

普通高等教育规划教材

工程材料实践教程

主 编 杨顺贞

副主编 胡 静 毛建秋



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育规划教材

工程材料实践教程

主 编 杨顺贞
副主编 胡 静 毛建秋
参 编 罗士平 赵建华
主 审 赵占西



机械工业出版社

本书是与“材料科学基础”、“工程材料”、“机械制造基础”等课程相配套的实践教程。本书分两部分：第一部分为实验，内容包括金相显微镜的构造和使用、金相样品的制备、二元合金相图的绘制、铁碳合金平衡组织观察与分析、金属材料的硬度试验、碳钢的热处理、常用金属材料显微组织观察与分析、材料缺陷分析与检测、焊条电弧焊、埋弧焊及焊接接头宏观及微观组织分析；第二部分为附录，包含一些常用的参数表格。

本书可作为金属材料工程、机械工程及自动化、热能与动力工程等专业的本科生教材，也可供有关科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程材料实践教程/杨顺贞主编. —北京: 机械工业出版社, 2011. 2

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-32970-1

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程材料—高等学校—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 001314 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 冯春生 责任编辑: 冯春生 丁昕祯

版式设计: 张世琴 责任校对: 李秋荣

封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 7.25 印张 · 176 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-32970-1

定价: 15.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是作者多年教学和研究成果的结晶，是根据各高校常规设备、教学方向以及内容进行编写的，旨在培养学生理论知识的同时，提高其动手实践能力。本书是与“材料科学基础”、“工程材料”、“制造技术基础”等课程相配套的实践教程，不同专业可根据要求进行选做。

本书实验一、二、四、六、十一由河海大学机电工程学院杨顺贞编写；实验五由常州大学胡静编写；实验七由常州工学院毛建秋编写；实验三由常州大学罗士平编写；实验八、九、十由河海大学机电工程学院赵建华编写。本书由河海大学机电工程学院赵占西担任主审。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
实验一 金相显微镜的构造和使用	1
实验二 金相样品的制备	4
实验三 二元合金相图的绘制	13
实验四 铁碳合金平衡组织观察与分析	17
实验五 金属材料的硬度试验	24
实验六 碳钢的热处理	34
实验七 常用金属材料显微组织观察与分析	45
实验八 材料缺陷分析与检测	58
实验九 焊条电弧焊	69
实验十 埋弧焊	79
实验十一 焊接接头宏观及微观组织分析	86
附录	92
附录 A 金属布氏硬度 (HBW) 数值表	92
附录 B 洛氏、布氏、维氏、努氏硬度换算	94
附录 C 布氏硬度试验技术条件	96
附录 D 热处理相关国际组织、术语、法规的缩写和代号	96
附录 E 我国现行热处理技术标准目录	96
附录 F 钢铁硬度计强度换算表	98
附录 G 钢铁硬度及强度换算表 (表一)	101
附录 H 钢铁硬度及强度换算表 (表二)	106
附录 I 常用钢材临界点及热处理规范与硬度的关系	108
参考文献	111

实验一 金相显微镜的构造和使用

一、实验目的

- 1) 熟悉、掌握金相显微镜的构造及使用方法。
- 2) 熟悉、掌握金相显微镜的使用注意事项。

二、实验原理

1. 金相显微镜的构造

显微镜主要有：光学显微镜、电子显微镜。

研究金属表面金相组织的光学显微镜称为金相显微镜。它是利用反射光线来观察不透明的物体。

金相显微镜的种类和形式有很多，最常见的有台式、立式和卧式三大类。金相显微镜通常由光学系统、照明系统和机械系统三大部分组成，有的显微镜还附有摄影装置，如图 1-1、图 1-2 所示。

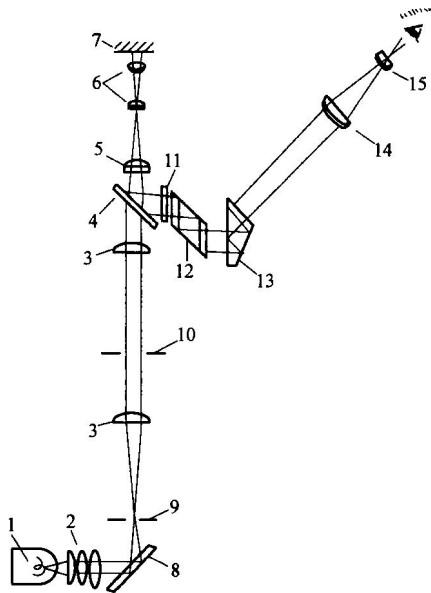


图 1-1 金相显微镜的光学原理

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

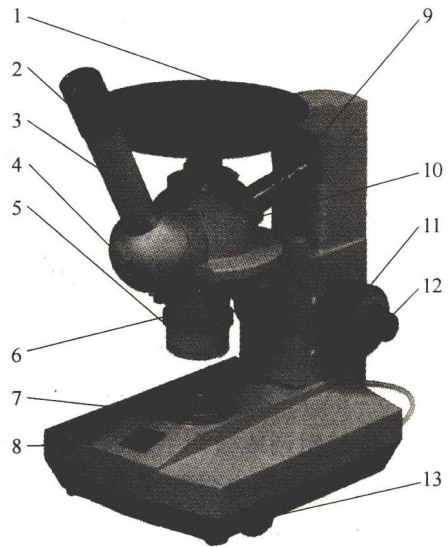


图 1-2 金相显微镜的构造

- 1—圆工作台 2—目镜 3—单目镜筒 4—单目镜筒锁紧螺钉 5—视场光阑 6—视场光阑调中螺钉
7—孔径光阑 8—底座 9—物镜 10—物镜转换器
11—焦距粗调手轮 12—焦距微调手轮 13—开关、调光

(1) 光学系统 4×型金相显微镜的光学系统包括物镜、目镜、光圈、棱镜与透镜组等。

(2) 照明系统 由低压灯泡为光源, 聚光灯, 孔径光阑、反光镜等折光装置组成照明系统的基本部分。

(3) 机身及调节机构 机身及调节机构有机座、载物台、粗调与微调机构、物镜转换器等。

2. 金相显微镜的使用方法

1) 将金相显微镜的光源插在电源上 [4×-1 型: 光源插在低压变压器上, 通过低压 (5~6V) 变压器接通电源]。

2) 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) 将试样放在圆工作台中心, 使观察面朝下并用弹簧片压住。

4) 转动粗调手轮 11, 先使载物台下降, 同时在目镜 2 上用眼观察, 使物镜 9 尽可能接近试样表面 (但不得与试样相碰), 然后向相反方向转动粗调手轮 11, 使载物台渐渐上升以调节焦距, 当视场亮度增强时再改用微调手轮 12 调节, 直到物像调整到最清晰程度为止。

5) 适当调节孔径光阑 7 和视场光阑 5, 以获得最佳质量的物像。视场光阑 5 可以遮去视场范围以外的光线, 减小镜筒内部的反射光和炫光。调节视场光阑可以提高像射度, 一般观察时, 通常将视场光阑调节到恰恰相当于所选用的目镜的视场即可, 这样就能得到最好的衬度。

孔径光阑 7 缩小时, 入射光束缩小, 可消除透镜边缘光所引起的球面像差。如果光阑过小, 物镜孔角就缩小, 鉴别率降低, 无法分清组织的细节, 所以孔径光阑不应缩得过小。如果孔径光阑张开过大, 则物像过于明亮, 射度降低, 组织模糊。

6) 如果使用油浸系物镜, 则可在物镜的前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棉花蘸取二甲苯溶液擦净, 再用擦镜纸擦干。

三、金相显微镜使用注意事项

1) 操作时必须特别细心, 不能有任何剧烈动作。光学系统不允许自行拆卸。

2) 显微镜镜头的玻璃部分和试样磨面严禁手指直接接触, 若镜头中落有灰尘, 可用镜头纸、鹿皮或软毛刷轻轻擦拭。

3) 对 4×-1 型金相显微镜的灯泡插头, 切勿直接插在 220V 的电源插座上, 应当插在变压器上 (5~6V), 否则灯泡会烧坏。观察结束后及时关闭电源。

4) 在旋转粗调或微调手轮时动作要慢, 碰到某种阻碍时应立即停止操作, 报告指导老师查找原因, 不得用力强行转动, 否则会损坏机件。

四、实验方法指导

1. 实验设备及材料

金相显微镜; 20、45、T8 钢金相试样。

2. 实验内容及步骤

1) 要求掌握金相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) 每人一台金相显微镜, 观察金相试样, 并画下显微组织示意图。

五、实验报告要求

- 1) 叙述实验目的及原理。
- 2) 叙述金相显微镜的基本原理和主要结构。
- 3) 叙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 金相样品的制备

一、实验目的

- 1) 掌握金相样品的制备方法。
- 2) 熟悉、掌握金相显微组织的显示方法。

二、实验原理

用金相显微镜观察经过特别磨制的金相试样以研究金属和合金组织及内部缺陷的方法，叫显微分析法。金相显微分析是研究金属内部组织最重要的方法之一。在生产科研中，利用金相显微镜来检验分析金属材料的显微组织是不可缺少的手段。它可以解决金属组织方面的诸多问题，如金属与合金的组织、晶粒的大小和形状、裂纹以及热处理工艺是否合理等。

金属内部的组织，是由各种“相”组成的，各种“相”的分布、形态直接反映了金属的组织。金属样品是在显微镜下进行分析 and 研究的试样。用金相显微镜观察和研究金属内部组织的步骤为：首先是制备所取试样的表面，使其观察面为光洁程度很高的平面；然后选用合适的浸蚀剂，通过浸蚀使不同的“相”呈现出来，即可在显微镜下观察显微组织特征。

试样表面比较粗糙时，由于对入射光产生漫反射，无法用显微镜观察其内部组织，因此要对试样表面加工，通常采用磨光和抛光的方法，从而得到光亮如镜的试样表面。这个表面在显微镜下只能看到白亮的一片而看不到其组织细节，因此必须采用合适的浸蚀剂对试样表面进行浸蚀，使试样表面有选择性地溶解掉某些部分（如晶界），从而呈现微小的凹凸不平，这些凹凸不平在光学显微镜的景深范围内可以显示出试样的组织形貌、大小和分布。

金属的显微分析包括以下三个主要步骤：制备金相显微试样、浸蚀显微试样以显示出组织及利用金相显微镜观察金属的组织。

1. 金相样品的制备过程

为了在金相显微镜下清楚地观察到金属内部的显微组织，金属试样必须进行精心的制备。试样的制备过程包括：取样、粗加工（磨平）、镶嵌、磨光、抛光和浸蚀。

(1) 取样及粗加工 金相试样取样时，要注意取样方位及观察面截取部位的选择，要根据研究的目的而定，同时保证试样被观察面的金相组织不发生变化，试样必须能表征出被检验材料的性质。例如：研究热处理后的零件时，因为组织较均匀可自由选取断面试样。但对于表面热处理后的零件，则要注意观察表面情况，如氧化层、脱碳层、渗碳层等。研究零件损坏的原因，就必须在损坏的部位截取试样。研究铸造合金时，由于其组织不均匀，应从铸件表面和心部等典型部位分别取样，以便全面地进行金相组织观察。对于轧材，如研究材料表层缺陷和非金属夹杂物分布时，应垂直轧制方向取样；研究材料变形、晶粒拉长、带状组织等，应平行轧制方向取样。

取样时应保证试样的观察面不发生组织改变。对于软材料可以用锯、车、刨等方法取

样；硬材料可以用水冷砂轮片切割取样或电火花线切割取样；硬脆材料可以用锤击取样；大件可以用氧气切割等。注意：必须用电、气焊切割时，应注意进行冷却，防止过热过烧，以防金相组织发生改变。

金相试样适宜的尺寸是 $\phi 15 \sim 25\text{mm}$ ，高为 $12 \sim 15\text{mm}$ 的圆柱体；或底面积为 $12\text{mm} \times 12\text{mm}$ ，高为 $12 \sim 15\text{mm}$ 的正方体。试样尺寸如图 2-1 所示。

试样截取后，要选一个合适的面作为金相磨面，进行粗加工。

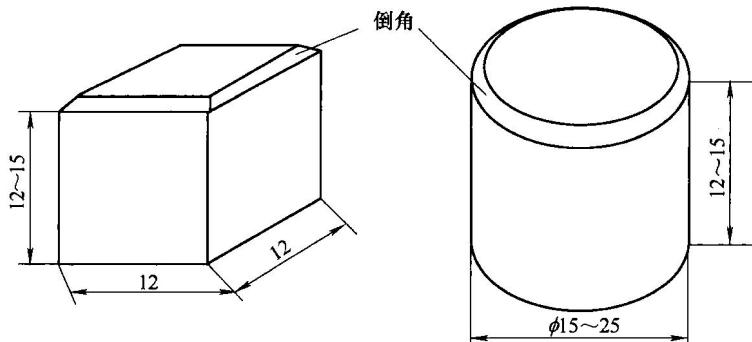


图 2-1 试样尺寸

(2) 镶嵌（镶样） 一般试样不需镶嵌。但尺寸特别细小的试样，如细丝、薄片、细管或形状不规则，以及有特殊要求（例如要求观察表层组织）的试样，制备时比较困难，则必须把它镶嵌起来。

试样镶嵌的主要方法有低熔点合金的镶嵌、胶木粉镶嵌、电玉粉镶嵌、密胺压塑粉镶嵌、环氧树脂镶嵌、夹具夹持法等。目前一般多采用胶木粉镶嵌。镶嵌时采用专门的镶样机，将试样及胶木粉放入模具中加压加温后即可制成圆柱形试样。对于有特殊要求的材料，用胶木粉镶嵌时施加一定的温度和压力，会使某些组织发生变化，在这种情况下，可改用夹具夹持法。各种试样的镶嵌方法如图 2-2 所示。

(3) 试样的磨光

1) 粗磨。截取的试样往往是表面凹凸不平极为粗糙的，由于表面不平整，故需进行粗磨。粗磨可用锉刀（如有色金属）或粒径为 $250 \sim 380\mu\text{m}$ （40 ~ 60 目）的砂轮将试样磨平。粗磨时为了防止试样温度升高而引起组织变化，通常用水进行冷却，接触压力尽量减轻，以减少表面层的变形。对于不需作表层检查的试样，可将其磨面的四周倒成圆角（表面热处理试样除外），以免在细磨或抛光时撕裂砂纸或抛光布。粗磨完毕后，试样和操作者的双手应冲洗干净、吹干，防止砂子带入后续细磨中，增加困难。

2) 细磨。粗磨后的试样表面仍然有很深的磨痕，需要进行细磨。细磨是为了消除粗磨时留下的磨痕，使试样表面磨光，为下一步抛光做好准备。

细磨有手工磨和机械磨两种。手工磨是用手拿持试样，在金相砂纸上磨平。我国金相砂纸按粗细分为（由粗到细）：150、220、320、400、500、600、700、800、900、1000、1200。细磨时，依次从 150 至 1200 号金相砂纸按顺序逐级进行磨削。这样砂纸上的磨粒与试样表面产生的磨痕随着磨粒的减小而变小，直至磨平。必须注意，细磨时将砂纸平放在平的玻璃板上，一手压住砂纸，一手握住试样，将待磨面轻压在砂纸上向前推进。在磨面上所加的压力应力求均衡，磨面与砂纸必须完全接触，这样才能使整个磨面平均地进行磨削。为

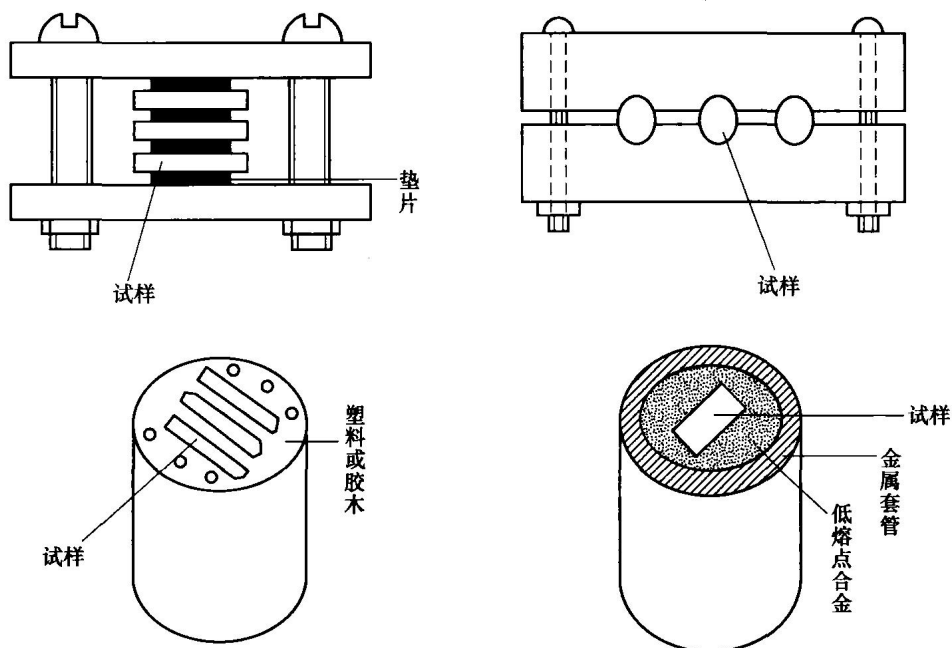


图 2-2 各种试样的镶嵌方法

为了保证磨面平整而不产生弧度，磨削应单方向进行，要沿一个方向磨，切忌来回磨削，即向前推进时进行磨削，然后空中提回，在回程中不与砂纸接触，再把试样压在砂纸上向前推，而且给试样施加的压力要适当。如此反复研磨，直至原来的磨痕完全消失且新痕均匀一致时，才可换下一号砂纸，如图 2-3 及图 2-4 所示。每更换一次砂纸，操作者的手和试样要用清水冲洗干净吹干，玻璃板也应擦净，以免粗砂粒带到下一道砂纸上而影响磨削质量。每更换一道砂纸，试样均需转 90° ，使研磨方向与上一道砂纸的磨痕垂直，这样才能看出上道较粗的磨痕是否磨去，以便观察旧磨痕的消失情况。

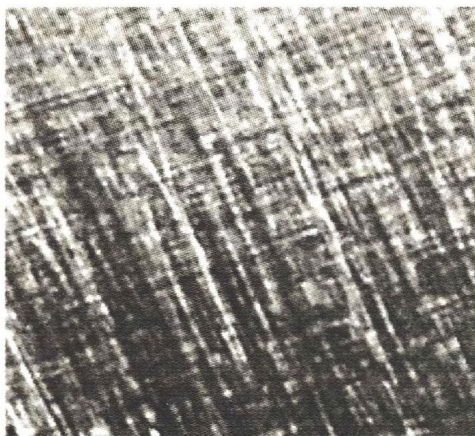


图 2-3 不能更换砂纸

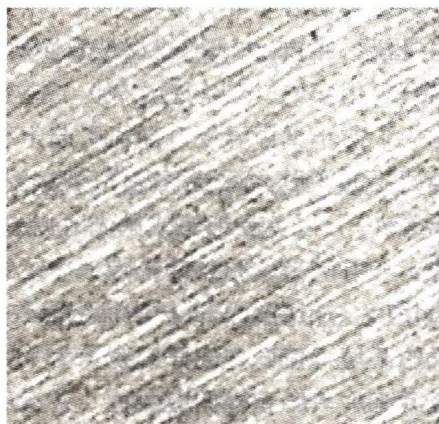


图 2-4 可更换砂纸

另外，在磨削软材料时，可在砂纸上涂一层润滑剂，如全损耗系统用油、甘油、肥皂水等，以免砂粒嵌入试样磨面。

经细磨后的试样，用清水冲洗以除去磨粒即可进行抛光。

(4) 抛光 细磨的试样还需进行抛光。抛光的目的是去除细磨时遗留下来的细微磨痕而获得光亮的镜面。常用的是机械抛光法。它是借抛光膏或抛光粉与水的混合液在磨削滚压作用下，把试样磨成光滑的表面。

1) 机械抛光。机械抛光是在专用的抛光机上进行的。抛光机主要由电动机和抛光圆盘组成，抛光圆盘转速一般为 $300 \sim 700 \text{r/min}$ 。抛光圆盘盘面上辅以细帆布、呢绒、丝绸等织物。抛光时在抛光圆盘上不断滴注抛光液或抛光膏。抛光液是由 Al_2O_3 、 Cr_2O_3 或 MgO 等粒度极细的磨料加水而形成的悬浮液，抛光膏是由金刚石微粒均匀分布在膏状载体中而形成的，具有自润滑功能。在抛光过程中，依靠抛光液或抛光膏中极细的抛光粉末与试样磨面间产生的相对磨削和滚压作用来消除磨痕。抛光时用手持紧试样，使试样磨面均匀地轻压在旋转的抛光圆盘上，并沿盘的边缘到中心不断作径向往复运动，以进行抛光。

抛光操作要点：在机械抛光中，要渐渐地不断滴注抛光液，不能太湿，以试样从抛光布上拿起来在几秒内能干的湿度为宜。试样在抛光圆盘上可由中心到边缘左右移动。粗抛光约 $5 \sim 10 \text{min}$ ，以肉眼看不到磨面上的磨痕为止。细抛光约 $10 \sim 15 \text{min}$ ，抛到光亮如镜为止。抛光后用水冲洗干净，最后用乙醇洗净并以热风吹干。

2) 电解抛光。对于软金属和容易发生加工硬化的合金，特别是有容易剥落的夹杂物的合金，应采用电解抛光。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）。阴极为不锈钢板或铅板，并与试样抛光面保持一定的距离。当电流密度足够大时，试样磨面产生选择性的溶解。靠近阳极的电解液在试样表面上形成一定厚度不均的薄膜。薄膜本身具有较大电阻，并与厚度成正比。如果试样表面高低不平，则凸出部分薄膜的厚度要比凹陷部分薄膜的厚度要薄，因此凸出部分的电流密度较大，溶解较快，于是，试样最后形成平坦光滑的表面。电解抛光的速度快，表面光洁，并可以免除机械抛光所形成的塑性变形，但工艺规范不容易控制。

电解抛光液的种类很多，常用的电解抛光液成分及规范见表 2-1。

表 2-1 常用的电解抛光液成分及规范

电解液成分 (体积分数)	抛光材料	抛光规范			备 注
		电流密度/ (A/cm^2)	时 间	电解液温度 / $^{\circ}\text{C}$	
H_3PO_4 38% 甘油 53% H_2O 9%	不锈钢	0.5 ~ 1.5	3 ~ 7min	50 ~ 100	电流密度约为 $1 \text{A}/\text{cm}^2$ 时最佳
	碳钢	0.1 ~ 0.25	3 ~ 10min	15 ~ 30	电流密度约为 $0.22 \text{A}/\text{cm}^2$ ， 抛光时间为 5min 时最佳
HClO_4 20% 甘油 10% 酒精 70%	不锈钢	≥ 1.5	$\approx 15 \text{s}$	< 50	要求有较高的槽压； 电解液不得超过 50°C ，超 过有危险
	碳钢	1.25 ~ 2.5	$\approx 15 \text{s}$		
	铝及其他	≥ 0.5	5 ~ 10s		
H_3PO_4 100ml 甘油 6ml	铜及铜合金	0.1 ~ 0.115	5 ~ 10min	15 ~ 30	电解液温度高，表面容易 氧化
H_3PO_4 88ml H_2SO_4 12ml 铬酐 6g	铝	1 ~ 2	1 ~ 1.5 min	70 ~ 90	

(续)

电解液成分 (体积分数)	抛光材料	抛光规范			备 注
		电流密度/ (A/cm ²)	时 间	电解液温度 /℃	
磷酸铬酐	不锈钢	1~2		60~80	奥氏体钢 4~6min, 马氏体 钢、珠光体钢 2~3min
	合金钢及碳钢	≈0.3		60~70	
过氧酸(70%) 50ml 水 150ml 含 3% 乙醚的酒精 800ml	钢及铸铁	3~6	30~60s	20~3	电压 30~50V

3) 化学抛光。化学抛光是完全依靠化学溶剂对试样表面所产生的选择性溶解来获得光亮的抛光面的。操作简便, 抛光时将试样浸在抛光液中, 或用棉花蘸取抛光液, 在试样磨面上来回擦洗。化学抛光一般不是很理想, 若和机械抛光相结合, 利用化学抛光剂边浸蚀边机械抛光可以提高抛光效能。化学抛光兼有化学浸蚀的作用, 能显示金相组织, 因此试样经化学抛光后可直接在显微镜下观察。常用的化学抛光液成分及规范见表 2-2。

表 2-2 常用的化学抛光液成分及规范

抛光材料	化学抛光液成分	备 注
碳素钢	草酸 2.5g 硫酸 1.5ml 过氧化氢 10g Al ₂ O ₃ 或 Cr ₂ O ₃ 粉 10~20g 蒸馏水 100ml	
钢铁、非金属夹杂物、不锈钢	铬酐 10g Al ₂ O ₃ 或 Cr ₂ O ₃ 粉 10~20g 蒸馏水 100ml	
高锰钢、马氏体不锈钢	草酸 5g 过氧化氢(30%, 体积分数) 4~6ml 硫酸铜 0.5g 蒸馏水 100ml	
高锰钢、奥氏体不锈钢	过氧化氢(30%, 体积分数) 3ml 氢氟酸(<12%, 体积分数) 5ml	
普通钢铁材料	草酸 6g 蒸馏水 100ml 过氧化氢(双氧水) 100ml 氢氟酸 2ml	常用配方

(5) 浸蚀 经抛光后的试样若直接放在显微镜下观察, 只能看到一片光亮, 除某些非金属夹杂物或石墨等外, 无法辨别出各种组成物及其形态特征, 必须使用浸蚀剂对试样表面进行“浸蚀”才能清楚地显示出显微组织。化学浸蚀剂对金属或合金试样表面所起的浸蚀作用, 可以说是简单的化学溶解或者是电化学作用。在浸蚀过程中, 由于晶粒与晶粒之间、晶粒与晶界之间溶解速度不同, 特别是晶界上原子排列规律性差, 同时位于晶界上的原子又有

较高的自由能，所以晶界处容易被浸蚀成凹沟，在金相显微镜下呈现黑色，并能够看到多边形的固溶体晶粒，若使浸蚀继续进行，则浸蚀剂对晶粒本身起到溶解作用，由于各晶粒倾斜角度不同，在垂直光线的照射下，显示出明暗不同的晶粒，图 2-5 所示为晶粒的晶界。对于多相组织浸蚀，组成相或组织组成物则显露出不同的颜色或亮度，可以借这些特征来鉴别金属组织，图 2-6 所示为工业纯铁及亚共析钢的显微组织。

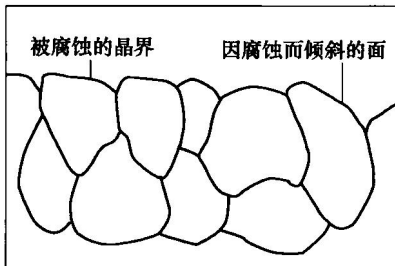


图 2-5 晶粒晶界示意图

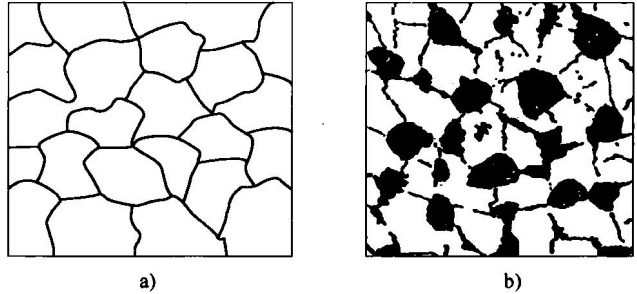


图 2-6 工业纯铁和亚共析钢的显微组织示意图

a) 工业纯铁 b) 亚共析钢

浸蚀试样时可将磨面用棉花蘸浸蚀剂擦拭表面，浸蚀的深浅根据组织特点和观察时的放大倍数来确定。浸蚀后用酒精清洗，再用吹风机热风吹干即可进行显微组织观察。在观察的过程中，如果感到浸蚀不足，可以重新浸蚀，如浸蚀过度，须重新抛光或细砂纸磨后再抛光浸蚀。

最常用的金相组织显示方法是化学浸蚀法。对不同的材料、不同的组织，可选用不同的浸蚀剂。几种常用的化学浸蚀剂见表 2-3；常用的电解浸蚀剂见表 2-4；宏观分析不同材料所用的浸蚀剂见表 2-5。

表 2-3 常用的化学浸蚀剂

浸蚀剂名称	成分	使用特点	适用范围
硝酸酒精溶液	硝酸 3 ~ 5ml 酒精 100ml	浸 蚀 10 ~ 60s	1. 碳钢、低合金钢及铸铁等各种热处理组织，即淬火马氏体、珠光体、铸铁等 2. 显示晶界 3. 使珠光体发黑
苦味酸酒精溶液	苦味酸 4g 酒精 100ml	浸蚀数十秒 至数分钟	1. 能清晰显示珠光体、马氏体、贝氏体等 2. 能显示低碳钢铁素体晶界上的三次渗碳体
苦味酸钠水溶液	苦味酸钠 1g 水 100ml	煮沸 20min	区别渗碳体及磷化物，磷化铁受浸蚀，渗碳体不受浸蚀
苛性钠、 苦味酸水溶液	苛性钠 25g 苦味酸 2g 水 100ml	煮沸 15min	一般碳化物均染成黑色，如 Fe_3C 、 Fe_4W_2C
氢氟酸水溶液	0.5% 氢氟酸水溶液	浸蚀数秒钟 至数十秒钟	显示铝及其合金组织

(续)

侵蚀剂名称	成分	使用特点	适用范围
王水	盐酸 1 份 硝酸 3 份 (体积分数)	侵蚀或揩擦	显示不锈钢或难侵蚀的组织
盐酸、苦味酸 酒精溶液	盐酸 5ml 苦味酸 1g 酒精 100ml	侵蚀或揩擦	显示回火马氏体及奥氏体晶粒
氯化高铁、 盐酸水溶液	氯化高铁 5g 盐酸 50ml 水 100ml	侵蚀或揩擦	显示奥氏体-铁素体不锈钢、18-8 不锈钢
混合酸甘油溶液	硝酸 10ml 盐酸 20ml 甘油 30ml	侵蚀或揩擦	显示奥氏体不锈钢、高 Cr-Ni 耐热钢
过硫酸氨水溶液	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 10g 水 100ml	侵蚀或揩擦	显示纯铜、黄铜及其他铜合金
氯化铁盐酸溶液	氯化铁 5g 盐酸 15ml 水 100ml	侵蚀或揩擦	显示纯铜、黄铜及其他铜合金
氢氧化钠水溶液	NaOH 1g 水 100ml	侵蚀或揩擦	显示铝及铝合金
硫酸铜—盐酸溶液	硫酸铜 5g 盐酸 50ml 水 50ml	侵蚀或揩擦	显示高温合金
赤血盐—氢氧化 钠水溶液	赤血盐 5g 氢氧化钠 5g 水 100ml	侵蚀或揩擦	显示碳化钛镀层

表 2-4 常用的电解侵蚀剂

电解液成分	规范			用途
	电流密度/ (A/cm^2)	时间/s	阴极	
FeSO_4 3g $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0.1g 水 100ml	0.1 ~ 0.2	30 ~ 60	不锈钢	中碳钢、 高合金钢、铸铁
铁氰化钾 10g 水 190ml	0.2 ~ 0.3	40 ~ 80	不锈钢	高速钢
草酸 10g 水 100ml	0.1 ~ 0.3	40 ~ 60	铂	耐热钢、不锈钢
CrO_3 10g 水 90ml	0.2 ~ 0.3	30 ~ 70	不锈钢	高合金钢、高速钢

(续)

电解液成分	规 范			用 途
	电流密度/(A/cm ²)	时间/s	阴极	
CrO ₃ 1g 水 100ml	6	3 ~ 5	铝	铜合金
氟硼酸 10g 水 100ml	30 ~ 45	20	铝	铝合金
氢氧化钾 10g 水 90ml	4	20	不锈钢	不锈钢

表 2-5 宏观分析不同材料所用的浸蚀剂

浸蚀剂名称	成 分	使用特点	适用范围
盐酸水溶液	盐酸 (相对密度 1.19) 50ml 水 50ml	加热至 60 ~ 70℃ 或在沸腾时用, 浸蚀时间为 15 ~ 30min	显示钢中偏析、杂质、裂缝和缩松, 主要用于碳钢
盐酸、硫酸水溶液	盐酸 (相对密度 1.19) 38ml 硫酸 (相对密度 1.84) 12ml 水 18ml	加热至 95℃ 或在沸腾时用, 浸蚀时间为 15 ~ 35min	使用同上。主要用于不锈钢。也可和强浸蚀剂一样作深浸蚀用
盐酸、硫酸水溶液	盐酸 (相对密度 1.19) 50ml 硫酸 (相对密度 1.84) 7ml 水 18ml	加热或在沸腾时用, 浸蚀时间为 15 ~ 60min, 用热水洗	用于浸蚀各种钢, 显示树枝状、纤维状组织、疏松、偏析和其他缺陷
硝酸水溶液	硝酸 (相对密度 1.49) 10ml 水 90ml	在室温时用	显示碳钢、低合金钢的粗视组织
王水	硝酸 (相对密度 1.49) 1 份 盐酸 (相对密度 1.19) 3 份	预先把溶液加热到 80℃	可显示铸态和锻造的奥氏体钢的粗视组织

三、实验方法指导

1. 实验设备及材料

金相显微镜; 砂轮机; 抛光机; 电吹风机; 20、30、45 钢试块; 不同型号的金相砂纸; 玻璃板; 4% 硝酸酒精浸蚀剂; 酒精; 竹夹子; 药棉。

2. 实验内容及步骤

- 1) 每人制备一块碳钢显微试样, 并观察和分析其显微组织。
- 2) 在砂轮机上打磨试样, 试样表面不得有锈斑、油腻及加工痕迹等, 得到平整的磨面。
- 3) 用不同型号的金相砂纸依型号按顺序从粗到细依次磨光。
- 4) 每次换砂纸时一定要把上道砂纸留下的砂粒清扫干净。
- 5) 最后一道细磨时, 砂纸放平在玻璃板上后, 一定要将待磨面轻压在砂纸上向前推进, 以便得到较好的磨面, 为抛光做好准备。
- 6) 用干净的清水反复冲洗, 将试样上的砂粒等清洗干净。
- 7) 在抛光机上进行抛光, 在抛光过程中, 要求加抛光粉或抛光膏。完成之前用干净的

抛光布进行最后抛光。

8) 用干净清水冲洗, 要求将试样上的抛光粉等污物清洗干净。

9) 选用适合的浸蚀剂进行试样浸蚀。在浸蚀过程中用棉球蘸取浸蚀剂进行擦拭, 以试样不发黑为准。

10) 用酒精冲洗干净后用热风吹干, 之后用显微镜观察金相组织。

四、实验报告要求

1) 叙述实验目的及原理。

2) 结合自己在制备显微试样过程中的体会指出操作的注意事项。

3) 画出你所制备的试样的显微组织, 注明材料、组织状态、浸蚀剂。

4) 总结分析实验中存在的问题。