

高等职业教育

技能型紧缺人才

培养教材

# 机械制造基础

牛宝林 主编



华中科技大学出版社

<http://press.hust.edu.cn>

高等职业教育技能型紧缺人才培养教材

# 机械制造基础

主 编 牛宝林  
副主编 杜兰萍 吴新佳  
编 者 (按姓氏笔画为序)  
安 容 汪 程 陈祥敏  
邵 刚

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/牛宝林 主编  
武汉:华中科技大学出版社,2005年3月  
ISBN 7-5609-3335-1

- I. 机…
- II. 牛…
- III. 机械制造-高等学校-教材
- IV. TH16

机械制造基础

牛宝林 主编

责任编辑:钟小珉 万亚军  
责任校对:章 红

封面设计:刘 卉  
责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社  
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心  
印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×960 1/16 印张:16.5 字数:290 000  
版次:2005年3月第1版 印次:2006年12月第3次印刷 定价:22.80元  
ISBN 7-5609-3335-1/TH·135

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

## 内容提要

本书是根据教育部《高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》规划的系列教材之一,由具有丰富教学和工程实践经验的一线教师编写,以突出学生职业技能培养为目标。

全书共分 11 章,内容包括工程材料的基础知识、金属材料热处理的基本知识、公差配合与技术测量、形位公差与检测、表面粗糙度及检测、金属切削过程、夹具、机械加工工艺过程的基本知识。全书内容丰富,详简得当,实用性强;既有理论又有实例,并附有习题,且内容体系符合高职教育的教学规律。

本书可作为高等职业技术学院数控技术应用专业和机电专业、机械制造专业的教材,也可供相近专业的师生和从事相关工作的工程技术人员参考。

高等职业教育技能型紧缺人才培养教材

## 数控技术应用专业系列教材编委会

主任 陈吉红 教授,博导 华中科技大学

委员 (以姓氏笔画为序)

万金保	副院长	深圳职业技术学院
王培林	副院长	广东技术师范学院
刘小芹	副院长	武汉职业技术学院
刘兰明	副院长	邯郸职业技术学院
刘惠坚	副院长	广东机电职业技术学院
刘继平	副院长	湖南工业职业技术学院
刘瑞池	副院长	芜湖职业技术学院
任丕顺	副院长	湖南机电职业技术学院
陈德清	副院长	安徽职业技术学院
李本初	副院长	湖北职业技术学院
张元	校长	郑州工业高等专科学校

# 序

为实现全面建设小康社会的宏伟目标,使国民经济平衡、快速发展,迫切需要培养大量不同类型和不同层次的人才。因此,党中央明确地提出人才强国战略和“造就数以亿计的高素质劳动者,数以千万计的专门人才和一大批拔尖创新人才”的目标,要求建设一支规模宏大、结构合理、素质较高的人才队伍,为大力提升国家核心竞争力和综合国力、实现中华民族的伟大复兴提供重要保证。

制造业是国民经济的主体,社会财富的60%~80%来自于制造业。在经济全球化的格局下,国际市场竞争异常激烈,中国制造业正由跨国公司的加工组装基地向世界制造业基地转变。而中国经济要实现长期可持续高速发展,实现成为“世界制造中心”的愿望,必须培养和造就一批掌握先进数控技术和工艺的高素质劳动者和高技能人才。

教育部等六部委启动的“制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养工程”,是落实党中央人才强国战略,培养高技能人才的正确举措。针对国内数控技能人才严重缺乏,阻碍了国家制造业实力的提高,数控技能人才的培养迫在眉睫的形势,教育部颁布了《两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》(以下简称《两年制指导方案》)。对高技能人才培养提出具体的方案,必将对我国制造业的发展产生重要影响。在这样的背景下,华中科技大学出版社策划、组织华中科技大学国家数控系统技术工程研究中心和一批承担数控技术应用专业领域技能型人才培养培训任务的高等职业院校编写两年制“高等职业教育数控技术应用专业系列教材”,为《两年制指导方案》的实施奠定基础,是非常及时的。

与普通高等教育的教材相比,高等职业教育的教材有自己的特点,编写两年制教材更是一种新的尝试,需要创新、改革,因此,希望这套教材能够做到以下几点。

体现培养高技能人才的理念。教育部部长周济院士指出:高等职业教育的主要任务就是培养高技能人才。何谓“高技能人才”?这类人才既不是“白领”,也不是“蓝领”,而是应用型“白领”,可称之为“银领”。这类人才既要能动脑,更要能动手。动手能力强是高技能人才最突出的特点。本套系

列教材将紧扣该方案中提出的教学计划来编写,在使学生掌握“必需够用”理论知识的同时,力争在学生技能的培养上有所突破。

突出职业技能培养特色。“高职高专教育必须以就业为导向”,这一点已为人们所广泛共识。目前,能够对劳动者的技能水平或职业资格进行客观公正、科学规范评价和鉴定的,主要是国家职业资格证书考试。随着我国职业准入制度的完善和劳动就业市场的规范,职业资格证书将是用人单位招聘、录用劳动者必备的依据。以“就业为导向”,就是要使学校培养人才与企业需求融为一体,互相促进,能够使学生毕业时就具备就业的必备条件。这套系列教材的内容将涵盖一定等级职业考试大纲的要求,帮助学生在学完课程后就有能力获得一定等级的职业资格证书,以突出职业技能培养特色。

面向学生。使学生建立起能够满足工作需要的知识结构和能力结构,一方面,充分考虑高职高专学生的认知水平和已有知识、技能、经验,实事求是;另一方面,力求在学习内容、教学组织等方面给教师和学生提供选择和创新的空間。

两年制教材的编写是一个新生事物,需要不断地实践、总结、提高。欢迎师生对本系列教材提出宝贵意见。

高等职业教育数控技术应用专业系列教材编委会主任

国家数控系统技术工程研究中心主任

华中科技大学教授、博士生导师

**陈吉红**

2004年8月18日

## 前 言

“机械制造基础”是机械类各专业的重要技术基础课。本门课程包含金属材料及热处理的基本知识、公差配合与技术测量、形位公差及检测、表面粗糙度及检测、金属切削机床及刀具、机械加工工艺知识等方面的内容,是机械工程技术人员和管理人员必须掌握的一门综合性应用技术基础课程。

本书根据教育部《两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》中“机械制造基础”课程教学基本要求编写,同时吸取了许多兄弟院校多年教学改革的经验 and 成果,采用了目前颁布的最新国家标准,增加了一些新技术和新知识,力求内容精练、重点突出、深入浅出、学用结合,符合高职高专“理论教学以必需、够用为度,重在应用”的要求。

本门课程有很强的实践性,在本课程的学习中,除了课堂教学以外,还应通过实习、实训、现场教学等方法来学习。

本书由芜湖职业技术学院牛宝林(第1章、第2章、第3章)、安徽国防科技职业学院陈祥敏(第4章)、合肥通用职业技术学院邵刚(第5章、第6章)、安徽职业技术学院杜兰萍(第7章)和安容(第8章)、郑州铁路职业技术学院吴新佳(第9章)、九江职业技术学院汪程(第10章、第11章)共同编写。全书由牛宝林任主编,杜兰萍、吴新佳任副主编。

本书的编写得到了有关人士的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编者

2004.12.28



# 目 录

第 1 章 金属材料基本知识	(1)
1.1 金属材料的力学性能	(1)
1.2 铁碳合金相图	(9)
思考题与习题	(11)
第 2 章 钢的热处理	(12)
2.1 钢的普通热处理工艺	(12)
2.2 钢的表面热处理工艺	(19)
2.3 热处理零件的结构工艺性	(22)
2.4 热处理技术条件及工序位置	(23)
思考题与习题	(25)
第 3 章 常用材料及选用	(26)
3.1 碳钢	(26)
3.2 合金钢	(29)
3.3 铸铁	(34)
3.4 有色金属及其合金	(40)
3.5 非金属材料	(44)
3.6 材料和毛坯的选择	(47)
思考题与习题	(50)
第 4 章 公差配合与技术测量	(52)
4.1 互换性的基本概念和定义	(52)
4.2 圆柱结合的公差与配合	(64)
思考题与习题	(87)
第 5 章 形状位置公差及检测	(88)
5.1 形状位置误差对零件使用性能的影响	(88)
5.2 形位公差的项目、符号及定义	(88)
5.3 公差原则	(102)
5.4 形位误差的检测	(106)
思考题与习题	(107)
第 6 章 表面粗糙度及检测	(110)
6.1 表面粗糙度的基本术语及评定参数	(110)

6.2	表面粗糙度的选用与标注 .....	(111)
6.3	表面粗糙度的测量 .....	(115)
	思考题与习题 .....	(116)
<b>第7章</b>	<b>金属切削过程 .....</b>	<b>(117)</b>
7.1	金属切削加工的基本概念 .....	(117)
7.2	常用刀具材料和刀具种类 .....	(121)
7.3	切屑和积屑瘤 .....	(128)
7.4	切削力 .....	(132)
7.5	切削热和切削温度 .....	(135)
7.6	刀具磨损及耐用度 .....	(136)
7.7	切削用量的合理选择 .....	(139)
	思考题与习题 .....	(140)
<b>第8章</b>	<b>机械加工 .....</b>	<b>(142)</b>
8.1	机械加工方法 .....	(142)
8.2	机床 .....	(152)
	思考题与习题 .....	(158)
<b>第9章</b>	<b>夹具 .....</b>	<b>(160)</b>
9.1	机床夹具概述 .....	(160)
9.2	定位原理和定位类型 .....	(164)
9.3	定位方式及定位元件 .....	(170)
9.4	工件的夹紧 .....	(183)
9.5	夹具应用实例 .....	(192)
	思考题与习题 .....	(198)
<b>第10章</b>	<b>机械加工质量 .....</b>	<b>(200)</b>
10.1	机械加工精度概述 .....	(200)
10.2	影响加工精度的因素 .....	(203)
	思考题与习题 .....	(220)
<b>第11章</b>	<b>工艺过程的基本知识 .....</b>	<b>(222)</b>
11.1	生产过程与工艺过程 .....	(222)
11.2	生产纲领和生产类型 .....	(225)
11.3	机械加工工艺流程 .....	(228)
11.4	零件的结构工艺性 .....	(232)
11.5	拟定工艺路线 .....	(239)
11.6	工艺尺寸链 .....	(243)
	思考题与习题 .....	(248)
	<b>参考文献 .....</b>	<b>(250)</b>

# 第 1 章 金属材料基本知识

金属材料在现代工业、农业、国防、科学技术以及日常生活中都得到了广泛的应用，是制造各类机械零件的基本材料。为了能够正确地选用金属材料，合理地确定金属材料的加工方法，必须先熟悉金属材料的性能。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指在使用过程中所表现出来的性能（如力学性能、物理性能、化学性能等）。工艺性能是指金属材料在加工过程中所表现出来的性能（如铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能等）。一般情况下，选用金属材料时，以力学性能作为主要依据。

机械零件或构件在使用时都要受到载荷的作用，金属材料的机械性能（力学性能）是指在载荷作用下其抵抗变形或破坏的能力。材料在不同的载荷状态下会呈现不同的特性，常用的机械性能有强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度等。

## 1.1 金属材料的力学性能

### 1.1.1 强度和塑性

#### 1. 强度

金属材料在载荷的作用下抵抗弹性变形、塑性变形和断裂的能力称为强度。由于载荷的作用方式不同，强度可分为屈服强度、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。各种强度之间有一定的关系，工程上应用最普遍的是屈服强度和抗拉强度。而测定材料强度指标通常采用拉伸试验法。

试验前，将被测金属材料按国标（GB/T6397—1986）规定制成一定形状和尺寸的拉伸试样。常用试样的截面为圆形或扁形，称为圆形或扁形拉伸试样。图 1-1 为圆形拉伸试样，其中  $d_0$  为试样的原始直径（mm）， $l_0$  为试样的原始标距长度（mm）。拉伸试样一般还分为长试样（ $l=10d$ ）和短试样（ $l=5d$ ）两种。

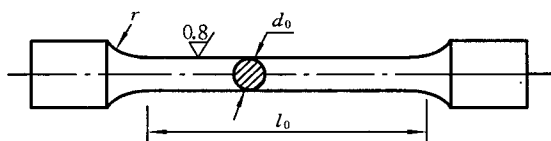


图 1-1 标准拉伸试样

试验时,将标准试样装夹在拉伸试验机上,缓缓加载(静载荷)。随着载荷的不断增加,试样的伸长量也逐渐增加,直至试样被拉断为止。再根据拉伸试验过程中的载荷大小和对应的伸长量关系,可绘出金属材料的拉伸曲线图。图 1-2 为低碳钢的拉伸曲线图。

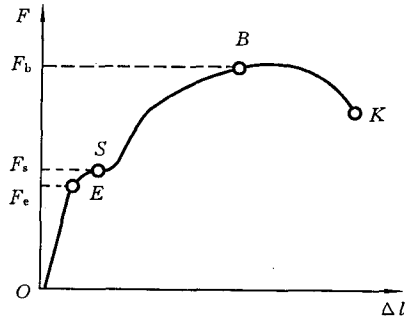


图 1-2 退火低碳钢的拉伸曲线

由图 1-2 可见,当载荷  $F$  为零时,伸长量也为零。当载荷逐渐由零加大到  $F_e$  时,试样的伸长量与载荷成比例增加。此时卸除载荷,试样能完全恢复到原来的形状和尺寸,即试样处于弹性变形阶段。当载荷超过  $F_e$  时,试样除产生弹性变形外,还开始出现塑性变形(或称永久变形),即卸除载荷后,试样不能恢复到原来的形状和尺寸。当载荷加到  $F_s$  时,在曲线上开始出现水平线段,即表示载荷不增加,试样却继续伸长,这种现象称为屈服。S 点叫做屈服点。载荷超过  $F_s$  后,试样的伸长量又随载荷的增加而增大,此时试样已产生大量的塑性变形。当载荷继续增加到某一最大值  $F_b$  时,试样的局部直径变小,通常称为“颈缩”现象。此时载荷也就逐渐降低,当到达 K 点时,试样就在颈缩处被拉断。

金属材料受载荷作用后其内部会产生一个与载荷相平衡的抵抗力(即内力),此力的大小和外力相等,方向相反,金属材料单位面积上的内力称为应力,用  $\sigma$  表示。金属材料的强度就是用应力来度量的。

常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

### 1) 屈服强度

材料产生屈服现象时的最小应力值称为屈服强度,用符号  $\sigma_s$  (MPa) 表示:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中:  $F_s$ ——屈服时的最小载荷(N);

$S_0$ ——试样的原始横截面面积( $\text{mm}^2$ )。

有些金属材料(如高碳钢、铸铁等)在拉伸试验中没有明显的屈服现象,如要测定其屈服强度是很困难的。在这种情况下,工程上规定:将此试样的塑性变形量为试样原标距长度的 0.2% 时的应力值,称为条件屈服强度,用符号  $\sigma_{0.2}$  (MPa) 表示:

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0}$$

式中： $F_{0.2}$ ——试样塑性变形量为原标距长度的 0.2% 时的载荷(N)。

屈服强度是表示金属材料抵抗微量塑性变形的能力。当材料所受应力低于屈服强度时，仅有微量塑性变形产生；超过屈服强度时，将产生明显的塑性变形。屈服强度是设计零件和压力容器时选用金属材料的重要依据。例如，为了保证气缸盖和气缸体之间的密封性，缸盖螺栓是不允许发生塑性变形的。所以，设计缸盖螺栓时就以屈服强度作为计算依据。

## 2) 抗拉强度

材料被拉断前所能承受的最大载荷时的应力值称为抗拉强度，用符号  $\sigma_b$  (MPa) 表示：

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$$

式中： $F_b$ ——试样断裂前所承受的最大载荷(N)。

抗拉强度是表示金属材料抵抗最大均匀塑性变形或断裂的能力。塑性材料在达到抗拉强度时已产生了大量的塑性变形，这种情况在实际使用时是不允许的。因此，在设计和选材时不宜用抗拉强度作为直接的计算依据。然而，由于其他塑性较差的材料在拉伸试验中往往没有明显的屈服现象，而抗拉强度比较容易测定，且它还与其他性能（如硬度、疲劳强度等）之间存在着一定的关系，因此，抗拉强度仍作为衡量材料强度的一个重要指标。

在工程中希望金属材料不仅具有高的  $\sigma_s$ ，并且具有适当的屈强比  $\sigma_s/\sigma_b$ 。屈强比越小，零件的可靠性越高，万一超载，也能由于塑性变形而不致突然破坏。但是如果比值太低，则材料强度的有效利用率过低。因此，一般仍希望屈强比高一些。

## 2. 塑性

金属材料在载荷作用下产生断裂前所能承受的最大塑性变形的能力称为塑性。在断裂之前，材料的塑性变形愈大，表示它的塑性愈好；反之则表示其塑性差。常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率，也是通过对试样进行拉伸试验来测定的。

### 1) 伸长率

试样拉断后的标距伸长量与原始标距长度的百分比称为伸长率，用符号  $\delta$  表示，即

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中： $l_k$ ——试样被拉断时的标距长度(mm)；

$l_0$ ——试样原始的标距长度(mm)。

必须指出，伸长率的大小与试样的尺寸有关。短试样的伸长率用符号  $\delta_s$  表示；长试样的伸长率用符号  $\delta_{10}$  表示，通常写成  $\delta_0$ 。对于同一材料而言，短试样所测得的伸长率要比长试样测得的伸长率大一些，两值不能进行比较。因此，对不同材料进行伸长率比

较时,必须制成同样尺寸的标准试样。

## 2) 断面收缩率

试样拉断后,其横截面面积的缩减量与原始横截面面积的百分比称为断面收缩率,用符号  $\psi$  表示,即

$$\psi = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \times 100\%$$

式中:  $S_k$ ——试样断口处的横截面面积( $\text{mm}^2$ );

$S_0$ ——试样的原始横截面面积( $\text{mm}^2$ )。

断面收缩率不受试样尺寸的影响,因此能更可靠、更灵敏地反映材料塑性的变化。

伸长率与断面收缩率都是材料的重要性能指标。它们的数值越大,材料的塑性愈好。金属材料塑性的好坏,对零件的加工和使用都具有十分重要的意义。塑性好的材料可以进行各种压力加工,如锻压、挤压、冷拔等,而且所制成的零件在使用时万一超载,也能由于塑性变形而避免突然断裂,这就增加了金属材料使用的安全可靠。因此,机械零件除满足强度要求外,一般还要求具有一定的塑性。

## 1.1.2 硬度

硬度是指金属材料抵抗比它更硬的物体压入其表面的能力,即抵抗局部塑性变形的能力。一般来说,硬度越高,耐磨性越好,强度也比较高。

在目前生产中,测定硬度的方法最常用的是压入硬度法。它是用一定几何形状的压头,在一定载荷下,压入被测试的金属材料表面,根据被压入后变形程度来测定其硬度值。用同样的压头,在相同载荷作用下,压入金属材料表面时,压入后变形程度愈大,则材料的硬度值愈低;反之,硬度值愈高。这种试验方法是金属力学性能试验中最简单、最迅速的一种方法。它不需要做成专门的试样,可以在工件上直接测定硬度值,且又不损坏工件,因此在生产中得到广泛应用。

测定硬度的方法很多,生产中应用广泛的有布氏硬度和洛氏硬度测试法。

### 1. 布氏硬度

布氏硬度的测定原理是用一定直径  $D$  的淬火钢球或硬质合金球作压头,在规定载荷  $F$  的作用下,压入被测金属表面,如图 1-3 所示,经规定的保持时间后,卸除载荷,测量被测试金属表面上所形成的压痕直径  $d$ ,用载荷与压痕球形表面积的值作为布氏硬度值,用符号 HBS(用淬火钢球作压头)或 HBW(用硬质合金球作压头)表示。

试验时用刻度放大镜测出压痕平均直径  $d$  后,就可以通过计算或查布氏硬度表得出相应的硬度值。在实际应用中,布氏硬度值是不标注单位的,也不需要经过计算,直接采用查表法。

布氏硬度值的表示方法由硬度数值、硬度符号和试验条件(球体直径、载荷大小和载荷保持时间)组成。例如,150 HBS<sub>10/1000/30</sub>,表示用直径为 10 mm 的淬火钢球在

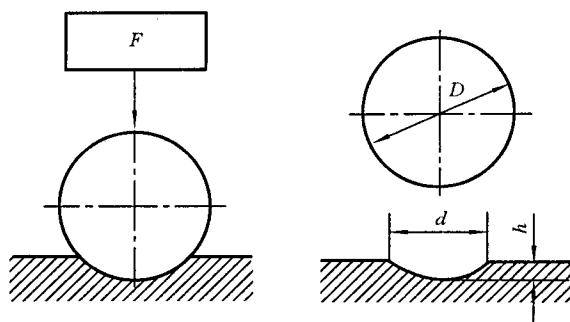


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

1000 kgf(9.807 kN)的载荷作用下时间保持 30 s 所测得的布氏硬度值为 150; 500 HBW<sub>5/750</sub>表示用直径为 5 mm 的硬质合金球在 750 kgf(7.355 kN)的载荷作用下保持 10~15 s(保持时间为 10~15 s 时可不标注)所测得的布氏硬度值为 500。硬度值越大, 则被测材料越硬。

在实际生产中, 要根据金属材料的种类和厚度, 按国标 GB231—1984《金属布氏硬度试验方法》的规定, 选择不同载荷  $F$  和钢球直径  $D$  来测定金属材料的布氏硬度值。且为保证采用不同的  $F$  和  $D$  时, 测得的硬度值具有可比性, 必须使  $F/D^2$  为一常数(通常其比值有 30、10、2.5 三种), 即只有当  $F/D^2$  为同一常数时, 测得的布氏硬度值才能进行比较。

由于布氏硬度压痕面积较大, 能反映较大范围内金属各组成相综合影响的平均性能, 而不受个别组成相和微小不均匀度的影响, 因此试验结果稳定、准确。但布氏硬度试验不够简便, 又因压痕大, 对金属表面损伤较大, 故不宜测试薄件或成品件。HBS 适于测量硬度值小于 450 的材料, HBW 适于测量硬度值小于 650 的材料。目前使用的布氏硬度计多数用淬火钢球作压头, 故主要用来测定灰铸铁、有色金属以及经退火、正火和调质处理的钢材等。

## 2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验是目前应用最广的试验方法, 和布氏硬度一样, 也是一种压入硬度试验。但它不是测量压痕面积, 而是测量压痕的深度, 以深度大小表示材料的硬度值。

洛氏硬度的测定原理是用顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体压头或直径为 1.588 mm 的淬火钢球压头, 在初载荷与初、主载荷先后作用下, 将压头压入被测金属表面, 如图 1-4 所示, 经规定的保持时间后卸除主载荷, 根据残余压痕深度来确定金属的洛氏硬度值。

图 1-4 中, 0-0 为圆锥体压头的初始位置, 即压头没有与被测金属表面接触时的位置; 1-1 为在初载荷 10 kgf(98.07 N)作用下, 压头压入深度为  $b$  处的位置; 2-2 为加入主载荷后, 压头压入深度为  $c$  处的位置; 3-3 为卸除主载荷后, 被测金属弹性变形恢复, 使得压头向上回升压入深度为  $d$  处的位置。于是, 压头受主载荷作用实际压入被测金属表面产生塑性变形的压痕深度为  $bd$ , 用  $bd$  值的大小来衡量被测金属的硬度。若  $bd$  值

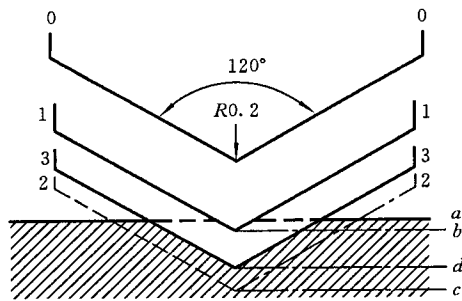


图 1-4 洛氏硬度试验原理示意图

愈大,则被测金属的硬度愈低,反之,则愈高。为适应习惯上数值愈大,硬度愈高的概念,常用一常数  $K$  减去  $bd/0.002$  作为硬度值。洛氏硬度用符号 HR 表示,可以直接由硬度计表盘上读出,无单位。

$$HR = K - \frac{bd}{0.002}$$

式中:  $K$ ——常数。用金刚石圆锥体作压头时,  $K$  为 100;用淬火钢球作压头时,  $K$  为 130。

洛氏硬度表示的方法为在符号前写出硬度值。为了能用同一硬度计来测定不同硬度范围的金属,可采用不同的压头和载荷来组成几种不同的洛氏硬度标度,每一种标度用一个字母在 HR 后加以注明,其中最常用的是 HRA、HRB、HRC 三种。表 1-1 即为这三种标度的试验条件和应用范围。

表 1-1 常用洛氏硬度的实验条件及应用范围

硬度符号	压头类型	总载荷 $F/N$	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥体	60(588.4)	70~85	硬质合金、表面淬火、渗碳等
HRB	φ1.588 mm 钢球	100(980.7)	25~100	有色金属、退火、正火等
HRC	120°金刚石圆锥体	150(1471.1)	20~67	淬火钢、调质钢等

洛氏硬度试验测试过程简单、迅速,适用的硬度范围广。由于压痕较小,可以用来测量成品件或较薄工件的硬度。但是,洛氏硬度的测量结果不如布氏硬度精确。这是因为洛氏硬度试验的压痕小,容易受到金属表面不平或材料内部组织不均匀的影响,故一般需在被测金属的不同部位测量数点,取其平均值。

### 3. 硬度与抗拉强度的关系

由于硬度反映了金属材料在局部范围内对塑性变形的抗力,因此,材料硬度与强度



之间有一定内在联系,强度越高,塑性变形抗力越大,硬度值也越高,即根据材料的硬度值可以大致估计材料的抗拉强度。下列经验公式可供参考。

低碳钢(<176 HBS)	$\sigma_b \approx 3.6 \text{ HBS (MPa)}$
高碳钢(>175 HBS)	$\sigma_b \approx 3.45 \text{ HBS (MPa)}$
合金调质钢	$\sigma_b \approx 3.25 \text{ HBS (MPa)}$
灰铸铁	$\sigma_b \approx 0.98 \text{ HBS (MPa)}$

### 1.1.3 冲击韧性

强度、塑性、硬度都是在静载荷作用下测得的力学性能指标。实际上,许多机械零件和工具常常都是在冲击载荷作用下工作的,如列车车辆间的挂钩,锻锤的锤杆,冲床的冲头等。由于冲击载荷的加载速度快,作用时间短,使得金属在承受冲击时,应力分布与变形很不均匀。因此,在设计承受冲击载荷的零件时,除了需要满足静载荷作用下的强度、塑性和硬度外,还必须使之具有足够的抵抗冲击载荷的能力。

金属抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为冲击韧性。金属材料的冲击韧性是通过冲击试验测定的。

冲击韧性值愈大,则材料的韧性愈好;反之,则韧性愈差,脆性愈大。在试验中发现,冲击韧性值的大小与试验的温度有关。有些材料在室温 20℃左右试验时并不显示脆性,而在低温下则可能发生脆断。为了测定金属材料开始发生这种冷脆现象的温度,可在不同温度下进行一系列冲击试验,测出材料的冲击韧性值与温度的关系。将试验结果汇成冲击韧性值-温度曲线,如图 1-5 所示。由图可知,冲击韧性值随温度的降低而减小,在某一温度范围内,冲击韧性值显著降低,使试样呈现脆性,这个温度范围称为韧脆转变温度范围。韧脆转变温度愈低,材料的低温冲击性愈好。另外,冲击韧性值的大小还受试样的形状、表面粗糙度和内部组织等因素的影响。

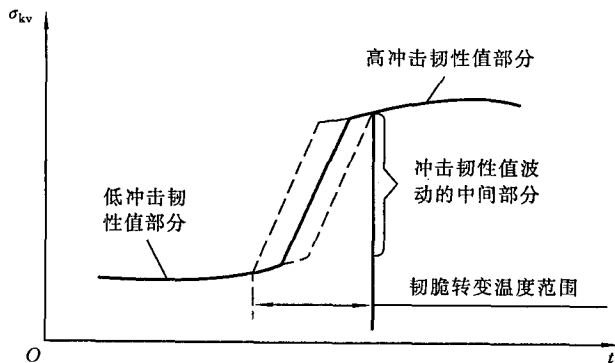


图 1-5 温度对冲击韧性值的影响