中 F_2 ——目镜的前焦距;

S——人眼的明视距离(一般为 250 mm)。

所以显微镜总的放大倍数是

$$M = M_{\text{物}} M_{\text{目}} = 250\Delta / (F_1 F_2) \quad (1-3)$$

物镜放大倍数可达 100 倍,目镜放大倍数可达 10 倍,所以通常显微镜的最大放大倍数为 1 000 倍。放大倍数常用符号“×”表示,在镜筒金属外壳上都有标注。

(三)光学系统的像差

对于金相显微镜来说最重要的功能是要成像清晰,但在透镜成像过程中,由于各种原因会使形成的像与理想像之间存在一定的差异,使成像变形或模糊不清。这种现象称为光学系统的像差。根据像差产生的原因,可将像差分为单色像差和色像差两种。

单色像差是单色光成像时产生的,如球差。单色光通过透镜表面并不聚焦在一点,是由于透镜表面各处的曲率不一定完全相同所致。

色像差是多色光成像时,由于介质折射率随波长变化引起的,赤橙黄绿青蓝紫等单色光不能汇聚到一点,而使图像模糊。

像差的存在从不同的角度影响了显微镜的成像质量,因此在设计制造中应尽量考虑怎样最大限度地消除之,但完全消除是不可能的,还需要使用者在观察试样的过程中,合理调节和操作,最大限度地减小像差。

(四)金相显微镜的构造

金相显微镜根据结构不同可以分为台式、立式和卧式三种。从组成上主要包括光学系统、照明系统和机械系统三部分。

金相显微镜的光学系统如图 1-2 所示。从灯泡电源开始,一束光经聚光透镜组 I 和反光镜被聚焦到孔径光阑,然后经聚光透镜组 II 再聚焦到物镜的后焦面上,并通过物镜以平行光束照射在试样表面。从试样表面反射回来的成像光,经物镜、辅助物镜 I、半透反光镜、辅助物镜 II、棱镜及半五角棱镜形成放大实像,再经目镜放大就成为目镜视场中的

映像。其中孔径光阑和视场光阑可以调节,用来改变光束孔径和视场大小,以获得清晰成像和适合视场。

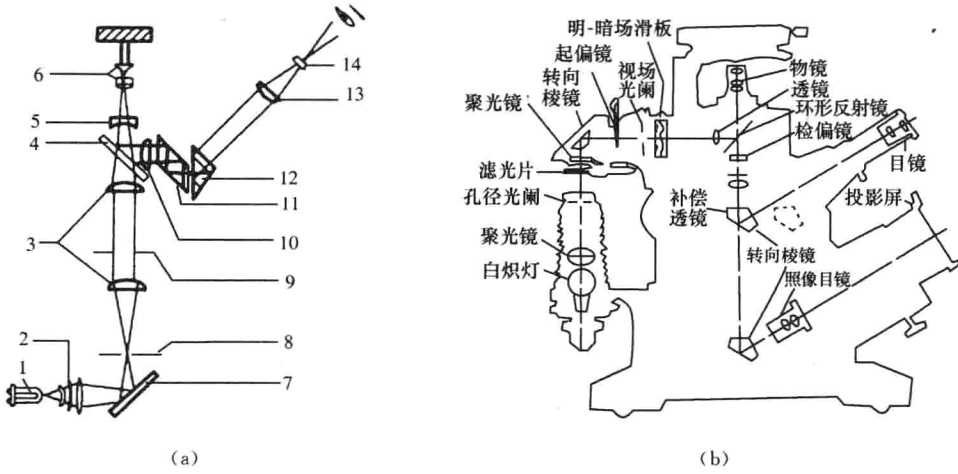


图 1-2 金相显微镜的光学系统

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

普通显微镜的结构如图 1-3 所示。其主要的机械结构包括载物台、物镜转换器、目镜管等。通过压片将试样固定在载物台上(被观察面向下),载物台可以以手动方式在水平面上前后左右移动,以选择被观察的部位。可转动的物镜转换器一般呈球面形,其上安装了三个不同放大倍数的物镜可供选择。调焦机构分为粗调和微调,使载物台上升或下降,以调整物镜与试样距离,达到聚焦的目的。微调轮上带有刻度值,以便准确调焦。

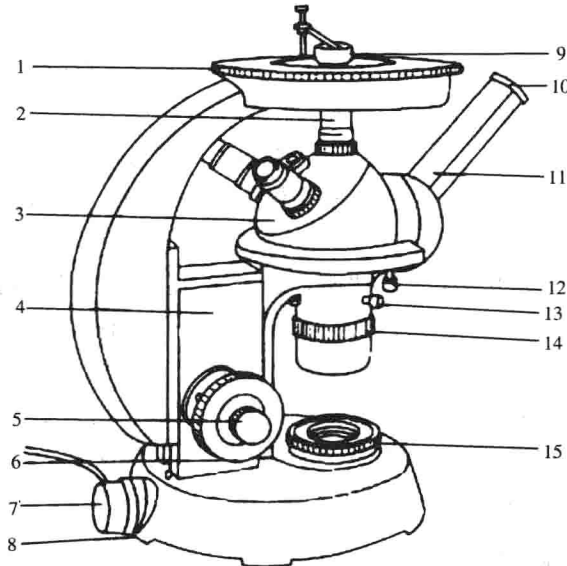


图 1-3 普通显微镜的结构

- 1—载物台;2—物镜;3—物镜转换器;4—传动箱;5—微调调焦手轮;6—粗动调焦手轮;7—光源;
8—偏心圈;9—试样;10—目镜;11—目镜管;12—固定螺钉;13—调节螺钉;14—视场光阑;15—孔径光阑

(五) 金相显微镜的主要性能

1. 数值孔径

数值孔径又叫镜口率,简称为 NA (蔡司公司的数值孔径简称为 CF)。数值孔径是物镜和聚光镜的主要技术参数,是判断两者(尤其是物镜)性能高低(消除位置色差的能力)的重要标志。其大小与物体与物镜之间的介质折射率 n^* 和物镜孔径半角($\alpha/2$)的正弦值有关,计算公式为

$$NA = n^* \sin(\alpha/2) \quad (1-4)$$

其数值的大小标示在物镜和聚光镜的外壳上,例如 40/0.65 字样,40 表示放大倍数,0.65 表示数值孔径。

2. 辨别率

辨别率指显微镜视场中能够清晰分辨试样上相邻两点之间最小距离的能力。辨别率通常用两个物点之间能清晰辨别的最小距离 d 表示, d 越小,辨别率越高。辨别率取决于入射光波长和数值孔径,计算公式为

$$d = \lambda / (2NA) \quad (1-5)$$

从式(1-5)中可看出,数值孔径 NA 越大(增大孔径半角和介质的折射率)或 λ 越小,辨别率越高。可以通过增大透镜直径和缩短物镜焦距来增大孔径半角。但增大透镜直径会给像差的校正带来困难。

3. 有效放大倍数

在普通光线中人眼的明视距离约为 250 mm,鉴别率为 0.15~0.30 mm。有效放大倍数是保证物镜充分利用时对应的显微镜的放大倍数,即人眼能清晰观察时必须放大到 $(0.15 \sim 0.30) / d$ 。

$$M_{\text{有效}} = (0.15 \sim 0.30) / d = (0.15 \sim 0.30) / [\lambda / (2NA)] = (0.3 \sim 0.6) NA / \lambda \quad (1-6)$$

显微镜通常采用黄绿光,其波长 $\lambda = 5.5 \times 10^{-4}$ mm,所以有效放大倍数近似为

$$M_{\text{有效}} = (500 \sim 1\,000) NA \quad (1-7)$$

显微镜放大倍数低于 $500NA$ 时,则没有发挥物镜的分辨能力;若放大倍数超过 $1\,000NA$,则称为虚伪放大,这时在有效放大倍数内不能分辨细节部分。

4. 明视场照明和暗视场照明

显微镜分为明视场照明和暗视场照明,通常都采用明视场照明,特殊用途时则采用暗视场照明。明视场照明时,光线通过物镜直射在试样上,试样表面光滑部分反射光都可进入物镜,在物镜中看到白色;射在试样晶界或高低不平处的光线,经过漫反射而不能进入物镜,在目镜中看到暗色。暗视场照明时,光线斜射在试样上,光滑的表面反射光不能进入物镜,而呈暗色;表面高低不平处的反射光有可能进入目镜,而呈白色。由于暗视场入射光倾角大,物镜有效数值孔径增大,提高了鉴别能力。

三、实验设备及材料

1. 4XCE 倒置式金相显微镜;
2. 淬火、回火、退火和正火不同状态的金相试样。

四、实验内容及步骤

(一) 实验内容

1. 教师讲解金相显微镜的基本光学原理、构造和使用方法。
2. 现场实际操作显微镜,观察试样,利用机械系统调节焦距,利用照明系统调节和控制光线,调节放大倍数。

(二) 实验步骤

1. 教师讲解。
2. 观察显微镜,对于不同试样(成分、处理条件),在同样放大倍数下,观察其金相组织有何不同,有何相同。低倍看各种组织百分比,高倍看细节,不同的放大倍数有不同的目的,观察试样有什么相,有什么金相组织。

五、注意事项

光学仪器都属于精密仪器,使用时必须细心谨慎,严格遵守有关操作规程。

1. 熟悉金相显微镜的操作规程之后,再动手操作。
2. 金相显微镜的照明灯泡一般都是6~8 V的低压钨丝灯泡。接通电源前,一定要检查灯泡电源插头是否已经通过变压器,千万不能将灯泡直接插入220 V电源,以免烧毁灯泡。
3. 为了保证在聚焦过程中不使物镜触及试样,操作时应先调节粗调旋钮,使物镜接近试样表面,再通过目镜观察试样并通过微调旋钮调至图像清晰。不可有粗暴和剧烈动作,避免震动。不允许随便拆卸显微镜部件,以免影响使用精度。观察完后,要使镜筒降至最低点。
4. 不得用手接触物镜及目镜的透镜部分,要保证显微镜上光学部件清洁。如发现有灰尘等污物,只能用专用软毛刷或镜头纸清理,切不可用酒精或乙醚等溶液接触镜头,因为透镜黏合的胶能被这些溶液溶解。
5. 不能用手接触金相试样的观察面。金相试样腐蚀以后,一定要彻底清洗,迅速吹干后才能在显微镜下观察。

六、实验报告要求

1. 实验目的。
2. 简述金相显微镜基本的光学原理及构造。
3. 简述金相显微镜的使用方法和注意事项。

实验二 金相试样的制备

一、实验目的

1. 学习金相试样的制备方法。
2. 了解金相显微组织的显示方法。

二、实验概述

金相显微组织观察的前提,是将试样制成合乎一定要求的金相试样,试样制备的好坏,直接影响到组织观察的效果。高质量的金相试样应该光滑明亮、无痕、无水渍、无麻点、无干扰层。组织中的夹杂物、石墨等不能脱落,保证金相分析的真实性和正确性。金相试样制备按取样—镶嵌—磨制—抛光—显示等顺序进行。每个步骤都必须细心操作,忽视任何一道工序,都会影响显微组织的正确分析。

(一)金相试样的截取

选择能说明问题、具有代表性的金相试样。对锻、轧制和铸件的常规检验取样,有关技术标准中都有明确规定。一般进行由表面到心部有代表性的纵向检验,以观察组织和夹杂物等。横向截面可检测化学热处理的渗层、淬火层、表面缺陷、碳化物分布、晶粒度等。对事故或失效构件的分析,应在零件的破损部位和完好部位取样,以便对比。

金相试样的大小以便于握持为原则。对形状特殊或尺寸细小不易握持的试样,可以进行镶嵌或进行机械装夹。截取试样的方法有机械切割、气切割、电弧切割和电解切割等,最常采用的是砂轮切割。不论采用何种方法,总的原则是保证试样被截取时显微组织不发生变化。截取试样引起的变形层,必须在后续的工序中完全去掉。

(二)金相试样的镶嵌

如果截取的试样形状、尺寸合适,可直接进行磨光、抛光操作。但形状不规则或尺寸小的、软的、易碎的、需要检验边缘组织的试样,可采用机械夹持和镶嵌(图 2-1),以便于打磨和抛光等操作。镶嵌分为热镶法和冷镶法。热镶法在专门的镶嵌机上进行,常用的热镶材料有热固性材料(胶木粉、电木粉及酚醛树脂)、热塑性材料(聚乙烯聚合树脂、醋酸纤维树脂)和低熔点合金等。将试样观察面朝下放入模具内加热和加压成型,热固性材料需加热到 110~150 °C,热塑性材料需加热到 140~165 °C。

不能加压或加热的试样用冷镶法,具体过程是:把直径 10~20 mm 的金属或塑料管锯成高 10~20 mm 的环,放在纸上,试样检验面向下置于环内,然后倒入配好的环氧树脂加胺类固化剂填料,放置一段时间使其凝固即可。固化剂的用量要适当,用量太多可能造成聚合物强度低,并且由于放热反应使镶嵌材料温度升高;固化剂用量太少,则固化不充

分。通常固化剂量约占总量的 10%。

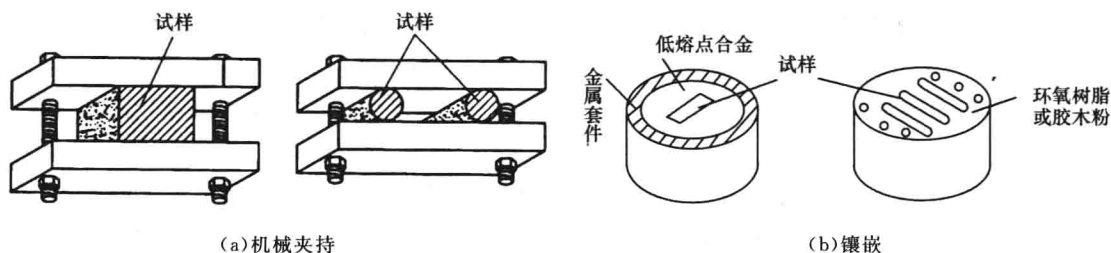


图 2-1 金相试样的机械夹持和镶嵌

机械夹持夹具应该选择与试样硬度、化学性能近似的材料,避免打磨和抛光时出现磨损不一的情况。夹持时,防止用力过大,以免试样发生变形。

(三)金相试样的磨光与抛光

经截取和镶嵌好的试样,表面粗糙,变形层厚。在显微镜检查之前,必须经过磨光与抛光。基本要求是在磨平试样表面的同时,尽力防止造成假象。

1. 粗磨

将截取好的试样用锉刀(硬度低的材料)或砂轮机(硬度高的材料)磨平。用砂轮机打磨时,压力不要太大,以避免试样受热引起组织变化,可不断使用冷却水。不需要检查边缘的试样要倒角,倒边。

2. 细磨

细磨包括手工细磨和机械研磨两种。

(1)手工细磨:将砂纸放在玻璃或金属板上,左手压住砂纸,右手握住试样,稍用压力在砂纸上按一个方向研磨。用力要均匀,试样要平稳,直至磨面上仅留下一个方向均匀的磨痕。之后更换更细的砂纸,试样转动 90° ,按上述方法研磨,直至磨制到最后一号砂纸,得到平整、单向细微磨痕的表面为止。砂纸由粗到细分别是 200 号、400 号、600 号、800 号和 1 000 号,每换一号砂纸,应将试样和手冲洗干净,并随时清理砂纸和试样上残留的磨屑和砂粒。

(2)机械研磨:在金相预磨机上依次安装由粗到细的水砂纸,加水冷却磨制,使用金相预磨机可提高效率。

3. 抛光

抛光的目的是除去试样磨面上的细微磨痕,以获得光滑的镜面。常用的方法有机械抛光、电解抛光、化学抛光以及几种方法的结合。

(1)机械抛光:在专用的抛光机上进行,将抛光织物安装在抛光盘上,电动机带动抛光盘高速旋转,在抛光布上滴入少许抛光剂开始抛光,抛光布的干湿要适当。抛光剂包括抛光膏、抛光粉等。抛光膏是将抛光粉(如 Al_2O_3 、 MgO 、 Cr_2O_3 、 SiC 及金刚石粉等)加水调制成悬浮液,抛光粉的粒度在 $\text{W}0.5 \sim \text{W}7$,数字越小,粉末越细。应根据试样材料的软硬情况,选择不同的抛光剂。

抛光织物按其绒毛的长短,可分为三类。

①具有较长绒毛的织物,如天鹅绒、长毛绒、丝绒等。这类织物能储存较多微粉及润

滑剂,对试样表面摩擦作用大,能获得光亮镜面,适于做最终的精抛光面。缺点是摩擦力太大,不适合对钢的非金属夹杂物及铸铁中石墨相的检验,长毛织物易造成“拽尾”现象。

②没有绒毛的织物,如丝绸、绸缎等,这种织物没有长绒毛的缺点,但寿命较短。

③短绒毛织物,如法兰绒、毛呢、帆布等,性能介于以上两者之间且坚固耐用,是最常用的抛光织物。

机械抛光的特点:试样的表面光滑,但易有扰乱层和划痕,电解抛光与化学抛光可以消除表面机械损伤,但不够平整,为了取长补短,发展了若干综合抛光方法,如腐蚀抛光、电解-振动抛光、电解-机械抛光等。

机械抛光的注意事项:除了抛光织物和磨料的正确选用外,要制备高质量的金相试样,正确熟练的操作技能也是不可缺少的。机械抛光时应拿稳试样谨防试样脱手伤人,持平试样与抛光织物接触,用力轻匀,压力要适当,轻轻移动。如果用力过大,试样表面易发热变灰暗。抛光时要逆着抛光盘的旋转方向将试样轻轻转动,同时沿抛光盘的径向方向往复移动。这样可以避免抛光表面产生“拽尾”现象,同时减少抛光织物的局部磨损。抛光时还要不断地滴入抛光液,以缩短抛光时间和降低抛光时产生的热量。

金刚石研磨膏的正确使用:首先将抛光织物用清水浸湿,打开抛光机,甩出抛光织物上多余的水分,使抛光织物潮湿之后关闭电源。将研磨膏均匀地涂抹在湿润的抛光织物上,使其嵌入织物内,重新开动电动机进行抛光。研磨膏的用量要适当,避免浪费。应适当地保持抛光织物上的湿润度,如果抛光织物太湿润,抛光时间又长,抛光面往往会出现化学缺陷——蚀坑,俗称麻点。如果抛光织物不清洁或磨料没有保存好,混入尘粒,抛光面上会出现物理缺陷——划痕。一旦出现表面缺陷,需要返回到 800 号或 600 号细砂纸重新磨光和抛光。正常情况下,试样抛光 2~5 min 即能完成。

(2)电解抛光:电解抛光的原理如图 2-2 所示。以被抛工件为阳极,不溶性金属为阴极,两极同时浸入电解槽中,通以直流电使试样表面凸起部分产生有选择性的阳极溶解,从而达到工件表面光亮度增大的效果。首先,由于金属和电解液的相互作用,在试样粗糙不平的表面上形成一层电阻较大的黏性薄膜,凹陷处液膜较厚,在电流相同情况下,液膜较薄处电流密度较大,使得试样凸起部分的溶解比凹陷部分快,如此逐次进行下去,便形成平整的抛光表面。常用电解抛光液配方及适用范围如表 2-1 所示。

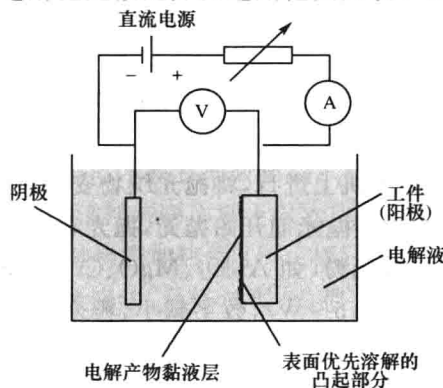


图 2-2 电解抛光的原理

电解抛光的优点:①无扰乱层,特别适于铝、铜和奥氏体钢等;②抛光速度快,规范一经确定,效果稳定;③表面光滑,无磨痕;④适当降低电压可以随即进行浸蚀。缺点:①对不同材料需要摸索可行的具体规范;②对多相合金或显微偏析时容易发生某些项的选择浸蚀或金属基体与夹杂物界面处的剧烈浸蚀,达不到抛光的效果;③溶液成分多样复杂,配制、存放、使用过程中当中的每个环节都要注意安全。

表 2-1 常用电解抛光液配方及适用范围

序号	电解液配方	规范			适应范围	注意事项
		空载电压(V)	电流密度(A/mm ²)	时间(s)		
1	高氯酸 20 mL 酒精 80 mL	20~50	0.5~3	5~15	钢铁、铝及铝合金、锌合金及铅等	1. 温度低于 40 ℃ 2. 新配试剂效果好
2	磷酸 90 mL 酒精 10 mL	10~20	0.3~1	20~60	铜及铜合金	用低电流可进行电解浸蚀
3	高氯酸 10 mL 冰醋酸 100 mL	60		15~20	钢、镍基高温合金等	
4	硫酸 10 mL 甲醇 90 mL	10			耐热合金	1. 先倒入甲醇,然后将硫酸徐徐加入,以防爆炸 2. 电浸时电压降至 3 V
5	草酸 10 mL 水 100 mL	10	0.3	5~15	奥氏体、 σ 相及碳化物等	
6	铬酐 10 g 水 100	18		36~60	显示钢中铁素体、渗碳体、奥氏体等	
7	明矾和水溶液	18		30~60	显示奥氏体不锈钢晶界等	
8	磷酸 20 mL 蒸馏水 80 mL	1~3			显示耐热合金中金属间化合物	

(3)化学抛光:将试样浸入溶液中,通过溶液对表面的不均匀溶解而得到光亮表面,方法简便易行,适用面广,缺点是掌握最佳条件困难,夹杂物容易腐蚀掉。

(四)金相组织显示方法

抛光后的试样表面是平整的镜面,若直接放在显微镜下,只能看到孔洞、裂纹、石墨和非金属夹杂物等。要观察金属的显微组织,必须采用恰当的浸蚀方法,使显微组织能真实地、充分地、细致地显示出来。常用的浸蚀方法有化学浸蚀法和电解浸蚀法等。

1. 化学浸蚀法

化学浸蚀是利用浸蚀剂对试样表面的化学溶解作用或电化学作用来显现金属组织的。对纯金属或单相合金,浸蚀是一个化学溶解过程。晶界处原子处于高能量状态,晶体缺陷和杂质较多,较易溶解而出现凹沟。晶粒内部化学成分均匀,原子排列较规则,被浸蚀程度轻且均匀。因此,明场观察时,晶界处光线漫反射不能进入物镜,而发暗呈黑色。

此外,由于每个晶粒的取向不同,其表面的腐蚀速度不一样,将造成各晶粒的明暗程度不同。对于两相或多相合金,浸蚀主要是电化学过程。因各相的电极电位不同,电极电位低的一相为阳极,较易被腐蚀,在两相界面处形成凹坑;电极电位高的一相为阴极,基本不被腐蚀。当光线照射到高低不平的试样表面时,就可以观察到不同的组织和组成相。

常用浸蚀剂如表 2-2 所示。

表 2-2 常用浸蚀剂

序号	试剂名称	成分	适用范围	注意事项
1	硝酸酒精溶液	硝酸 1~5 mL 酒精 100 mL	碳钢及低合金钢	按材料选择硝酸含量,浸蚀数秒
2	苦味酸酒精溶液	苦味酸 2~10 g 酒精 100 mL	对细密组织显示较清晰的组织	浸蚀数秒至数分钟
3	苦味酸盐酸酒精溶液	苦味酸 1~5 g 盐酸 5 mL 酒精 100 mL	淬火及淬火回火后的组织	浸蚀数秒至 1 min
4	氢氧化钠苦味酸水溶液	氢氧化钠 25 g 苦味酸 2 g 水 100 mL	钢中的渗碳体成暗黑色的组织	加热煮沸浸蚀 5~30 min
5	氯化铁盐酸水溶液	氯化铁 5 g 盐酸 50 mL 水 100 mL	不锈钢、高镍奥氏体钢、铜及铜合金	根据经验
6	王水甘油溶液	硝酸 10 mL 盐酸 20~30 mL 甘油 30 mL	Ni-Cr 奥氏体合金等组织	先将盐酸与甘油充分混合,然后加入硝酸,试样浸蚀前先行用热水预热
7	高锰酸钾氢氧化钠	高锰酸钾 4 g 氢氧化钠 4 g	高合金钢中碳化物、 σ 相等	煮沸使用 浸蚀 1~10 min
8	氨水双氧水溶液	氨水(饱和)50 mL H_2O_2 (3%)水溶液 50 mL	铜及铜合金组织	新鲜配用,用棉花球蘸擦
9	氯化铜氨水溶液	氯化铜 $CuCl_2$ 8 g 氨水(饱和)100 mL	铜及铜合金组织	浸蚀 30~60 s
10	硝酸铁水溶液	硝酸铁 $Fe(NO_3)_3$ 10 g 水 100 mL	铜合金组织	用棉花擦拭
11	混合酸	氢氟酸(浓)1 mL 盐酸 1.5 mL 硝酸 2.5 mL 水 95 mL	硬铝组织	浸蚀 10~20 s, 或用棉花球蘸擦
12	氢氟酸水溶液	氢氟酸 HF(浓)0.5 mL 水 99.5 mL	一般铝合金组织	用棉花球擦拭
13	氢氧化钠水溶液	氢氧化钠 1 g 水 90 mL	铝及铝合金组织	浸蚀数秒

(1)各种有机酸和无机酸。例如,腐蚀钢铁用的硝酸、腐蚀钛合金用的氢氟酸等。

(2)各种碱。例如,腐蚀铝合金用的氢氧化钠等。

(3)各种盐类。例如,铜盐、镁盐、铁盐及锰盐等。

在化学腐蚀剂中还要加入一定成分的溶剂起稀释作用,例如,加酒精构成硝酸酒精溶液,加水构成氢氧化钠水溶液等。

金相试样的腐蚀方法有浸入法和擦拭法两种。浸入法是将试样磨面朝下浸入盛腐蚀剂的器皿中,不断晃动试样以清除抛光面上所产生的气泡。在腐蚀过程中,光亮磨面逐渐失去光泽,变成银白色直至灰黑色。腐蚀时间要根据经验来确定。擦拭法是用蘸有腐蚀剂的棉花球不断擦拭抛光面,使新鲜腐蚀液不断与表面作用,加快腐蚀过程。

磨面腐蚀深度除与试样性能和显微组织特征有关外,还与浸蚀剂种类及浸蚀时间有关。显微镜的放大倍数对浸蚀深度有不同要求,倍数高,腐蚀深度可略浅,反之可适当加深腐蚀深度。

化学浸蚀需经过以下过程:将抛光好的试样清洗吹干—浸蚀—立即用清水冲洗—滴入无水乙醇并吹干。

浸蚀时间到后立即用水冲洗,以阻断腐蚀的继续进行。浸入法浸蚀试样要防止试样碰到器皿底部,以免形成新的划痕。浸蚀要适度。浸蚀好的试样应立即进行观察拍照,放置过久容易氧化或沾污。浸蚀不足时,一般重新抛光一下再浸蚀。

2. 电解浸蚀法

电解浸蚀的装置和操作与电解抛光相同,只是电解浸蚀是在伏安曲线的初始阶段,使用的电压较低。电解浸蚀与电解抛光可以分别进行,亦可在电解抛光后随即降压进行电解浸蚀。

三、实验设备及材料

1. 丹麦产变速 Struers 金相预磨机(500 r/min)。
2. 磨威金相抛光机(960 r/min)。
3. 金相试样: $\phi 20 \times 10$ mm 的 20 钢、35 钢、45 钢、T8 钢、T12 钢。
4. M3325,功率 500 W 出尘式砂轮机。
5. 各种牌号水砂纸、抛光布、4%硝酸酒精溶液、棉花球、镊子、电吹风机。

四、实验内容及步骤

(一) 实验内容

每位同学领取一块试样,按着实验概述进行试样制作。

(二) 实验步骤

1. 领取试样后,需用砂轮打磨,获得一个完整的磨面。
2. 利用金相预磨机从 200 号、400 号、600 号、800 号到 1 000 号砂纸进行研磨。
3. 用抛光机抛光,获得光亮镜面。
4. 用腐蚀液浸蚀镜面。