

教育部新世纪高等教育教学改革工程课题研究成果

# 金属材料工程专业 实验教程

那顺桑 主编

冶金工业出版社

教育部新世纪高等教育教学改革工程课题研究成果

# 金属材料工程专业 实验教程

那顺桑 主编

刘战英 主审

北 京

冶金工业出版社

2004

## 内 容 简 介

本书为金属材料工程专业的本科生实验教学而编写,内容包括材料科学、金属热处理、材料力学性能、光学显微分析技术、材料检测技术、轧钢工艺和设备、轧制测试技术等课程的常规实验。本书既介绍了实验的基本原理,又说明了实验的操作步骤,为专门开设实验课创造了方便条件。本书还专门编写了材料检测综合技能实验,其中部分内容可结合现场实际工作和结合毕业设计的题目共同完成。

本书可作为材料专业和相关专业学生的教材,也可作为材料科学工作者的参考书和培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

金属材料工程专业实验教程 / 那顺桑主编. — 北京:  
冶金工业出版社, 2004. 5  
高等学校教学用书  
ISBN 7-5024-3417-8

I. 金… II. 那… III. 金属材料—实验—高等学校—教学  
参考资料 IV. TG14-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 008024 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)  
责任编辑 俞跃春 美术编辑 王耀忠  
责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 李玉山  
北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销  
2004 年 5 月第 1 版,2004 年 5 月第 1 次印刷  
170mm×227mm;13.5 印张;259 千字;203 页;1/2000 册  
22.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893  
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 高等教育教学改革实验教材 编委会

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 主 任 | 张玉柱 |     |     |
| 副主任 | 李福进 | 李昌存 | 谭 靖 |
| 委 员 | 崔恩良 | 王志江 | 阚连合 |
|     | 梁英华 | 贾晓鸣 | 侯国强 |
|     | 艾立群 | 郭立稳 | 封孝信 |
|     | 邹继兴 | 富 立 | 刘廷权 |
|     | 韩润春 |     |     |

## 序

21 世纪是信息时代,是经济大发展的时期,时代要求培养更多的高素质、高能力、有开拓进取精神的创新型人才。高等院校培养这种新型人才,实验教学是不可或缺的重要手段。实验教学是培养学生能力的重要途径,不仅要使学生通过实验来掌握基本实验手段,更重要的是要使学生具备应用这些手段从事科学研究的独立工作能力。在实验教学中,仅仅传授实验技术是不够的,必须注重学生能力的培养,使学生在知识和能力方面得到全面发展。古人云:“授之以鱼,只供一饭之需;教人以渔,则终生受用无穷。”培养能力无异于给学生一把开启知识之门的钥匙,有了这把钥匙才能使他们在知识的海洋里泛舟冲浪。21 世纪的高等教育要求彻底改变实验教学的地位。要想从根本上解决问题,应该根据培养能力的要求,建立实验教学的体系,打破实验教学依附于理论教学、为理论教学服务的传统观念,以全面培养学生综合素质,培养学生科学研究思维方法、开发应用工程技术的综合能力、创新思维和分析问题解决问题的能力为主线,构建与理论教学平行并存、相辅相成的实验教学的新体系。

按教育部新世纪高等教育教学改革工程的要求,我们组织教师编写了这套实验教材,力求立意新颖,框架结构、章节层次安排合理,重点、难点处理得当,符合教学规律。此外,还要求具有以下特点:一是处理好与理论课的关系,建立独立的实验教学体系;二是设计性、综合性和创新型实验占有相当比例,并大多自成章节;三是对实验理论和实验方法均有比较系统的论述,有利于学生整体科研素质的培养和提高;四是对实验中常用的仪器,尤其是新型仪器设备的原理、构造、操作规程有较详尽的介绍,且附有一些常用的国标、图表和数据,使学生既可以学习掌握查找文献、数据的方法,又可在今后的工作中将本书作为参考书使用。

系统地编写实验教材,我们才刚刚起步,书中不成熟、不完善之处在所难免。愿编者在以后的教学实践中,不断积累经验、不断完善,使教材更加丰满成熟;愿更多的教师和实验技术人员关心和参与实验教材的编写工作;愿实验教材的百花园中再添奇葩。

河北理工大学校长

河北省高校实验室工作研究会副理事长

张 玉 柱

# 前 言

根据国家教育部专业调整目录,过去的金属学及热处理专业、铸造专业、焊接专业、金属压力加工专业、粉末冶金专业等专业合并为金属材料工程专业。学科内容发生了较大的变动。课程体系为适应发展的需要,也进行了很多方面的改革。

金属材料工程专业在本着加强理论教学的同时,大力加强实验教学,以培养学生既有深厚的理论功底,又有多方面的动手试验研究能力为目标,编写了“金属材料工程专业实验教程”一书。实验和试验研究是理工科大学生必备的知识能力,也是学习知识、掌握技能的重要环节。实验教学的重要性人所共知,但一些实验分别属于几门课程,相互联系不够密切,在安排上总存在缺憾。为了使实验教学既与课程相联系,又有其实验教学的独特性,我们将专业实验作为一门课程来完成,这也是我们编写专业实验教程的初衷。

本书包括金属学、金属材料及热处理、热处理工艺及设备、金属材料性能学、光学显微分析技术、材料检测技术、金属塑性变形理论、金属塑性加工工艺及设备、轧钢测试技术等课程的专业实验,但未包括材料物理性能实验和金属 X 射线及电子显微分析两个方面的实验。鉴于学科发展的需要,为学生安排了尽可能全面的动手实验,并且特意编写了综合技能实验,其中有些内容可以结合毕业实践完成。随着学科内容的扩充,大学课程学习的学时显得有些紧张。为了能够在 40 学时左右的时间内完成实验教学,本教程在实验内容上做了较多的探索性努力,如材料弹性常数测定,材料残余应力测定和综合技能实验等主要以提高综合能力为目标,在具体实验时根据条件,可以有选择地完成部分内容。

本书由那顺桑主编,参加编写的有那顺桑(编写总论,实验 8、11、12、13、14、15、16、17、19、31、32、33、34、35、36、37、38、39)、田薇(编写实

验 1、2、3、4、9)、杨海丽(编写实验 5、6、7、10)、杨方敏(编写实验 18、20、21、22、28、37)、任吉堂(编写实验 30)。张翠梅绘制了部分插图。全书由刘战英主审。

由于编者水平所限,书中不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

作者

于河北理工大学

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 总论                          | 1   |
| 实验一 金相样品的制备与显微组织的显露         | 6   |
| 实验二 金属铸锭组织                  | 11  |
| 实验三 金属的变形与再结晶               | 15  |
| 实验四 铁碳合金平衡组织观察              | 17  |
| 实验五 碳素钢的热处理                 | 28  |
| 实验六 钢热处理后的组织与性能             | 34  |
| 实验七 渗碳及热处理后的组织观察            | 45  |
| 实验八 金属材料的硬度                 | 51  |
| 实验九 晶粒度的测定                  | 62  |
| 实验十 钢的淬透性测定                 | 67  |
| 实验十一 金属材料的冲击实验及低温韧性         | 71  |
| 实验十二 残余应力的测定                | 76  |
| 实验十三 金属疲劳试验                 | 80  |
| 实验十四 金属平面应变断裂韧度 $K_{IC}$ 试验 | 96  |
| 实验十五 金属疲劳裂纹扩展速率试验           | 105 |
| 实验十六 金属拉伸、压缩屈服性能的测定         | 112 |
| 实验十七 金属的弹性常数测定              | 117 |
| 实验十八 最大咬入角及摩擦系数的确定          | 122 |
| 实验十九 轧制时前、后滑值的测定            | 125 |
| 实验二十 中厚板的轧制方法对钢板形状的影响       | 128 |
| 实验二十一 二辊斜轧穿孔时产生附加变形         | 131 |
| 实验二十二 延伸孔型系统的调整             | 135 |
| 实验二十三 电阻应变片粘贴技术             | 138 |
| 实验二十四 电阻应变片在电桥中的接法          | 140 |
| 实验二十五 动态电阻应变仪的调试与使用         | 143 |
| 实验二十六 计算机信号采集系统             | 145 |
| 实验二十七 电阻应变式测力传感器的标定         | 147 |
| 实验二十八 切分轧制                  | 149 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 实验二十九 实测轧制力、轧制力矩 .....    | 164 |
| 实验三十 轧机刚度测定 .....         | 161 |
| 实验三十一 测定金属的氧化速度 .....     | 166 |
| 实验三十二 普通铸铁显微组织分析 .....    | 169 |
| 实验三十三 球墨铸铁加热过程的组织转变 ..... | 173 |
| 实验三十四 金属的凝固过程观察 .....     | 175 |
| 实验三十五 铸造条件对铸件组织的影响 .....  | 177 |
| 实验三十六 焊口的组织检验 .....       | 181 |
| 实验三十七 焊口金属的缺陷检验 .....     | 184 |
| 实验三十八 金属的时效及时效分析 .....    | 189 |
| 实验三十九 材料检测综合技能实验 .....    | 192 |
| <b>参考文献</b> .....         | 203 |

# 总 论

---

很早人们就明确,材料、能源和信息是国民经济的三大支柱。也就是说材料、能源和信息是人类文明的三大要素。人们通常把材料分成工程材料和功能材料。而工程材料又分成金属材料、无机非金属材料和高分子材料三大类。人类认知自然的过程是从了解自然的特性开始的。人们对所使用的材料的认识也是从材料性质开始的。“性质”在英文中有3个比较相近的用词:Property(性质)、Function(功能)和 Performance(表现)。我们叫做材料性质的时候已经包含了材料的功能、材料的表现和行为。我们选择和鉴别材料的根据是材料的性质;同样我们利用对材料性质的了解去生产或者使用材料。

材料工作者在研究材料的结构、组织、工艺和性能之间关系的时候经常讨论到上述一些名称的含义。有很多人认为,现代科学技术的进步已经淡化了组织和结构这两个概念的界限,因而这两个概念已经没有区别了。但我们认为,可以从比较实用的角度去理解这些概念:

(1)组织主要是指观察到的形貌,无论是肉眼观察到的低倍形态、扫描电子显微镜观察到的具有相当景深和富有立体感的断口形貌,还是扫描显微镜观察到的原子图像,都可以把它理解为以视觉感官功能做主要判别和分析的直观的二维信息。

(2)结构则是构成材料的微观粒子(指分子、原子、离子、原子团等)在物质内部三维空间的排布方式和组态,例如,体心立方、面心立方、位错、层错、晶界和旋错,这些又是三维的信息。因而差别还是存在的。

与之相比较“性能”和“工艺”可以理解为,从很多不同的角度去描述材料、判定材料的多维信息。

金属材料科学在欧美大多数国家被称做物理冶金,它包含了我们称之为金属材料学、金属物理、金属材料及热处理等多门课程。材料科学是依赖于试验的科学。它已经取得的成绩和为人类所做出的贡献,是建立在严谨、有效和卓越的试验基础上,它的继续发展和进一步完善,同样建立在严谨、有效和卓越的试验基础上。科学试验和教学实验是培养学生最重要的环节和必不可少的手段。随着所学知识的深化,实验(试验)的重要性变得更加显著。在学校顺利地完成实验环节会使一个人的学习经历变得丰富多彩和掌握的知识扎实有效。实验不仅是学习的必要环节,而且又是提高理论水平和检验所学知识的真实性必不可少的智能训练。没有

一个科学家是轻视实验的。参加实验的态度表示一个人接受知识和自我能力提高的表现。完成实验的质量是一个人动手能力和知识水平的综合体现。实验环节需要做到如下几方面:

(1)比较熟练地掌握同期进行的理论教学的相关内容。

(2)要安下心来认真地阅读实验教程,对要进行的试验,从原理上、操作步骤上、使用的仪器设备方面都要尽量了解清楚。

(3)实验之前要认真听取实验讲解,按规范进行操作,注意观察实验中出现的各种现象和结果,认真地记录实验数据,安全、正确地使用仪器设备,节约实验消耗材料。

(4)每一个实验结束后写出一份独立完成的、符合要求的、水平较高的实验报告。

为了顺利完成试验环节,在平时工作中可能用到或需要常见的单位,下面列出常见的单位和量纲,以及它们之间的互换关系。它们是我们进行研究和探索的工具,也是做出报告或结论的依据。

## 一、SI 基本单位制

国际单位制如表 1 至表 5 所示,以表 1 中的 7 个基本单位为基础。

表 1 SI 基本单位

| 量的名称  | 单位名称   | 单位符号 |
|-------|--------|------|
| 长度    | 米      | m    |
| 质量    | 千克(公斤) | kg   |
| 时间    | 秒      | s    |
| 电流    | 安[培]   | A    |
| 热力学温度 | 开[尔文]  | K    |
| 物质的量  | 摩[尔]   | mol  |
| 发光强度  | 坎[德拉]  | Cd   |

注:1. 圆括号中的名称是它前面词的同义词。

2. 无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号中的字,在不引起混淆、误解的情况下可以省略,去掉方括号中的字即为其名称的简称。

3. 标准所称的符号,除特殊指明外,均指我国法定计量单位中所规定的符号以及国际符号。

4. 人民生活和贸易中,质量习惯称为重量。

表 2 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

| 量的名称           | SI 导出单位 |                    |                                                |
|----------------|---------|--------------------|------------------------------------------------|
|                | 名称      | 符号                 | 用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示                           |
| [平面]角          | 弧度      | rad                | $1\text{rad}=1\text{m}/\text{m}=1$             |
| 立体角            | 球面度     | sr                 | $1\text{sr}=1\text{m}^2/\text{m}^2=1$          |
| 频率             | 赫[兹]    | Hz                 | $1\text{Hz}=1\text{s}^{-1}$                    |
| 力              | 牛[顿]    | N                  | $1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ |
| 压力、压强、应力       | 帕[斯卡]   | Pa                 | $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$              |
| 能[量], 功, 热量    | 焦[耳]    | J                  | $1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$             |
| 功率、辐[射能]通量     | 瓦特      | W                  | $1\text{W}=1\text{J}/\text{s}$                 |
| 电荷[量]          | 库[仑]    | C                  | $1\text{C}=1\text{A}\cdot\text{s}$             |
| 电压、电动势、电位(电势)  | 伏[特]    | V                  | $1\text{V}=1\text{W}/\text{A}$                 |
| 电容             | 法[拉]    | F                  | $1\text{F}=1\text{C}/\text{V}$                 |
| 电阻             | 欧[姆]    | $\Omega$           | $1\Omega=1\text{V}/\text{A}$                   |
| 电导             | 西[门子]   | S                  | $1\text{S}=1\Omega^{-1}$                       |
| 磁通[量]          | 韦[伯]    | Wb                 | $1\text{Wb}=1\text{V}\cdot\text{s}$            |
| 磁通[量]密度, 磁感应强度 | 特[斯拉]   | T                  | $1\text{T}=1\text{Wb}/\text{m}^2$              |
| 电感             | 亨[利]    | H                  | $1\text{H}=1\text{Wb}/\text{A}$                |
| 摄氏温度           | 摄氏度     | $^{\circ}\text{C}$ | $1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$                  |
| 光通量            | 流[明]    | lm                 | $1\text{lm}=1\text{cd}\cdot\text{sr}$          |
| [光]照度          | 勒[克斯]   | lx                 | $1\text{lx}=1\text{lm}/\text{m}^2$             |

表 3 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

| 量的单位  | 单位名称  | 单位符号       | 与 SI 单位的关系                                 |
|-------|-------|------------|--------------------------------------------|
| 时间    | 分     | min        | $1\text{min}=60\text{s}$                   |
|       | [小]时  | h          | $1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$      |
|       | 日,(天) | d          | $1\text{d}=24\text{h}=86400\text{s}$       |
| [平面]角 | 度     | $^{\circ}$ | $1^{\circ}=(\pi/180)\text{rad}$            |
|       | [角]分  | '          | $1'=(1/60)^{\circ}=(\pi/10800)\text{rad}$  |
|       | [角]秒  | "          | $1''=(1/60)'=(\pi/648000)\text{rad}$       |
| 体积    | 升     | L, l       | $1\text{L}=1\text{dm}^3=10^{-3}\text{m}^3$ |

表 4 SI 词头

| 因 数        | 词头名称  |       | 符 号   |
|------------|-------|-------|-------|
|            | 英 文   | 中 文   |       |
| $10^{24}$  | yotta | 尧[它]  | Y     |
| $10^{21}$  | zetta | 泽[它]  | Z     |
| $10^{18}$  | exa   | 艾[可萨] | E     |
| $10^{15}$  | peta  | 拍[它]  | P     |
| $10^{12}$  | tera  | 太[拉]  | T     |
| $10^9$     | giga  | 吉[咖]  | G     |
| $10^6$     | mega  | 兆     | M     |
| $10^3$     | kilo  | 千     | k     |
| $10^2$     | hecto | 百     | h     |
| $10^1$     | deca  | 十     | da    |
| $10^{-1}$  | deci  | 分     | d     |
| $10^{-2}$  | centi | 厘     | c     |
| $10^{-3}$  | milli | 毫     | m     |
| $10^{-6}$  | micro | 微     | $\mu$ |
| $10^{-9}$  | nano  | 纳[诺]  | n     |
| $10^{-12}$ | pico  | 皮[可]  | p     |
| $10^{-15}$ | femto | 飞[母托] | f     |
| $10^{-18}$ | atto  | 阿[托]  | a     |
| $10^{-21}$ | zepto | 仄[普托] | z     |
| $10^{-24}$ | yocto | 幺[科托] | y     |

表 5 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

| 名 称  | 单 位 名 称 | 符 号           | 换 算 关 系                                                    |
|------|---------|---------------|------------------------------------------------------------|
| 质量   | 吨       | t             | $1\text{t}=10^3\text{kg}$                                  |
|      | 原子质量单位  | u             | $1\text{u}\approx 1.660\,540\times 10^{-27}\text{kg}$      |
| 旋转速度 | 转每分     | r/min         | $1\text{r/min}=(1/60)\text{s}^{-1}$                        |
| 长度   | 海里      | nmile         | $1\text{n mile}=1852\text{m}$ (只用于航行)                      |
| 速度   | 节       | kn            | $1\text{kn}=1\text{n mile/h}(1852/3600)\text{m/s}$ (只用于航行) |
| 能    | 电子伏     | eV            | $1\text{eV}\approx 1.602177\times 10^{-19}\text{J}$        |
| 级差   | 分贝      | dB            |                                                            |
| 线密度  | 特[克斯]   | tex           | $1\text{tex}=10^{-6}\text{kg/m}$                           |
| 面积   | 公顷      | $\text{hm}^2$ | $1\text{hm}^2=10^4\text{m}^2$                              |

## 二、国际单位制中的基本常数

|                            |              |                                                                                                                                        |
|----------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 光速                         | $c$          | $2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$                                                                                                        |
| 电子电荷                       | $e$          | $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$                                                                                                      |
| 电子的质量                      | $m$          | $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$                                                                                                     |
| 原子质量单位                     | $u$          | $1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$                                                                                                    |
| 普朗克常量                      | $h$          | $6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$                                                                                       |
| 玻耳兹曼常数                     | $k$          | $1.380 \times 10^{-23} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 8.616 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$                                      |
| 阿伏伽德罗常数                    | $N_A$        | $6.022 \times 10^{23} (\text{g} \cdot \text{mol})^{-1} = 6.023 \times 10^{26} (\text{kg} \cdot \text{mol})^{-1}$                       |
| 在 $0^\circ\text{C}$ 和一个大气压 |              |                                                                                                                                        |
| 下理想气体的容积                   | $V_0$        | $22.41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{g} \cdot \text{mol})$                                                                         |
| 重力加速度                      | $g$          | $9.781 \text{ m/s}^{-2}$                                                                                                               |
| 法拉第常数                      | $F$          | $9.649 \times 10^4 \text{ C/mol}$                                                                                                      |
| 真空磁导率                      | $\mu_0$      | $4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}(\text{亨利/米})$                                                                                         |
| 真空电容率                      | $\epsilon_0$ | $8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}(\text{法拉/米})$                                                                                       |
| 气体常数                       | $R$          | $8.314 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{mol} \cdot \text{K}) = 8.314 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{mol} \cdot \text{K})$ |

# 实验一 金相样品的制备与显微组织的显露

## 一、实验目的

- (1)掌握金相样品的制备过程；
- (2)熟悉显微组织的显露方法。

利用金相显微镜来研究金属和合金组织的方法叫显微分析法。它可以解决金属组织方面的很多问题,如非金属夹杂物,金属与合金的组织,晶粒的大小和形状,偏析、裂纹以及热处理操作是否合理等。

金相样品是用来在显微镜下进行分析、研究的试样,所以对金相样品的观察面光洁度要求较高,要求达到镜面一样光亮,无一点划痕。

## 二、金相样品的制备过程

金相样品的制备过程包括取样、磨光、抛光、腐蚀等步骤。

### (一)取样

金相样品的取样部位对金相分析较为重要。取样的部位及观察面的选择应根据被检验材料或零件的特点、加工工艺及分析研究的目的来确定,一定要具有代表性以达到研究金属或合金的目的。

例如:对于铸造合金,考虑到组织的不均匀性,样品应从表层到中心的各典型部位截取,研究零件的失效原因时,应在失效部位和完好的部位分别取样,以便对比分析;对于轧材,研究表层缺陷,如夹杂物分布时,应横向取样,研究夹杂物类型、形状,材料的变形程度,晶粒拉长程度,带状组织时,应纵向取样;研究热处理件时,因组织较为均匀可随意取样;对于表面处理的零件,样品主要取自表面层。

取样时应保证试样观察面不发生组织变化。软材料取样用锯、车、刨等方法截取;硬质材料可用金刚砂轮片切割;硬脆材料可用锤击取样。必须用电、气焊切割时,应防止过热和过烧。切口应距试样面 50~100mm。试样的大小应以手拿操作方便及便于观察即可。样品的形状一般大小如图 1-1 所示。

形状不规则或太小的(细丝和薄片)试样,为了便于制备,应将样品用试样夹夹住或用低熔点金属、电木粉或环氧树脂镶嵌成尺寸适合手握的试样,如图 1-2 所示。

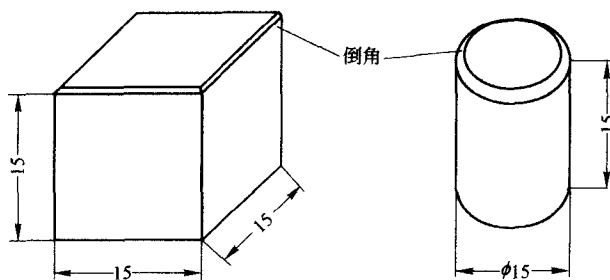


图 1-1 试样的尺寸

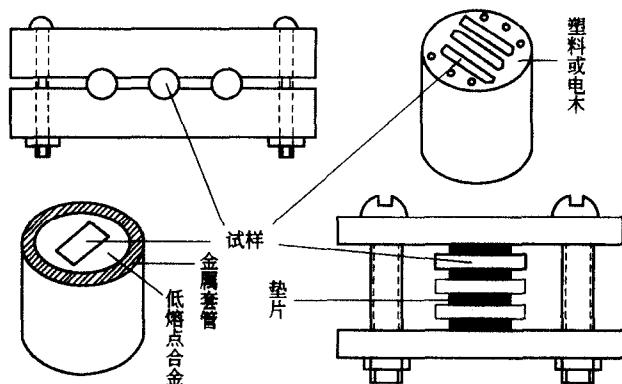


图 1-2 试样的镶嵌

## (二) 磨光

磨光分人工磨光和机械磨光两种方法。

### 1. 人工磨光

截取的试样表面凹凸不平,首先用 40~60 目(1 目=0.00147mm)的砂轮进行初次整平(或用钢锉锉平),称为粗磨,粗磨时要防止样品过热,引起组织变化,常用水冷却;为防止在细磨中刮坏砂纸,应将样品的棱角倒掉(表面热处理试样除外)。

细磨在粒度不同的水砂纸和金相砂纸上按由粗到细的顺序进行(常用的水砂纸为 200~400 号,越大粒度越细);金相砂纸为(1~5 号)。磨制时要注意:每换一号砂纸,样品要掉转 90°(也就是与上一号砂纸的磨痕方向相垂直),将上一号砂纸的磨痕全部磨掉后,再更换更细一号砂纸。

注意事项:磨样时要把砂纸垫平,用力要均匀,方向要一致,防止来回磨和左右磨,以便观察上一道砂纸的磨痕是否完全被磨掉。

磨软材料时,可在砂纸上涂一层润滑油,如机油、煤油、甘油、肥皂水等,以免砂粒嵌入样品表面。