

高等
学校

机械工程材料及 材料成型技术基础 实验指导书

葛春霖 编
盖雨聆

教学
用书

GAODENG XUOXIAO JIAOXUE YONGSHU

冶金工业出版社

高等学校教学用书

机械工程材料及材料成型技术基础

实 验 指 导 书

葛春霖 盖雨聆 编

北 京

冶金工业出版社

2001

内 容 提 要

本书是为机械、机电类专业本科生的机械工程材料和材料成型技术基础或机械制造基础、金属工艺学课程实验教学编写的指导书,包括 11 个实验项目。全部实验内容以如何选材、材料改性、零件结构工艺性分析、选择加工方法、评价加工工艺为主线,有较强的系统性、连续性、综合性、实用性。综合性实验力求给学生创造一个自我实现、自我发展的真实情境,调动学生情感投入,为素质教育、创造性教育创造了有利条件。非机类专业的机械制造基础或金属工艺学等课程,可从中选做部分实验。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程材料及材料成型技术基础实验指导书/葛春霖,盖雨聆编. —北京:冶金工业出版社,2001.9
高等学校教学用书
ISBN 7-5024-2826-7

I. 机… I. ①葛… ②盖… II. 机械制造材料-成型-实验-高等学校-教材 N. TH14-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 052272 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 宋良 美术编辑 王耀忠 责任校对 杨力 责任印制 李玉山
北京昌平百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销
2001 年 9 月第 1 版, 2001 年 9 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16; 5.5 印张; 129 千字; 78 页; 1-4000 册
9.00 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)

前 言

当前,我国的高等教育正在进行着前所未有的改革,教育方法正处在从应试教育向素质教育转变的过程中,人才培养目标也正在从掌握科学知识,改造世界观,向培养高素质、有创新能力的人才方向转变。因此,实验教学的作用正在被重新认识,实验教学的地位也正在被重新调整。

根据第三次全教会和《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》以及教育部的有关指示精神,几年来,我们对机械类专业本科的机械工程材料和材料成型技术基础课程的实验教学,从实验内容和教学方法上都进行了较大的改革,并取得良好效果,获得了2000年北京市高等教育教学成果二等奖。本书是在教学改革实践中产生的。

一、编写原则

(1) 实验学时。按机械工程材料与材料成型技术基础两门课程80~100总学时计算,实验教学约占30%,实验成绩各占两门课程总分的30%(各校可根据具体情况适当调整,例如占计划内学时20%,占计划外学时10%等)。

(2) 实验内容。作为技术基础课程的机械工程材料与材料成型技术基础,内容庞杂,知识面广,且新材料、新工艺层出不穷,而教学时数不多,实验教学时数更少。在有限的实验学时内,包罗万象,面面俱到是不实际的。若将实验内容包装成仅供品尝的小袋杂拌糖,则无异于把本科教育降低到科普教育的水平。本书紧紧抓住课程的主旨精髓,精选实验项目,使实验教学内容具有连续性、系统性、综合性、实用性,并适当提高实验项目的难度。本书编入的11个实验项目,其中8个是必做项目。另有3个选做项目是考虑到学生的兴趣、爱好、精力、要求不同而设立的,学生可根据情况自由选做。在8个必做项目中,6个属于基本技能训练,可用较少的时间完成,重点放在两个综合实验上。另外,还鼓励学生自己设计新的实验项目,或主动要求做本指导书以外的其他实验项目。在实验室基本条件许可的情况下,凡有学生提出要求,一概予以支持。在有的实验后面列出了一些参考书目,供学生阅读、参考,可以拓展知识面,开阔思路,在实验中增加思维的深度和广度。

(3) 教学方法。本书内容是按开放式实验教学法编写的,因此,实行开放式实验教学法,才能够收到更好的效果。

编写中,我们密切关注国内高校教育改革的发展趋势,明确了要逐步改变长期以来实验教学作为课堂教学的辅助教学手段的地位,向实验教学独立设课过渡,为实行学分制创造条件。

二、指导思想

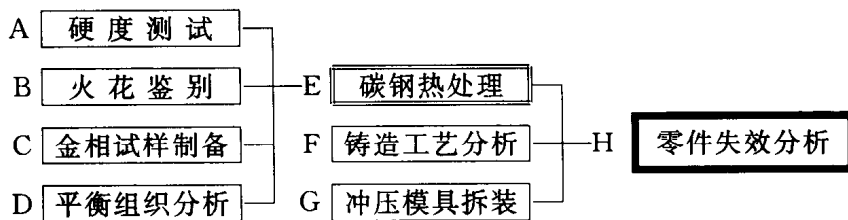
下面是编写本实验指导书的指导思想,也希望使用本书的老师和同学予以理解和支持。

(1) 在科学技术迅猛发展,知识老化(陈旧)率也迅速增长的今天,虽然更新、充实教学内容是一种补救措施,但仍无法保证学生毕业后能适应迅速变化的科技发展形势而站在时代潮流的前端,所以,根本对策是培养学生的能力——开发知识的能力和创新能力。只有具备了这些能力,不管形势如何变化,毕业生都可以跟上时代的步伐。

课堂教学传授的是间接知识，知识的载体是教材，教材上的内容是相对固定的东西，而鲜活的科学知识只存在于生产实践，存在于科学实验中。正因为如此，发达国家工科院校把实验教学、课堂教学和毕业设计作为大学教学的三足鼎，而学生在大学学习的时间，一半以上是在实验室度过的。面对世界知识经济大潮，我国正在进行一场意义深远的教育改革，人们对实验教学的作用和地位的认识，也正在发生着新的、深刻的变化。

(2) 课堂教学重视的是结论性的知识，以及对结论的各种解释；实验教学重视的是过程，是条件。一个科学过程，总是在一定的条件下完成的，实现一定的实验条件是科学实验成败的关键。所以，整个科学过程的条件如何实现，才是实验教学的核心，而这正是课堂教学由于客观条件无法顾及而常常被忽视的东西。科学实验把“为什么”式的问题转换成“如何”式的问题。一个“为什么”解决了，又会出现新的“为什么”。在一些“为什么”取代另一些“为什么”的时候，科学已经取得了不小的进步。学生就是在解决一个个“为什么”的过程中，获得了知识——不同于书本的、鲜活的、生动的知识；培养了能力和素质——具有创造力的能力和素质。课堂教学的作用是给学生画框框，没有规矩不成方圆；实验教学的作用是要教会学生如何去打破框框，学生要在打破框框的过程中去实现自我，去创造，去学习和掌握新的知识。

(3) 本书的实验教学内容包括两部分：实验基本技能训练和综合实验。教学内容组织方法如下图所示。其中 A、B、C、D 是基本技能训练，为综合性实验 E“碳素钢热处理”作技术准备，而实验 ABCDE 及 F、G 两个工艺分析实验又是为综合实验 H“零件失效分析”作技术准备。没有前面七个实验的基础，实验 H 是无法完成的。



(4) 本实验教学目的主要体现在两个综合实验上。E、H 两个综合实验涵盖了本课程的全部重要内容。“碳钢热处理”实验可以使学生深刻理解金属材料化学成分——显微组织——机械性能之间的密切关系和变化规律，以及如何根据零件的设计要求正确选材，如何发挥金属材料的最大潜力，如何通过不同的热处理方法改变材料的性能，使之满足零件在加工过程中的工艺要求和最终使用要求。“零件失效分析”则通过失效模式和失效原因的分析，对正确选材用材，正确分析零件结构的工艺性，正确选择加工方法，正确评价加工工艺，正确安装使用零件对零件使用寿命的影响等知识，有较全面的理解和应用能力，为机械设计打下良好的基础。

通过各项基本技能训练和综合实验等教学过程，要求学生达到以下要求：

(1) 正确熟练地掌握实验中必要的仪器设备的结构、原理、使用范围、操作方法和注意事项；

(2) 学会细心观察实验现象，正确采集实验数据，善于用理论分析实验中各种现象及其变化规律；

(3) 实验中积极主动，胆大心细，训练科学、严谨、创新、求实的作风；切忌马虎，浮躁，人云亦云，捕风捉影，弄虚作假等不良习惯，杜绝不可靠的实验结果；

(4) 爱护仪器设备，不违规操作，发现问题自己不能处理的要及时报告；培养节约用水用电，随手关水关电，保持室内卫生的良好习惯。

本书由北京机械工业学院葛文禄教授和崔周平研究员审定，并由教育部“机械基础课程教学指导分委员会”副主任委员、清华大学傅水根教授作序，在此一并致谢。本书内容经过两年的教学实践，取得了良好的效果，现作为正式教材出版，希望与兄弟院校交流，共同促进实验教学改革。

编者

2000年11月15日

序 言

我国的高等教育正由应试教育向素质教育过渡，而贯彻素质教育方针的重要一环，是增强学生的工程实践能力，即借助于各种工程训练和实验教学的方式，培养学生仔细地观察现象，经过深入思考提出问题，继而利用已经学过的知识和边界条件，缜密地分析问题并能动地去解决问题。

组织学生参加一定数量的实验，正是培养学生工程实践能力的一个重要途径。而工程实践能力的提高，对培养和实现学生的创新思维具有非常重要的意义。葛春霖和盖雨聆老师编写的《机械工程材料及材料成型技术基础实验指导书》包括 11 个实验，其主要部分为基本理论和基本技能训练，另外包容了一些重要的综合性实验，如实验九“冲压模具拆装”、实验十“塑料粘接与焊接”和实验十一“零件失效分析”。本书较好地贯彻了实验改革的思想，所介绍的实验都与发展中的生产实际紧密结合，非常有助于培养学生的工程实践能力，而且有助于学生毕业后与社会工业需求接轨，并在北京机械工业学院的实验教学中取得了良好的教学效果。希望本书的出版，给正在广泛开展的技术基础课程实验改革再添上一把火。

清华大学



2000 年 12 月 29 日

目 录

实验一	金属材料硬度测试	1
实验二	钢铁材料的火花鉴别	8
实验三	金相试样制备及金相显微镜的使用	13
实验四	铁碳合金平衡组织观察分析	18
实验五	碳素钢热处理(综合性实验)	23
实验六	碳素钢热处理显微组织观察分析(选做)	33
实验七	合金钢及铸铁显微组织观察分析(选做)	37
实验八	零件结构的铸造工艺性分析	42
实验九	冲压模具拆装	46
实验十	塑料粘接与焊接(选做)	48
实验十一	机械零件失效分析(综合性实验)	55
附录		74
附表 I	压痕直径与布氏硬度对照	74
附表 II	洛氏硬度 HRC 与其他硬度及强度换算	76
附表 III	常用的化学浸蚀剂	77
参考文献		78

实验一 金属材料硬度测试

1 实验目的

- (1) 了解硬度实验的种类、特点及用途；
- (2) 了解布氏硬度计和洛氏硬度计的结构、实验原理及应用范围；
- (3) 学会布氏硬度计和洛氏硬度计的操作和应用。

2 基本知识

2.1 硬度实验的特点及用途

硬度实验由于设备简单，操作迅速方便，同时又能敏感地反映材料的化学成分及组织结构的差异，因而除了用来检测材料的当前硬度值以外，还被广泛用来检查热处理工艺质量或研究热处理相变过程。例如，不同含碳量的钢在淬火后，硬度值与马氏体量及其含碳量间有良好的对应关系；对于给定的淬火钢，其硬度取决于回火温度及保温时间；合金的硬度值随冷作硬化程度的增大而上升，又随退火软化程度的增大而下降；时效合金在沉淀强化过程中的硬度值呈规律性变化，等等。由于仅在金属表面产生很小的压痕，因而大多数零件都可以直接进行产品硬度检验而无须特别加工试件。此外，硬度实验易于检查金属表面层的情况，例如脱碳与增碳，表面淬火以及化学处理后的表面硬度与强化层深度等等。

根据大量的实验数据，金属的硬度与强度之间可以找出粗略换算的经验公式，从而可以通过硬度测试初步估计材料的强度水平。另外，硬度与冷成型性、切削性、可焊性等工艺性能之间也存在着某些联系，可作为选择加工工艺时的参考。

2.2 硬度实验的原理、硬度计的结构及操作方法

硬度实验的方法很多，使用最广泛的是压入法。压入法就是把一个很硬的压头（压陷器）以一定的压力压入试样的表面，使试样产生压痕，然后根据压痕的大小确定硬度值。压痕越大，材料越软；压痕越小，材料越硬。根据压头的几何形状、尺寸等条件，常用的压入法可分为布氏法、洛氏法和维氏法三种。

2.2.1 布氏硬度

2.2.1.1 原理

将直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球，在一定的载荷 P 的作用下，压向被测金属表面（图 1-1），保持一定时间，然后卸除载荷。根据钢球在金属表面所压出的压痕面积 $F_{\text{压}}$ 求出平均应力值，以此作为硬度值的计量

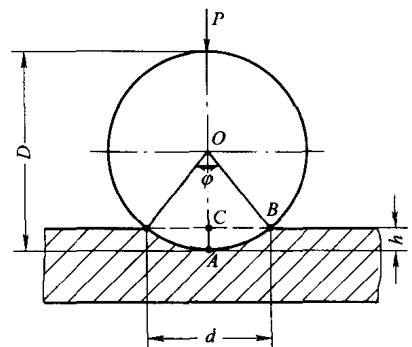


图 1-1 布氏硬度实验原理图

指标，并用符号 HB 表示。

$$HB = \frac{P}{F_{\text{压}}} \quad (1-1)$$

式中 HB——布氏硬度值；

P ——载荷 (kgf)；

$F_{\text{压}}$ ——压痕面积 (mm^2)。

请读者注意，按国际单位制的规定，载荷的单位应为 N (牛)。但考虑到工程上的实用性，本书中载荷单位仍沿用 kgf (千克力)

由几何学知压痕面积 $F_{\text{压}} = \pi Dh$ (1-2)

式中 D ——钢球直径 (mm)；

h ——压痕深度 (mm)。

由于测量压痕直径 d 比测量压痕深度容易，因此将式 (1-2) 中的 h 用 d 表示。由图 1-5 可知：

因为
$$\frac{1}{2}D - h = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

所以
$$h = \frac{1}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad (\text{mm}) \quad (1-3)$$

将式 (1-3) 和式 (1-2) 带入式 (1-1)，得

$$HB = \frac{P}{F_{\text{压}}} = \frac{P}{\pi Dh} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-4)$$

在实际工作中，只需测出压痕直径 d ，根据已知 D 和 P 值即可直接查表得出 HB 值。由于金属材料有软有硬，所测工件有厚有薄，因此必须根据具体情况采用不同的载荷 P 和钢球直径 D 。

由图 1-2 可知：

$$\frac{D}{2} \sin \frac{\phi}{2} = \frac{d}{2} \quad \text{即} \quad d = D \sin \frac{\phi}{2} \quad (1-5)$$

把上式代入式 (1-4)，得

$$HB = \frac{P}{D^2} \left[\frac{2}{\pi \left[1 - \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\phi}{2}} \right]} \right] (\text{kg/mm}^2) \quad (1-6)$$

式 (1-6) 说明，当 ϕ 为常数时，为使 HB 值相同， $\frac{P}{D^2}$ 也应保持为一定值，因此对同一材料，不论采用何种大小的钢球，只要能满足 $\frac{P}{D^2} = \text{常数}$ ，所得 HB 值是一样的；对于不同材料，所得 HB 值也可进行比较。

布氏硬度实验规定了三个要素：

- (1) 钢球直径：根据试样厚度选择；
- (2) 载荷：根据钢球大小和被测材料种类选择；
- (3) 加载持续时间：根据被测金属种类选择。

按照国标 GB231—63 规定，三要素的选择及适用范围如表 1-1 所示。

表 1-1 布氏硬度试验规范

金属种类	布氏硬度值范围 (HB)	试样厚度/mm	负荷 P 与钢球直径 D 的相互关系	钢球直径 D /mm	负荷 P /kg	负荷保持时间/s
黑色金属	140~450	6~3	$P=30D^2$	10.0	3000	10
		4~2		5.0	750	
		<2		2.5	187.5	
	<140	>6	$P=10D^2$	10.0	1000	10
		6~3		5.0	250	
有色金属	>130	6~3	$P=30D^2$	10.0	3000	30
		4~2		5.0	750	
		<2		2.5	187.5	
	36~130	9~3	$P=10D^2$	10.0	1000	30
		6~3		5.0	250	
8~35	>6	$P=2.5D^2$	10.0	250	60	

2.2.1.2 布氏硬度测定的技术要求

- (1) 试样表面必须平整光滑，以使压痕边缘清晰，保证精确测量压痕直径 D 。
- (2) 压痕离试样边缘应大于钢直径 D 。两压痕之间距离不小于 D 。
- (3) 用读数显微镜测量压痕直径 d 时，应从相互垂直的两个方向上进行，取其平均值。
- (4) 用淬火钢球做压头测得的硬度值以符号 HBS 表示；用硬质合金球作压头测得的硬度值以符号 HBW 表示。为了表示实验条件，可在符号 HBS 或 HBW 后面标 $D/P/T$ 。如 180HBS/10/3000/10，即表示硬度是在 $D=10\text{mm}$ 的淬火钢球做压头， $P=3000\text{kgf}$ ， $T=10\text{s}$ 的条件下所测得的布氏硬度值为 180。

2.2.1.3 布氏硬度计的构造与操作

【布氏硬度计的构造】 图 1-2 是 HB-3000 型布氏硬度计结构图。它由机体、工作台、减速器、杠杆机构、换向开关等部分组成。

①机体与工作台。在铸铁机体 14 的前台面中装有套筒 26、螺杆 23，螺杆上装有工作台立柱 22；可更换工作台 21，旋转升降手轮 24 可使工作台上下移动。

②压轴部分。压轴部分是由弹簧 16、压轴 17 和主轴衬套 18 等零件组成。弹簧在非工作状态时将主轴衬套压靠在锥孔中，并使压轴紧靠在小杠杆中间的刀刃支承上，从而保持了压轴的精确位置。当试样与压头接触时，主轴衬套被顶起，这样确定压轴工作时的位置，保持了试样与压头中心对准。

③减速器部分。减速器 7 通过曲柄 8、连杆 11 和摇杆 19，在电动机 27 正转及反转时，将试验力加压到轴 17 上或从压轴上卸除。

④杠杆机构。杠杆机构由大杠杆 12、小杠杆 15、吊环 13、压轴 17 等零件组成。试验力是由电动机 27 通过减速器 7 传到连杆 11 上。连杆下降时试验力经大杠杆 12、小杠杆 15、压轴 17 及主轴衬套 18 等传至压头 20 上。根据砝码的不同组合可得出下列几种试验力，即 187.5、250、750、1000、3000kgf。

⑤换向开关系统。换向开关系统是控制电动机回转方向的装置，能使加卸试验力自动进行。

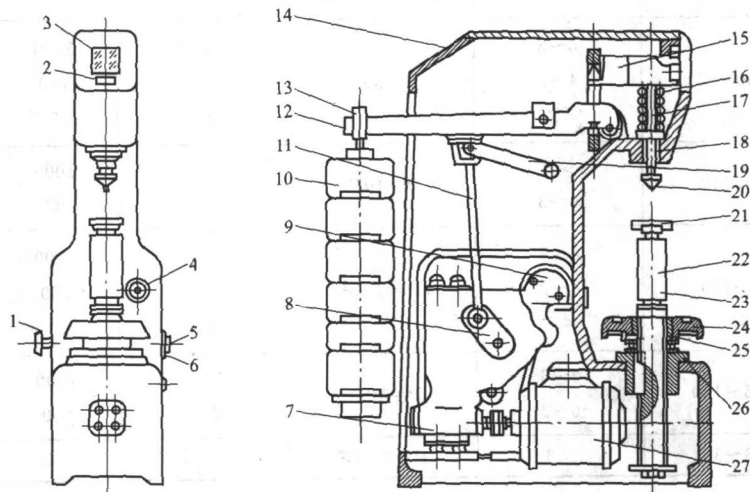


图 1-2 HB-3000 型布氏硬度计结构图

- 1—电源开关；2—加力指示灯；3—电源指示灯；4—加力开关；5—压紧螺钉；
6—圆盘；7—减速器；8—曲柄；9—换向开关；10—砝码；11—连杆；12—大
杠杆；13—吊环；14—机体；15—小杠杆；16—弹簧；17—压轴；18—主轴衬；
19—摇杆；20—压头；21—可更换工作台；22—工作台立柱；23—螺杆；
24—升降手轮；25—螺母；26—套筒；27—电动机

【操作】实验时将试样放在载物台 21 上。按顺时针方向转动手轮 24，使工作台升至试样与压头 20 接触，并在手轮打滑后再按下按钮 4 启动电机 27，经减速机构 7 带动升降机构 11 向下运动。此时预定的载荷即可由砝码 10 通过大杠杆 12、小杠杆 15、压轴 17 加压在压头 20 上，使之压入试样。停留一定时间后，电动机自动反转，上升而卸除载荷。待电动机自动停止后，反时针方向转动手轮 24，使工作台下降并取下试样。最后用读数显微镜测量压痕直径 d 。根据 d 的大小查表（见附表一），即可求得布氏硬度值。

2.2.2 洛氏硬度

2.2.2.1 原理

洛氏硬度实验方法是以一个锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 $1/16''$ (1.588mm) 的淬火钢球为压头，在先后两次载荷（初载荷和主载荷）作用下压入被试金属表面，然后卸除主载荷。在保持初载荷的情况下，测出由主载荷引起的塑性变形的压入深度 h ，再由 h 值确定洛氏硬度值 HR。

图 1-3 为洛氏硬度实验原理图。图中 0—0 位置为未加载荷时的压头位置。1—1 位置为加上 10kgf 初载荷后的位置，此时压入深度为 ab 。2—2 位置为加上主载荷后的位

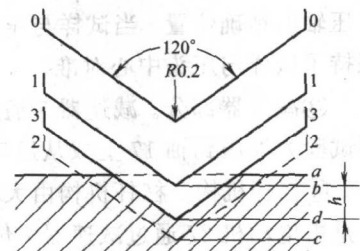


图 1-3 洛氏硬度实验原理图

置，此时压入深度为 ac ， ac 包括由加载所引起的弹性变形和塑性变形。卸除主载荷后，由于弹性变形恢复而稍提高到 3—3 位置。此时压头的实际压入深度为 ad 。洛氏硬度就是以主载荷所引起的残余压入深度 ($h=ac-ab=ad$) 来表示。但是这样直接以压入深度的大小表示硬度，将会出现硬的金属硬度值小而软的金属硬度大的现象。为了与习惯上数值越大硬度值越高的概念一致，采用一常数 (K) 减去 (h) 的差值来表示硬度值。为简便起见，又规定每 0.002mm 压入深度作为一个硬度单位 (即刻度上的一个小格)。

洛氏硬度值的计算公式如下：

$$HR = \frac{K-h}{0.002} = \frac{K-(ad-ab)}{0.002}$$

式中 h ——受主载荷作用实际压入深度 (mm)；

ab ——预加载荷压入试样的深度 (mm)；

ad ——卸除主载荷压入试样的深度 (mm)；

K ——常数，

①采用金刚石圆锥时， $K=0.2$ (用于 HRA、HRC)；

②采用钢球时， $K=0.26$ (用于 HRB)。

做洛氏硬度实验时，可用不同的压头和不同的主载荷组成不同的洛氏硬度标尺。最常用的有 HRA、HRB、HRC 三种，其试验规范见表 1-2。

表 1-2 常用的三种洛氏硬度实验范围

符号	压头	载荷/kgf (N)	硬度值有效范围	使用范围
HRA	金刚石圆锥 120°	60 (588.4)	20~88HRA	测量硬质合金、表面淬火层、渗碳层
HRB	1.587mm (1/16") 淬火钢球	100 (980.7)	20~100HRB	测量有色金属、退火及正火钢
HRC	金刚石圆锥 120°	150 (1471)	20~70HRC	测量淬火钢、调质钢

2.2.2.2 测定洛氏硬度的技术要求

根据被测金属的硬度高低，按表 1-2 选定压头和载荷。

试样表面应平整光洁，不得有氧化皮、油污及明显的加工痕迹。

试样厚度应不小于压入深度的 10 倍。

两相邻压痕及压痕边缘的距离应不小于 3mm。

加载时力的作用线必须垂直于试样表面。

2.2.2.3 洛氏硬度试验机的结构与操作

【洛氏硬度计的构造】 图 1-4 是 HR-150 型洛氏硬度计结构图。它由机体、工作台升降机构、加载机构、操纵机构及测量指示机构等部分组成。

①机体与工作台升降机构。机体 9 由铸铁制成。在机体前面装有工作台 16、升降丝杠 17 和手轮 18 等。转动手轮，借助于升降丝杠可使工作台上升或下降。

②加载机构。加载机构由加载杠杆 10、吊杆 7、砝码 5、6 等组成。通过杠杆系统：将载荷传到压头 14 而加在试样 15 上。

③操纵机构。操纵机构的作用是通过操纵手柄 2 施加或卸除主载荷。将操纵手柄向后拉动，通过缓冲器 3 使主载荷平稳地作用在压头上；将手柄向前推回时，主载荷被卸除，但

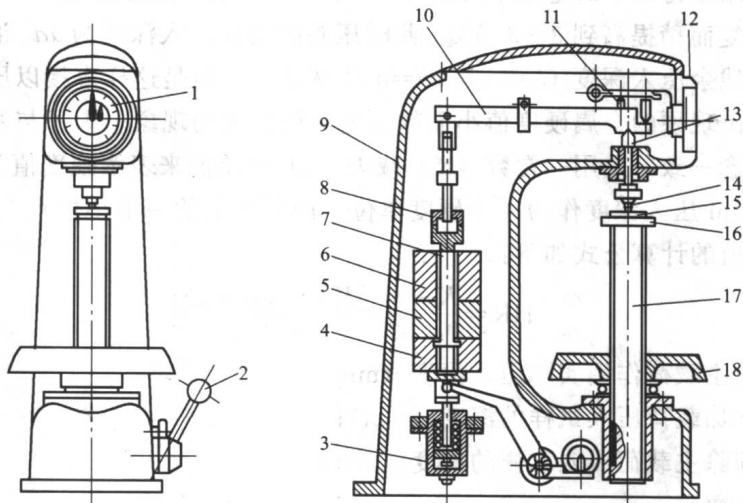


图 1-4 HR-150 型洛氏硬度计结构图

- 1—指示器；2—加载手柄；3—缓冲器；4—砝码座；5、6—砝码；
 7—吊杆；8—吊套；9—机体；10—加载杠杆；11—顶杆；12—刻度盘；
 13—主轴；14—压头；15—试样；16—工作台；17—升降丝杠；18—手轮

10kg 的初载荷仍作用在压头上。

④测量指示机构。测量指示机构由顶杆 11、指示器 1 等组成。它既是反映初载荷是否加上的装置，又是测定硬度读数的装置。当施加初载荷时，试样 15 顶起主轴 13，通过顶杆 11 等使指示器上的小指针指于红点，这表明初载荷已加好。当加上主载荷时，主轴 13 在总载荷作用下使压头 14 平稳地压入试样 15。此时大指针按逆时针方向转至某一位置。卸除主载荷后，由于试样压痕部位材料的弹性恢复，使大指针按顺时针方向转动并于某一位置上停止。这时大指针所指刻度盘上的读数即为试样的硬度值。

【操作】实验时，将试样放在工作台 16 上。按顺时针方向转动手轮 18，使工作台上升至试样与压头 14 接触。继续转动手轮，通过压头和主轴 13 顶起顶杆 11，并带动刻度盘 12 的指针转动。小针从黑点转到红点，大针转三周回到 0 处（注意该点 C 标尺读“0”。B 标尺读“30”）。这样即施加了 10kg 的初载荷。若此时大指针相对 C 点左右偏离不超过 5 格，可转动表盘使之对正，然后向前推动加载手柄 2 加上主载荷。当刻度盘指针转动显著地停顿下来后，即可将加载手柄 2 拉回初始位置，卸除主载荷。这时刻度盘指针所指的读数即为所测的洛氏硬度值（HRC 和 HRA 读外圈黑字 C 标尺，HRB 读内圈红字 B 标尺）。

3 实验方法指导

3.1 实验方法与步骤

(1) 实验前必须认真阅读实验指导书，熟悉硬度计的结构、原理、操作方法、应用范围及注意事项；

(2) 测量 HRC 硬度值, 要求在同一块试样上至少打三点, 取平均值作为材料的硬度值。当 $HRC > 67$ 时, 所测硬度值无效, 应改打 HRA; 当 $HRC < 20$ 时, 所测硬度值无效, 应改打 HRB 或布氏硬度;

(3) 做布氏硬度实验, 测量压痕直径之前, 应首先检查读数显微镜标尺误差。先用目镜内的活动标线对准镜片上任意一条整数刻线, 检查手轮上刻度误差值, 以便修正所测压痕直径读数。测量压痕直径要在相互垂直的方向测量两次, 取平均值, 然后查表。

3.2 注意事项

(1) 被测试样要求上下面平行, 表面粗糙度 $R_a \leq 6.3$, 被侧面和支撑面不允许有油、水及氧化皮;

(2) 操作时, 必须在卸除载荷后才能转动手轮使试样与压头脱离, 然后取下试样;

(3) 洛氏硬度计加载时, 若发现阻力大, 应停止加载, 立即向老师报告, 检查原因; 金刚石压头系贵重零件, 质硬而脆, 使用时要小心谨慎, 严禁与试样或其他物件碰撞。

3.3 实验报告要求

(1) 说明实验目的。

(2) 用洛氏硬度计测一块淬火钢的硬度, 要求记录:

被测试样的材料、尺寸、热处理状态;

压陷器的材料、形状、尺寸, 载荷;

测量次数及数值, 平均值。

(3) 用布氏硬度机测一块退火钢的硬度, 要求记录:

被测试样的材料、尺寸、热处理状态;

压陷器的材料、形状、尺寸, 载荷, 加载持续时间;

所测压痕直径, 平均值, 硬度值。

(4) 画出布氏硬度实验原理图并说明其实验原理;

(5) 画出洛氏硬度实验原理图并说明其实验原理。

实验二 钢铁材料的火花鉴别

1 实验目的

运用火花法鉴别钢铁材料的化学成分。

2 预备知识

在实际生产中，为了防止混料，保证热处理件质量，常需对原材料及零件的化学成分做出初步鉴别，火花鉴别就是生产中常用的初步检查钢材成分的有效方法之一。

火花鉴别法就是运用钢铁材料在磨削过程中，随着材料化学成分的差异，出现的各种火花特征，来区别材料成分的方法。火花鉴别法快速简便，应用面广，对工件渗碳或渗氮处理的表面质量及表面脱碳程度也可做出定性的分析。但钢中某些合金元素（如 Ni、Cu、Mn 等）含量较低时，对碳钢火花影响不明显，另外一些合金元素（如 S、P、Cu、Al、Ti 等）尚不能用火花鉴别，且火花法分析总是定性而不能定量的，因此具有一定的局限性。

2.1 火花的形状与构成

钢铁材料在砂轮上磨削时所射出的火花，是由根部火花、中部火花和尾部火花等三部分构成的火花束，如图 2-1 所示。火花束由流线、节点、爆花和尾花所构成。

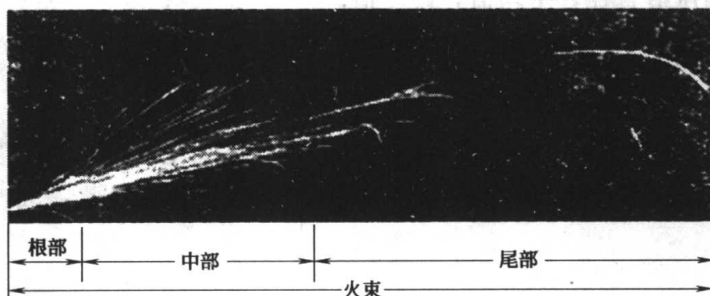


图 2-1 火花束各部位的名称

(1) 流线。流线是火花束中线条状的光亮火花。不同化学成分的钢铁材料可产生直线流线、断续流线、波状流线和断续波状流线等形式的流线。钨钢、铬钢、高合金钢和灰口铸铁等均有断续流线形式，其色泽呈暗红色或暗橙色，靠近砂轮的流线尤为明显。波状流线不常见，有时仅在火花束中夹杂一、二条。各种流线的形状如图 2-2 所示。

(2) 节点。流线上明亮而粗大的点，其温度较流线其他部分为高，如图 2-3 所示。

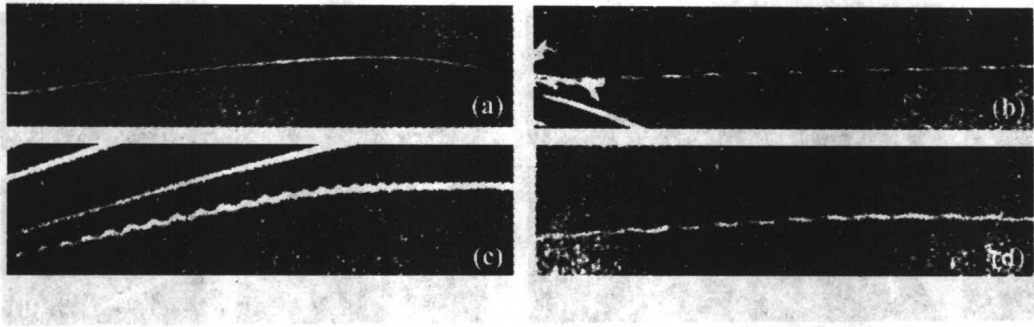


图 2-2 流线示意图

(a) 直线流线；(b) 断续流线；(c) 波状流线；(d) 断续波状流线

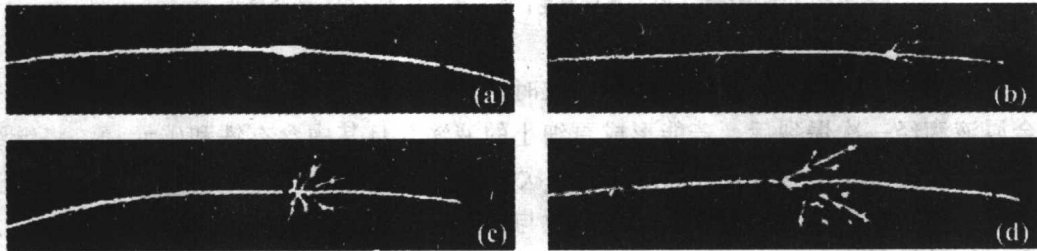


图 2-3 爆花示意图

(a) 节点示意图；(b) 一次爆花；(c) 二次爆花；(d) 三次爆花

(3) 爆花。爆花分布在流线上，以节点为核心，是碳元素专有的火花特征。爆花的形式随含碳量和其他元素的含量、温度、氧化性及钢的组织结构等因素而变化，所以爆花形式在钢的火花鉴别中占有相当重要的地位。爆花爆裂产生的短流线称为芒线。只有一次爆裂的芒线称为一次花。在一次爆花的芒线上，又一次发生爆裂的爆花称为二次爆花。依此类推，爆花分为一次花、二次花、三次花及多次花，它们大致与含碳量 w_c （即碳的质量分数，后面凡涉及到含量，皆指质量分数）0.2%以下、0.3%左右、0.45%以上的碳素钢火花特征相对应。芒线的形状又有二根分叉、三根分叉、四根分叉和多根分叉的区别，分叉随含碳量增高而增多。各种爆花的形式如图 2-3 所示。

(4) 尾花。尾花是在流线尾部末端所呈现的特殊形式火花的统称，有直线尾花、狐尾尾花、枪尖尾花和钩状尾花之分。狐尾尾花是钢中含有钨的火花特征，其他形状的尾花也都与钢铁中合金元素及其含量多少相对应。尾花基本形状见图 2-4。

2.2 火花形成原理

钢样与高速旋转的砂轮接触，被磨下来的屑状颗粒沿切线方向高速抛射出来，具有一定温度的钢粒被空气中的氧激烈氧化，温度急剧升高，甚至熔成细小的液滴，因此在飞行中形成一条条光亮的线条，这就是火花的流线。

细小的金属液滴表面在空气中氧化，生成一层 FeO 薄膜 ($2Fe + O_2 \rightarrow 2FeO$)，而其中的碳元素更是极易氧化而生成 CO ($FeO + C \rightarrow Fe + CO$)，使 Fe 还原，还原后的铁再被空气氧化，然后再次被还原，这种连锁反应可以在瞬间使内部积聚相当多的 CO 气体。当 CO 气体