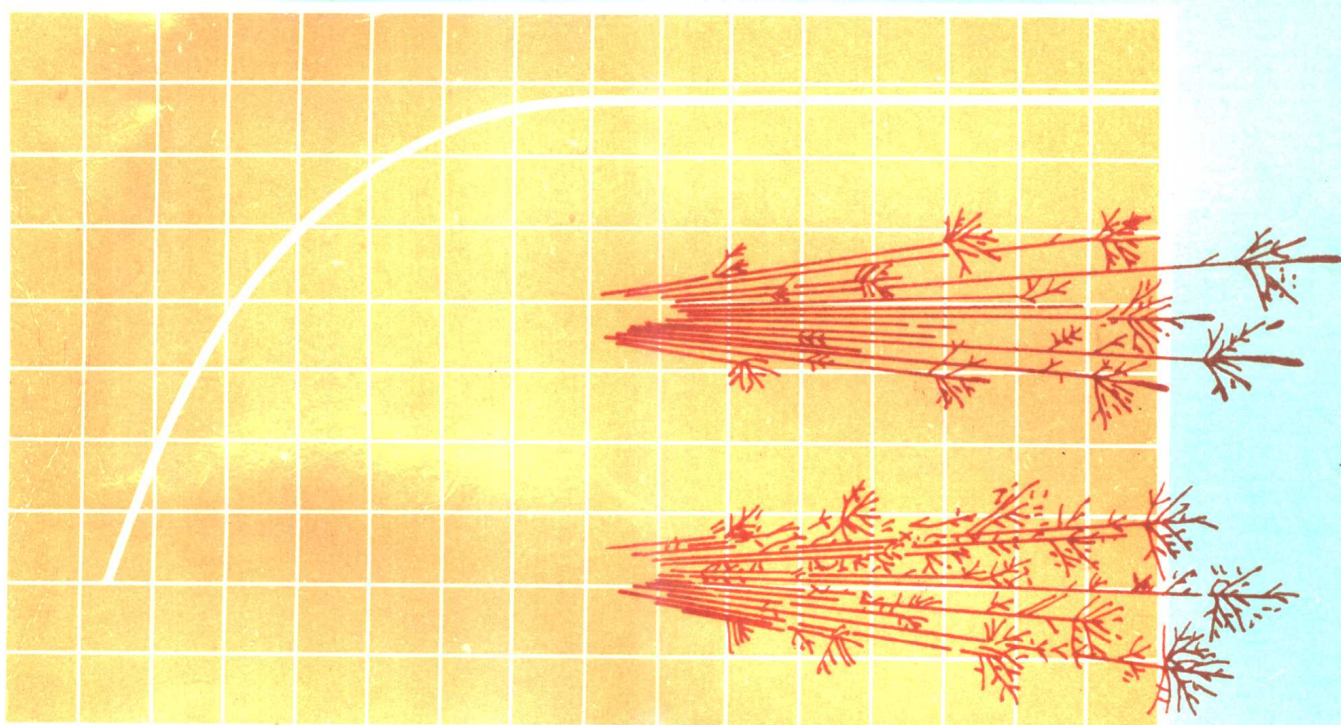


高等学校教学用书

金属材料及热处理实验

吴再生 强颖怀 主编



SHIYAN

33

中国矿业大学出版社

高等学校教学用书

金属材料及热处理实验

吴再生 强颖怀 编

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第 010 号

内 容 简 介

本书是高等院校机械类专业的实验教材。全书共分两部分:第一部分编入金属材料及热处理课程的五个实验,每个实验主要叙述了实验目的、实验原理、实验方法(包括实验内容、步骤、设备和材料等)、实验报告内容;第二部分附录,即有关实验的资料附表。

本书可作为大专院校、职工大学、业余大学机械类专业及相近专业《金属材料及热处理》实验课使用,也可供有关科技人员参考。

责任编辑 朱守昌

技术设计 马景山

高等学校教学用书

金属材料及热处理实验

吴再生 强颖怀 编

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 3.25 字数 79 千字

1994 年 2 月第一版 1994 年 2 月第一次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 7-81040-090-8

TG·4

定价:1.90 元

前 言

本书是单丽云、王秉芳、朱守昌主编的《金属材料及热处理》配套使用的实验教材,适用对象是机械类及相近专业的学生。

全书内容共五个实验。其中实验一为金相显微镜的使用及金相试样的制备;实验二为金属材料的硬度试验;实验三为钢铁平衡状态的显微组织;实验四为碳钢的热处理;实验五为用热处理方法分辨钢材种类。此外,书后还附有三个资料附表,其内容一是钢铁的火花鉴别;二是实验用加热炉;三是浸蚀剂、硬度换算数据等资料表。每个实验均按二学时安排。本书实验可不必全做,各校根据具体条件和需要自行选择。

本书由吴再生、强颖怀主编。由倪振尧教授主审。在编写过程中曾得到有关教师的大力帮助和支持,在此表示衷心感谢。

由于我们水平有限,书中难免有不妥之处,敬请批评指正。

编者

1993. 10

目 录

实验一	金相显微镜的使用及金相试样的制备.....	(1)
实验二	金属材料的硬度试验.....	(9)
实验三	钢铁平衡状态的显微组织	(16)
实验四	碳钢的热处理	(23)
实验五	用热处理方法分辨钢材种类	(26)
附录一	钢铁的火花鉴别	(28)
附录二	实验用加热炉	(33)
附录三	浸蚀剂、硬度换算数据等资料表.....	(35)
表 1.	金属材料常用的浸蚀剂	(35)
表 2.	压痕直径与布氏硬度对照表	(36)
表 3.	压痕对角线与维氏硬度对照表	(37)
表 4.	各种硬度及强度换算表	(39)
(1)	洛氏硬度 HRC 与其它硬度及强度换算表	(39)
(2)	洛氏硬度 HRB 与其它硬度及强度换算表	(41)
参考文献		(43)

实验一 金相显微镜的使用及金相试样的制备

一、实验目的

1. 了解金相显微镜的构造及使用方法。
2. 了解金相试样的制备方法。

二、实验说明

金相显微分析是研究金属材料的显微组织及缺陷的主要方法之一。金相显微镜是金相显微分析用的重要光学仪器。为了能观察到清晰的显微组织,首先要了解金相显微镜的构造及使用,并制备好金相试样。

(一) 金相显微镜的基本原理

众所周知,利用放大镜(透镜)可将物体的象放大,但单个透镜或一组透镜的放大倍数是有限的,一般在 2.5 至 25 倍之间。为此,要考虑用另一组透镜将第一次放大的象再次放大,以得到更高放大倍数的象。显微镜就是基于这一原理设计的。显微镜由两组透镜组成,对着金相试样的一组透镜叫做物镜,而靠近眼睛的一组透镜叫做目镜。物镜和目镜各由复杂的透镜组合而成。

金相显微镜通过物镜和目镜的两次放大而得到倍数较高的放大物象。一般金相显微镜的放大倍数为数十倍至一千倍。图 1-1 为金相显微镜的放大原理简图。物体 AB 置于物镜前焦点 F_1 外少许,物体 AB 经物镜放大,它的一次象在物镜的上方得到一个倒立、放大的实象 $A'B'$ 。在设计显微镜时,已安排好使这个实象 $A'B'$ 刚好落在目镜的前焦点 F_2 以内,再经目镜将实象 $A'B'$ 放大成倒立虚象 $A''B''$,其位置正好在人眼的明视距离处,即距人眼 250mm 处。我们在显微镜目镜中看到的就是这个虚象 $A''B''$ 。

显微镜质量的好坏,主要取决于三个因素:(1) 放大倍数;(2) 透镜的成象清晰度;(3)

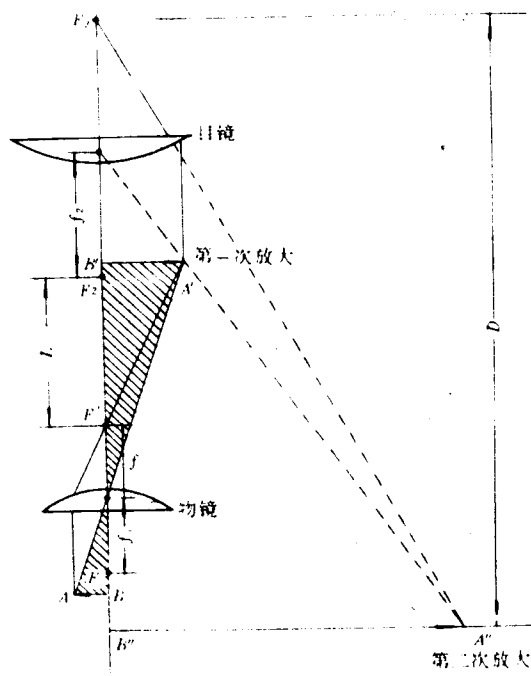


图 1-1 显微镜的放大原理

显微镜的鉴别能力。

1. 显微镜的放大倍数

物体 AB 经物镜第一次放大后的倍数

$$M_{\text{物}} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{L + f_1}{f_1} \quad (1-1)$$

式中 f_1, f_1 —— 物镜前焦距与后焦距；

L —— 显微镜的光学镜筒长度。

与 L 相比,物镜的焦距 f_1 很短,可略。

$$\therefore M_{\text{物}} \approx \frac{L}{f_1} \quad (1-2)$$

象 $A'B'$ 经目镜第二次放大后的倍数

$$M_{\text{目}} = \frac{A''B''}{A'B'} \approx \frac{D}{f_2} \quad (1-3)$$

式中 f_2 —— 目镜的前焦距；

D —— 人眼的明视距离(250mm)。

显微镜的总放大倍数应为物镜与目镜放大倍数的乘积,即

$$M = M_{\text{物}} \cdot M_{\text{目}} = \frac{250 \cdot L}{f_1 \cdot f_2} \quad (1-4)$$

显微镜的放大倍数主要是通过物镜和目镜来保证的,物镜的最高放大倍数可达 100 倍,目镜的放大倍数可达 20 倍。

放大倍数用符号“ X ”表示,例如物镜的放大倍数为 40X,目镜的放大倍数为 10X,则显微镜的放大倍数为 $40 \times 10 = 400X$ 。放大倍数均分别标注在物镜与目镜的金属外壳上。

2. 透镜的成象清晰度

普通的单片透镜在成象过程中,由于几何光学条件的限制及其它因素的影响,不能得到理想的物象,常使映象变形或模糊不清,这种缺陷主要是球面象差和色象差等造成的。各种象差的存在影响显微镜的成象质量,在设计中可尽量使之减少,但不可能完全消除。

球面象差的产生是由于透镜的表面呈球曲形,通过透镜中心和边缘的光线折射以后不能交于一点(如图 1-2 所求),而分成几个交点前后分布,致使物象不够清晰。

为减少球面象差在镜头制造上采用了许多方法。使用显微镜时也可调节孔径光栏,适当控制入射光束的粗细,把光圈边缘的光线挡住,只让中心部分的光线通过,就可以减少球面象差。但是光圈太小,也会使物象的清晰度降低。

色象差的产生是由于透镜对组成白色光的各种颜色的光线(波长不同)折射不同,致使各种颜色的光在平面上成的象不能集中在一点(图 1-3),而是一系列群象,所以成象不够清

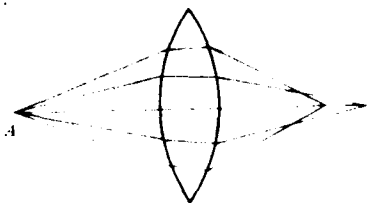


图 1-2 球面象差示意图

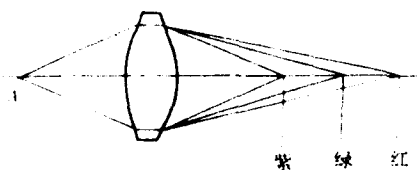


图 1-3 色象差示意图

晰。这种缺陷可以用复合透镜予以校正。

3. 显微镜的鉴别能力(鉴别率)

显微镜的鉴别能力决定于物镜的鉴别能力。它是指物镜对试样上极为接近的两点所能获得清晰可辨映象的能力,通常用可辨别的物体上两点间的最小距离 d 来表示。 d 值愈小,表示显微镜的鉴别能力愈高。

显微镜的鉴别能力可由下式求得:

$$d = \frac{\lambda}{2N \cdot A} \quad (1-5)$$

式中 λ ——入射光源的波长;

$N \cdot A$ ——物镜的数值孔径,表示物镜的聚光能力。

由式中可知,显微镜的鉴别能力取决于使用光源的波长和物镜的数值孔径,与目镜没有关系。

数值孔径愈大或所用光源的波长愈短,鉴别能力 d 值就愈小,表示显微镜的鉴别能力越高,在显微镜中就能看到更细微的部分。

数值孔径 $N \cdot A$ 可用下列公式求得:

$$N \cdot A = \eta \cdot \sin \varphi \quad (1-6)$$

式中 η ——物镜与试样间介质(空气或油)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的角度(见图 1-4a)。

由公式(1-6)可以看出,当 η 和 φ 值越大时数值孔径就越大,由试样上反射到物镜里的光线也就越多,物镜的鉴别能力也就越高,因此就能更好地区别试样上的细微组织。

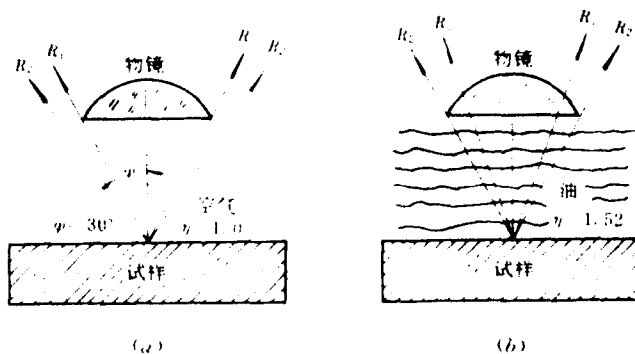


图 1-4 不同介质(空气、油)对物镜聚光能力的比较

a—干系物镜;b—油浸系物镜;

一般物镜与试样间的介质是空气,光线在空气中的折射率 $\eta = 1.0$,若一物镜的孔径角为 60° ,则其数值孔径为

$$N \cdot A = \eta \cdot \sin \varphi = 1 \cdot \sin 30^\circ = 0.5$$

如果物镜与试样之间使用比空气折射率大的介质,例如在试样上放一滴折射率 $\eta = 1.52$ 的松柏油,则其数值孔径为

$$N \cdot A = \eta \cdot \sin \varphi = 1.52 \cdot \sin 30^\circ = 0.76$$

这样就增大了物镜的数值孔径。从图 1-4 可以看出,油浸系物镜同干系物镜相比,它具有较高的数值孔径,因为透过油进入到物镜的光线要比透过空气进入的多,故松柏油的加入能使物镜聚光能力增强,从而提高了物镜的鉴别能力。

(二) 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,有的显微镜还附设有照相装置和其他附件。金相显微镜型式很多,最常见的有台式、立式和卧式三大类。

图 1-5 为 4X 型金相显微镜的光学系统示意图。由灯泡 1 发出的光线,经过聚光透镜组 2 及反光镜 8 的反射,将光线聚集在孔径光栏 9 上,随后经聚光镜组 3,再度将光线会聚在物镜 6 的后焦面上。最后,光线通过物镜平行照射到试样 7 的表面。

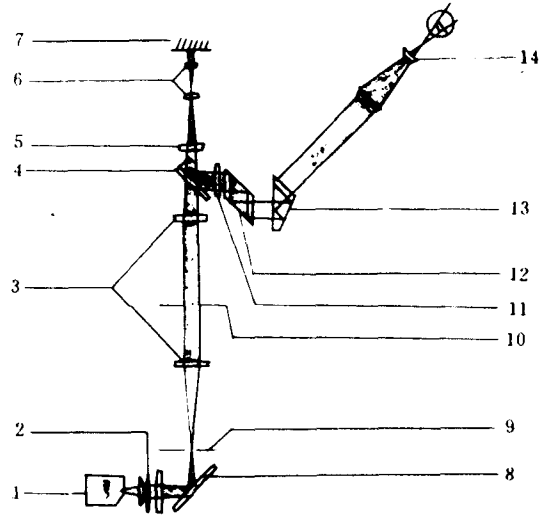


图 1-5 4X 型金相显微镜光学系统示意图

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;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—目镜

从试样反射回来的光线复经物镜 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 形成一个物体的倒立放大实象,该象再经过目镜 14 的放大,就成为在目镜视场中看到的试样表面最后被放大的映象。

4X 型金相显微镜的外形如图 1-6 所示。它是采用倒置式光路,用安装在显微镜底座 8 内的低压灯泡作为照明光源,灯泡由变压器降压供电,靠调节次级电压(5-8V)来改变灯光的亮度。

金相试样放在载物台 1 上,载物台和下面托盘之间有导架,用手推动,可使载物台在水平面上沿任意方向移动,以便观察试样的不同部位。

粗动调焦手轮 6 和微动调焦手轮 5 共轴地安装在传动箱 4 的两侧。其作用是调节物镜与试样表面的距离,

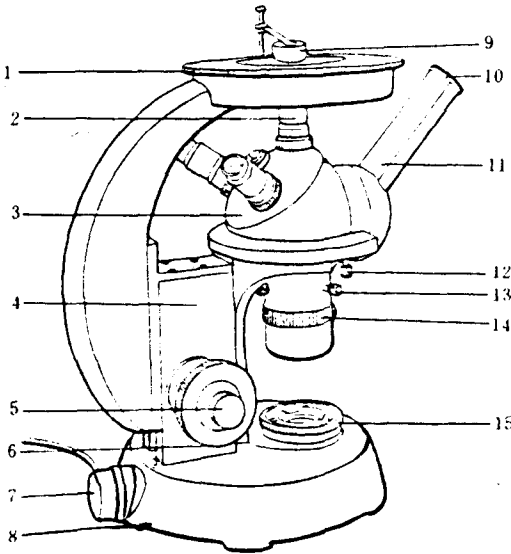


图 1-6 4X 型金相显微镜外形结构图

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—光源;8—底座;9—试样;10—目镜;11—目镜筒;12—固定螺钉;13—调节螺钉;14—视场光栏;15—孔径光栏

至能看到清晰的物象。

物镜 2 安装在物镜转换器 3 上,转换器上有三个螺孔,可安装不同放大倍数的物镜,旋转转换器可使各物镜镜头进入光路。

物镜按使用条件可分为干系物镜和油浸系物镜两种。一般高放大倍数的物镜均为油浸系物镜。油浸物镜标记有 *oil* 或“油”等,这种镜头鉴别率高,但如果试样和物镜之间不用油作介质则不能使用。

目镜 10 安装在目镜筒 11 上。目镜筒呈 45° 倾斜,便于操作者观察。

孔径光栏 15 装在照明反射镜座上面,孔径光栏的作用是控制入射光束的粗细。孔径光栏缩小时,就会减小进入物镜的光束,因而使物镜的鉴别能力降低。孔径光栏开大时,鉴别率提高,但球面象差及显微镜内部之散射光线与炫光增加,将使成象质量降低。因而孔径光栏在使用时应适当地调节,以观察成象最清晰为适度。注意不要把孔径光栏作调节照明的亮度使用。

视场光栏 14 设在物镜支架下面,其作用是调节视场(视域)的大小。缩小视场光栏可以减少显微镜内部光线的散射和炫光,因而提高成象的衬度。视场光栏开大或关小对物镜的鉴别率毫无影响。通常情况下总是将视场光栏调整到与目镜中看到的视域同样大小的程度,以尽量提高映象的衬度。

2. 金相显微镜的使用方法及其注意事项

1) 金相显微镜的使用方法

(1) 首先将显微镜的照明灯泡插头插在低压(5-8V)变压器插座上,接通变压器电源,开亮灯泡。

(2) 选好所需放大倍数的物镜和目镜,分别安装在物镜座上及目镜筒内,并使转换器转至固定位置(由定位器定位)。

(3) 将试样的抛光面对准物镜放在载物台中心,并用压簧片压住。

(4) 转动粗调焦手轮使载物台下降,使试样表面尽量接近物镜(但不得与物镜相碰),边从目镜中观察边转动粗调焦手轮进行调焦,待看到物象时再改用微动调焦手轮调节,直到物象清晰为止。

(5) 调节孔径光栏和视场光栏至适当位置,以获得最佳质量的物象。

(6) 如果使用油浸系物镜,则可在物镜透镜上滴一点松柏油,也可以将松柏油直接滴在试样上。油镜头用后应立即用镜头纸沾取二甲苯将物镜擦干净。

2) 使用显微镜时注意事项

(1) 显微镜镜头的玻璃以及照明系统的所有反光玻璃禁止用手指直接接触。如镜头上落有灰尘使成象不清晰时,可用软毛刷掸去,再用镜头纸擦净。

(2) 镜头是显微镜的重要部件。调换放大倍数时应特别小心,不要把镜头失落摔坏。调换物镜时,应先将载物台升起再转动镜头,以免碰撞镜头。

(3) 显微镜照明用的灯泡,电压仅几个伏特,其插头一定要插在专用的变压器上,切勿直接插在 220V 电源的插座上。观察结束后要及时关掉电源。

(三) 金相试样的制备

金相试样的制备过程包括试样的磨制、抛光、浸蚀等工序。

1. 磨制

试样的磨制一般分为粗磨与细磨两道工序。

(1) 粗磨 粗磨的目的是为了获得一个平整的磨面,为抛光做准备。对于软的金属材料试样可用锉刀锉平,钢铁材料试样的粗磨通常在砂轮机上进行。在磨制时,应注意使试样的磨面与砂轮侧面保持平行,试样对砂轮的压力也不宜过大;要随时用水冷却试样,以防受热使金属内部组织发生变化。

(2) 细磨 粗磨后的试样表面虽较平整但仍保留有较深的磨痕,为去除这些磨痕,并为下一步抛光做准备,需要进行细磨。

细磨是将试样磨面用一系列粗细不同的金相砂纸由粗到细依次序进行的。通常用以下几种号数的金相砂纸依其粒度由粗至细顺序磨制:280、320、0、01、02、03、04、05号等。

究竟选用那几号砂纸,磨到那号砂纸为止视材料和要求而定。对一般碳钢试样可选用从280至03号砂纸。

细磨时将砂纸平铺在厚玻璃板上,一手将砂纸按住,一手将试样磨面轻压在砂纸上,并向前推磨,磨制方向应和粗磨留下的磨痕方向垂直,直到磨痕消除为止。当前一道砂纸的磨痕全部被磨掉后,才能更换下一道较细的砂纸。在更换砂纸时,须将试样的磨制方向调转90°角,即与上一道磨痕方向垂直,直到把上一道砂纸所产生的磨痕全部磨掉为止。如此依次进行下去,直到磨面达到抛光前应有的光洁程度。

2. 抛光

细磨后的试样还需进行抛光。抛光的目的是去除磨面上的细磨痕,以获得光亮的镜面。

试样的抛光方法可分为机械抛光、电解抛光和化学抛光三种,其中以机械抛光应用最广,本实验仅介绍机械抛光。

试样的机械抛光是在专用抛光机上进行的。抛光机是由电动机主轴带动水平抛光圆盘转动。抛光盘上铺以抛光织物,常用的抛光织物有细帆布、呢绒及丝绸等。抛光时在抛光盘上不断滴注抛光液。抛光液通常是极细的而且硬度极高的氧化铝、氧化铬、氧化镁等粉末与水组成的混合悬浮液或者用极细钻石粉制成的膏状抛光剂等。将试样磨面均匀地轻压在旋转的抛光盘上,通过氧化铝等与磨面间产生的相对磨削和滚压作用来消除磨痕。直到试样表面光亮如镜,看不到任何磨痕为止。

试样抛光后用清水洗干净,再用酒精清洗磨面,并用脱脂棉擦干或吹风机吹干。

3. 浸蚀

抛光后的试样磨面不经浸蚀,在显微镜下观察,只能看到一片光亮,除某些夹杂物或石墨外,无法辨别出各种组织的组成物及其形态特征。因此,必须使用浸蚀剂对试样表面进行“浸蚀”,才能显示出显微组织。

最常用的浸蚀方法是化学浸蚀法。化学浸蚀法的原理就是利用浸蚀剂对试样表面的化学溶解作用或电化学作用(即微电池原理)来显示金属的组织。

对于纯金属或单相合金来说,浸蚀是一个纯化学溶解过程,由于金属及合金的晶界上原子排列较乱,具有较高的能量,因此晶界处较容易被浸蚀成凹沟。在显微镜下观察时,光线在晶界处被散射而不能进入物镜,故晶界呈暗黑色,而未被浸蚀的其他部分仍为亮白色,见图1-7;同时由于每个晶粒中原子排列的位向不同,各晶粒被浸蚀的深浅程度也不一样,在垂直光线的照射下将显示出明暗不同的晶粒。

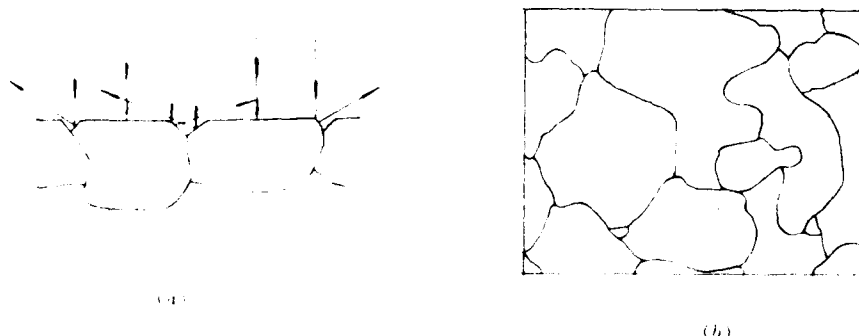


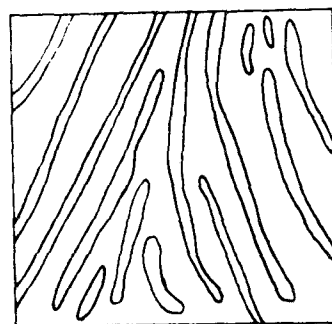
图 1-7 纯金属晶界显示示意图

a—晶界呈暗色的示意图；b—纯金属在显微镜下的组织；

对于两相以上的合金组织来说,浸蚀主要是电化学腐蚀过程。由于各组成相的化学成分不同,各自具有不同的电极电位,当试样浸入浸蚀剂中就在两相之间形成无数对“微电池”。电极电位低的相为阳极而被溶解,使该相形成凹洼;电极电位高的相为阴极,不被浸蚀而保持原有的光滑表面。故在浸蚀后就形成了凹凸不平的表面,由于光线在各处的反射程度不同,在显微镜下就能观察到各种不同的组织及组成相,见图 1-8。

浸蚀方法通常是将试样磨面浸入盛有浸蚀剂的容器内,或用棉花沾上浸蚀剂擦拭。浸蚀时间要适当,一般试样磨面发暗时就可停止,如果浸蚀不足可重复浸蚀。浸蚀完毕后试样迅速用清水冲洗,再用酒精冲洗,并用吹风机吹干或用脱脂棉球擦干。至此,金相试样的制备工作全部结束,即可在显微镜下进行观察和分析研究。

各种金属材料常用的浸蚀剂可参考附表 3-1。



铁素体(阳极) 渗碳体(阴极)

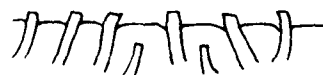


图 1-8 珠光体显示示意图

三、实验所用设备及材料

1. 金相显微镜;
2. 砂轮机、抛光机;
3. 不同型号的砂纸一套、抛光剂、酒精、4%硝酸酒精溶液、棉花球;
4. 磨制好的标准低碳钢试样(每台显微镜一块);
5. 待制备的低碳钢试样等。

四、实验内容及步骤

1. 熟悉金相显微镜的构造和使用方法

- 1) 调整粗调及微调焦手轮,使组织显现出来。
- 2) 分别调整视场光栏和孔径光栏,了解它们的作用。
- 3) 调换放大倍数,用 100 倍及 400 倍观察标准低碳钢试样的组织。
- 4) 了解油浸镜头的用法。

2. 试样制备

- 1) 领取低碳钢试样一块、各型号砂纸一套、玻璃板一块。
- 2) 按照实验说明进行粗磨、细磨、抛光和浸蚀,制成一块合格的金相试样。
- 3) 用显微镜观察低碳钢的显微组织。

五、实验报告内容

1. 简述金相显微镜的基本原理和主要结构。
2. 扼要记述金相显微镜的使用方法及注意事项。
3. 简述金相试样的制备过程。
4. 画出标准低碳钢试样的显微组织图(注明放大倍数)。
5. 画出自己磨制的低碳钢试样显微组织图(注明放大倍数)。
6. 写出在实验中所发现的问题和体会。

实验二 金属材料的硬度试验

一、实验目的

1. 了解布氏、洛氏和维氏硬度试验机(硬度计)的构造和使用方法。
2. 初步掌握布氏、洛氏和维氏硬度的测定方法和应用范围。
3. 了解显微硬度的测定方法。

二、实验说明

硬度是衡量金属材料软、硬程度的一种性能。通常用压入法测量,压入法又可分为布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。它们的试验原理都是用一定几何形状的硬质材料压头,在一定载荷下,压入被测金属材料的表层,形成压痕。以压痕表面所受应力大小或压痕深浅来表示其硬度值。

图 2-1 为硬度试验原理示意图,载荷 P 通过杠杆 1 而传到“压头”2 上,压头压入被测试样 3 中,造成一个压痕。当压力 P 及压头为常数时,则金属的硬度与压痕的大小成反比。因此可以利用压痕的大小表示金属的硬度。

不同的试验方法仅是改变载荷 P 值和压头的形状、压头材料,以及对压痕的不同测量方法。

(一) 布氏硬度(HB)

布氏硬度试验是将一直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球,在规定的载荷 P 下压入被测金属表面,保持一定时间后卸载,便在被测金属表面形成一直径为 d 的压痕,如图 2-2 所示。布氏硬度值(HB) 就是施加在球体上的载荷 P 与所得的压痕面积 F 的比值。其计算公式如下:

当载荷的单位为 kgf 时

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2-1a)$$

当载荷的单位为 N 时

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{0.102 \times 2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2-1b)$$

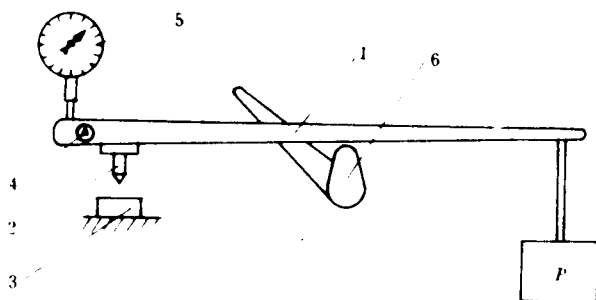


图 2-1 硬度试验原理

1—杠杆;2—压头;3—试样;4—支轴;5—千分表;6—加压凸轮

式中 P ——施加的载荷;
 d ——压痕的直径,mm;
 D ——压头直径,mm;
 F ——压痕面积,mm²。

在(2-1)式中,只有 d 是变数,故只需测出压痕直径 d ,根据已知 D 和 P 值就可直接查表或计算得出 HB 值来。布氏硬度一般不标注单位。

由于金属材料有硬有软,工件有厚有薄,为适应所测材料的不同情况,国家标准(GB231-84)规定,布氏硬度试验用的球体压头直径有 10、5、2.5、2 和 1mm 五种; $\frac{P}{D^2}$ 比值有 30、15、10、5、2.5、1.25

和 1 七种。对同一材料来说,不论采用多大的载荷和多大直径的压头,只要能满足 $\frac{P}{D^2}$ 为常数,所得出的 HB 值是相同的。而对不同材料,所得 HB 值是可进行比较的。根据金属材料的种类及布氏硬度范围,按照表 2-1 选定 $\frac{P}{D^2}$ 值。

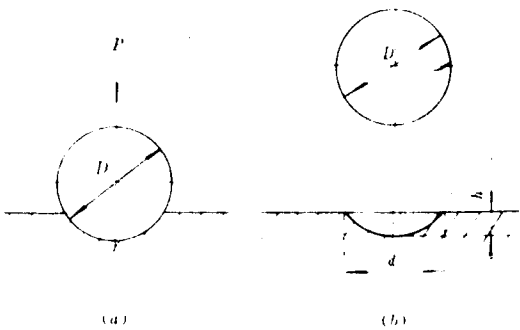


图 2-2 布氏硬度试验原理图
a— 钢球压入试样表面;b— 卸载后测定压痕直径 d

表 2-1 布氏硬度试验的 P/D^2 值的选择

材 料	布 氏 硬 度	P/D^2
钢及铸铁	<140	10
	≥140	30
铜及其合金	<35	5
	30~130	10
	>130	30
轻金属及合金	<35	1.25
		2.5
	35~80	5
		10
		15
	>80	10
		15
铅、锡		1
		1.25

图 2-3 为 HB-3000 型布氏硬度计,其使用方法是:

- 1) 安装压头 2 与试样台 3。
- 2) 按表 2-1 选择载荷。
- 3) 选择载荷保持时间:载荷保持时间,对黑色金属为 10~15 秒,对有色金属为 30 秒,

对 $HB < 35$ 的材料为 60 秒。松开压紧螺钉 7, 把圆盘内的弹簧定位器 8 旋转到所需的时间位置上, 压紧螺钉 7 松开的程度应能使圆盘作回转调整即可。

4) 将试样置于试样台上。

5) 打开电源开关, 电源指示灯即亮。顺时针转动手轮 5 使试样表面与压头接触, 直至手轮对下面螺母产生相对滑动为止。然后按动加载按钮 9, 开始加载, 在加荷指示灯 1 发亮后迅速拧紧螺钉 7, 使圆盘随曲柄一起回转直至自动反向和停止转动为止。从加荷指示灯发亮至熄灭之间的间隔为全载荷保持时间。

6) 试验结束后, 逆时针转动手轮 5 降下试样台, 取下试样, 用读数显微镜测量试样表面的压痕直径, 从相互垂直方向各测一次, 取其平均值。用该值代入 (2-1) 公式计算或查表 (见附表 3-2), 就可得出试样的硬度值。

压头的材料不同, 布氏硬度用不同符号表示。压头为淬火钢球时, 其符号为 HBS, 适用于布氏硬度值在 450 以下的金属材料; 压头为硬质合金球时, 其符号为 HBW, 适用于布氏硬度值为 450~650 的金

金属材料。符号 HBS 或 HBW 前面数值为硬度值, 在符号后面标注试验条件, 其数值依次表示球体压头直径、载荷大小及载荷保持时间, 保持时间在 10~15 秒的, 可不标注。例如, 当用 10mm 直径淬火钢球, 在 9.81kN (1000kgf) 载荷作用下保持 30 秒测得的布氏硬度为 120 时, 可写成 120HBS10/1000/30。又如, 500HBW5/750 表示用直径为 5mm 的硬质合金球, 在 7.355kN (750kgf) 载荷作用下保持 10~15 秒测得的布氏硬度值为 500。

测定布氏硬度的试样厚度至少应为压痕深度的 10 倍, 试样表面应是无氧化皮等污物的光洁平面。压痕中心距试样边缘距离不小于压痕直径的 2.5 倍, 相邻两压痕中心的距离不小于压痕直径的 4 倍。试验后, 压痕直径 d 应在 0.25~0.6D 范围内, 否则试验结果无效。

布氏硬度通常用于测量各种退火态的钢材、铸铁、轴承合金、有色金属等。布氏硬度的优点是压痕面积大, 测量误差小。它的缺点是试验时对不同材料需更换压头和改变载荷, 压痕直径的测量也较麻烦。由于压痕大, 它不宜测定成品和薄件。

(二) 洛氏硬度(HR)

洛氏硬度同布氏硬度一样也属压入硬度法, 但它不是测定压痕面积, 而是根据压痕深度来确定硬度数值。

洛氏硬度试验是以顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 $\frac{1}{16}$ 吋的淬火钢球做压头。试验时分两次加载。先加 10 公斤的初载荷使压头与试样表面接触良好, 以保证测量结果准确, 然后再加主载荷, 使总载荷达到规定荷重, 保持规定时间后卸除主载荷, 由于主载荷的作用使试样表面压凹坑, 用塑性变形的深度来表示硬度。压坑越深, 其硬度越小, 反之就越大。洛氏

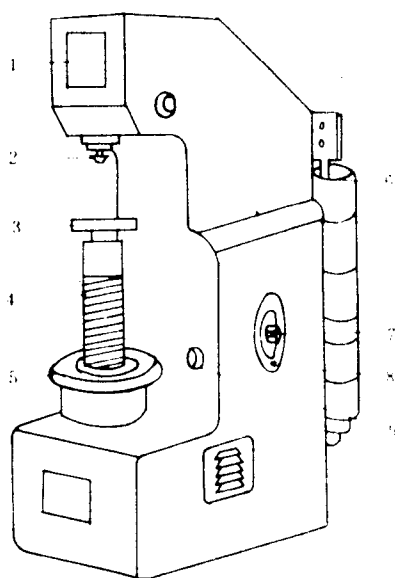


图 2-3 HB-3000 型布氏硬度试验机
外形结构图

- 1—指示灯; 2—压头; 3—试样台;
- 4—丝杠; 5—手轮; 6—载荷砝码;
- 7—压紧螺钉; 8—时间定位器; 9—加载按钮

硬度值用符号 HR 表示,根据所用的压头与载荷的不同,洛氏硬度有几种标尺,常用的是 HRA、HRB 和 HRC 三种,它们的压头、载荷以及应用范围见表 2-2。洛氏硬度(HR)标尺字母后面的数字表示硬度值,例如,HRC50 表示用 C 标尺测定的洛氏硬度值为 50。

表 2-2 洛氏硬度的试验规范

洛氏硬度	压 头	总载荷(kgf)	测量范围	应 用
HRA	120° 金刚石圆锥	60	60~85	硬质合金和零件表面硬化层等
HRB	$\frac{1}{16}$ 吋钢球	100	25~100	软钢和有色金属等
HRC	120° 金刚石圆锥	150	20~67	调质钢、淬火钢

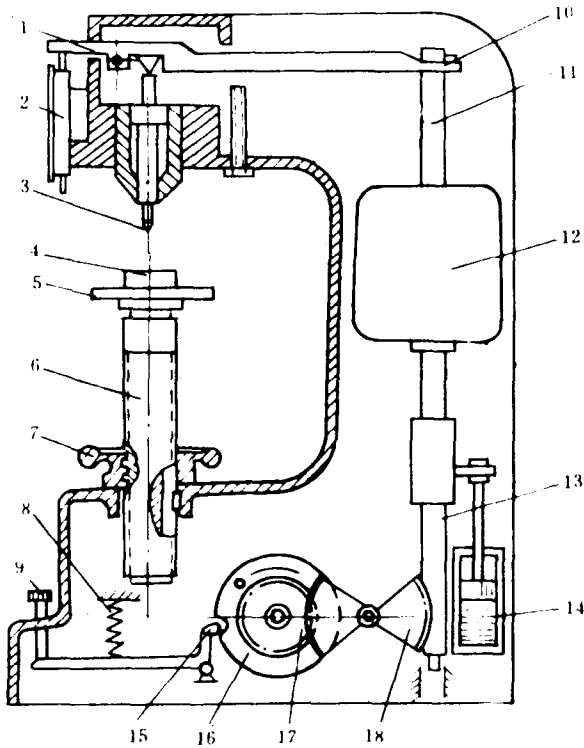


图 2-4 洛氏硬度试验机结构图

1—支点;2—指示器;3—压头;4—试样;5—试样台;6—螺杆;7—手轮;8—弹簧;9—按钮;10—杠杆;11—纵杆;12—重锤;13—齿杆;14—油压缓冲器;15—插销;16—转盘;17—小齿轮;18—扇齿轮

邻两压痕以及压痕离试样边缘的距离都不得小于 3mm。测定每一块试样的硬度一般不少于三点,取其平均值。

硬度值在 220~450HBS 范围内时,洛氏硬度值和布氏硬度值之间的关系大致为 1HRC

洛氏硬度法的压痕小,可测量成品件,而且测量简便迅速。洛氏硬度虽然分为许多标尺,但是最常用的是 HRC。

图 2-4 为洛氏硬度计结构图。它由机体、试样台、加载机构和千分表指示盘等主要部分组成。洛氏硬度计使用方法:

- 1) 按表 2-2 选择压头和载荷。
- 2) 将试样 4 放在试样台 5 上,顺时针转动手轮 7,使试样与压头接触,直至表盘 2 中小指针指到“0”为止,此时即已施加预载荷 10kgf (100N),然后将表盘大指针调至零点 (HRA、HRC 零点为 0,HRB 零点为 30)。
- 3) 按下按钮 9,加上主载荷,当表盘中大指针反向旋转若干格并停止时,持续数秒钟后再顺时针旋转摇柄,卸除主载荷。此时大指针所指读数即为所求的洛氏硬度值。

4) 逆时针旋转手轮,取出试样。
为了使试验结果精确,试样表面应平整光洁,不得有氧化皮等污物。相邻