



Jixie

全国中等职业技术学校机械类行动导向教材

Xingdong Daoxiang

金属材料 与热处理

全国中等职业技术学校机械类行动导向教材

金属材料与热处理

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理/李茂叶主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2007

全国中等职业技术学校机械类行动导向教材

ISBN 978-7-5045-6316-3

I. 金… II. 李… III. ①金属材料-专业学校-教材 ②热处理-专业学校-教材 IV. TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 101440 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京宏伟双华印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 200 千字

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定价: 12.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前 言

为适应各地中等职业技术学校教学改革的需要,我们根据行动导向教学法的基本思想,编写了机械类专业行动导向教材。在教材的编写过程中,我们始终坚持实事求是的原则,既广为吸纳国内外较好的教学理念和教学模式的精髓,也十分注意研究我国职业教育的现状和不同专业对教学模式的制约等多种因素,具体问题具体分析,大胆尝试,勇于创新,力求使这套教材更适合我国职业教育的实际情况。

一、打破学科体系,整合传统的理论知识体系

机器作为普通机械专业的主要研究对象,在教学实践活动中,既是老师讲授的载体,也是学生学习的载体,更是日后学生在工作中的产品和工具。因此,根据行动导向法的基本思想,在处理理论知识体系时,我们紧扣“机器”这一中心,按照以下四条主线将机械专业传统的七门理论知识课的教学内容重组整合,形成四个新的教学模块:

1. 从“机器是如何表达的?”出发,形成机械制图与技术测量教学模块

这一教学模块较好地解决了原机械制图与极限配合与技术测量课程内容重复、枯燥的缺点,实现了制图技能和测量技能的有机结合,为专业技能的培养打下了坚实基础。

教材从了解机器零件的大小入手,先讲授技术测量,然后从机器零件的表达入手引出图样的基本知识,按照图样的形成(投影知识)—图样的表达(视图)—图样的识读(零件图和装配图)的基本主线组织内容。在介绍标准件和常用件的画法时,增加典型零件的测量知识;在介绍基本零件识读时,结合其结构特点把形位公差基本测量方法有机地融合进去。

2. 从“机器(零件)是用什么材料制造的?”出发,形成金属材料与热处理教学模块

这一教学模块实际上是对原金属材料与热处理和工程力学课程的整合,并从机械专业培养目标出发,精简了工程力学的内容,并降低了难度,从材料的强度校核角度组织材料力学的有关知识,并将其与金属材料的内容有机地整合在一起。

教材编写基本思路是:机械零件性能的千差万别很大程度上是因为零件材料性能的千差万别造成的,从而引出材料性能;材料的性能差异在于其内在结构不同,从而引出材料的组织结构;材料选用前必须进行强度校核,从而把材料力学的知识有机地融入进来;接下去是各种常用金属材料的类别、牌号和使用范围的介绍;同时介绍改善材料性能的方法——钢的热处理

知识。

3. 从“机器是怎样组成和如何传动与控制的?”出发,形成机械零件与传动、机床电气控制教学模块

从行动导向的基本思想出发,“机器是如何组成的?”“机器是如何传动与控制的?”应分别形成机构与零件、传动与控制两个教学模块。但从教学的操作性方面考虑,对于传动与控制这门课程,师资必须同时具备机、电两个专业的知识才能讲授;从专业方面考虑,把机构零件和机械传动分开讲授也不符合学生的认知规律。基于以上两个考虑,最终将上述理论知识整合为机械零件与传动、机床电气控制两个教学模块。教材编写思路如下:

机械零件与传动在编写模式上有较大的创新:教材结构力求符合学生的认识过程,按零件——机构——传动展开。在呈现方式上,教材用丰富的生产生活实例和大量的实物图片引入知识,并设计了多种实践活动栏目,使学生应用所学知识解决实际问题。

机床电气控制则以对机床设备的电气控制为任务,把电工学知识分割为机床动力系统、普通机床基本电气控制电路、常用电子元器件及单元电路、数控机床电气控制电路几个部分,教学内容更实用,更具有职业特色,结构形式更有利于激发学生的学习兴趣。

二、以职业能力为导向,构建行动导向教学单元

本次开发的职业能力教学模块包括4个工种,分别是车工工艺与技能训练、钳工工艺与技能训练、铣工工艺与技能训练、焊工工艺与技能训练,每个工种模块均由若干教学单元及子单元组成。因此,科学、合理地设计教学单元是将行动导向法引入教学和教材改革的关键。我们根据行动导向的基本思想作了以下尝试:

1. 从外部看,力求使全部教学单元构成职业能力教学体系

所谓职业能力教学体系,包括以下三方面的内容:

一是要解决教学内容是否合理的问题。即要根据国家有关工种的职业标准,确定培养目标的全部知识点和技能点,以此作为教学单元的基本材料,从而保证教学内容切合国家职业标准对技能人才的要求。

二是要解决教学方法是否科学的问题。即要彻底打破学科体系,以职业能力组织教学内容,形成新的职业能力教学体系。每个教学单元或子单元的教学目标均表现为培养学生某一项职业能力,其他知识的安排取舍均服从上述教学目标。

三是要处理好教学单元之间的关系。教学单元之间的关系受多种因素的约束,如各个教学单元技能与理论知识的梯度的联系、理论知识在各个单元中的分布均衡性、教学单元容量

与组织教学相配等。

2. 从内部看,力求使每个教学单元构成理论与实践有机联系的载体

在具体设计行动导向教学单元时,我们按照以下环节组织教学内容:

环节一:零件图 通过给出待实施任务的零件图,模拟再现生产过程的真实要求,交待具体的项目和任务。

环节二:工艺分析 围绕具体的项目(加工任务)对零件的技术要求、加工内容、工艺特点、加工步骤展开必要的分析讨论,引导和培养学生养成从读图、分析技术要求到自行拟定具体的加工方案,再付诸实施的工作习惯。

环节三:相关工艺知识 针对本课题初次涉及的专业知识、工艺知识、检测方法、工装夹具、专业计算等内容,教材采用图文并茂的形式进行详细的介绍。

环节四:工艺过程 针对本课题的具体内容、加工调整方法、加工步骤,教材以案例分析的形式,结合实操图片、表格、连环图等生动活泼的形式进行详细介绍,以启发和引导学生展开操作练习。

环节五:操作提示(特别提示、质量提示) 针对操作要点、易出现的问题、操作时应注意的事项,以及易出现的质量问题,通过文本框的形式穿插在教材的工艺过程之中,及时进行提示,使学生在阅读和实施课题过程中引起足够的重视。

环节六:知识链接(专题论述) 对与本课题相似、相关的一些工艺内容、知识点进行补充介绍,以拓展知识面、开扩学生眼界,增加学生对所学知识进行迁移和综合的能力。

环节七:技术指导 针对在本课题实施过程中易出现的技术问题,以问答的方式进行介绍,化解教学中的难点,突出教学的重点,培养学生进行独立分析和处理问题的能力。

环节八:作业测评 围绕课题内容列出详细、具体的测评内容和测评标准,及时对学生的实践活动进行有效的评估,便于学生自己去发现和探究工艺实施过程中存在的问题,促进学生的学习兴趣。

从以上环节的设置上不难看出,教学单元内在结构上围绕技能培养这一核心,并充分兼顾理论与实践的有机结合,从而使二者都得到了有效的承载。

本套教材的编写工作得到了江苏、陕西、山东、湖南、河南等省劳动和社会保障厅及有关学校的大力支持,对此我们表示衷心的感谢。

劳动和社会保障部教材办公室

2007年7月

全国中等职业技术学校机械类 行动导向教材编审人员

《机械制图与技术测量》

主编：朱勤惠

参编：程荣庭 王炯 周榴宝 陈立群

主审：王槐德

《金属材料与热处理》

主编：李茂叶

参编：徐忆 蔡建新 林丽华

主审：陈志毅

《机械零件与传动》

主编：游江

参编：沈红宝 陈志勇 许劲峰 帅向群

主审：王增杰

《机床电气控制》

主编：邵展图

参编：沈巧兰 于永江 董欣 马志宏

主审：王勇

参审：关开芹

《车工工艺与技能训》

主编：袁桂萍

参编：王公安 徐淑涛 凌延军 刘元聚 李萍

主审：范开山

参审：王贡伟 路涛

《钳工工艺与技能训》

主编：王文显

参编：孙丽丽 姜波 朱礼程 扈子扬 高岩 林清大 胡顺英 宋刚

《铣工工艺与技能训练》

主编：陈志毅

参编：刘冰洁

主审：陈海魁

《焊工工艺与技能训练》

主编：王长忠

参编：于藏洋 夏自强 金海阔 王忠杰

主审：邱葭菲

目 录

第一章 金属材料的性能	(1)
§ 1—1 金属材料的力学性能	(2)
§ 1—2 金属材料的工艺性能	(8)
本章小结	(10)
思考练习题	(11)
第二章 材料校核	(13)
§ 2—1 材料安全性校核	(13)
§ 2—2 构件的强度计算	(15)
本章小结	(19)
思考练习题	(19)
第三章 材料的组织结构	(21)
§ 3—1 金属的晶体结构	(21)
§ 3—2 合金的组织	(24)
§ 3—3 金属的结晶与同素异构转变	(25)
本章小结	(28)
思考练习题	(28)
第四章 铁碳合金	(30)
§ 4—1 铁碳合金相图	(30)
§ 4—2 碳素钢 (非合金钢)	(38)
§ 4—3 钢铁的火花鉴别	(46)
本章小结	(48)
思考练习题	(48)

第五章 钢的热处理 (50)

§ 5—1 钢在加热时的转变..... (50)

§ 5—2 钢在冷却时的转变..... (52)

§ 5—3 退火与正火..... (57)

§ 5—4 钢的淬火..... (59)

§ 5—5 钢的回火..... (63)

§ 5—6 钢的表面热处理..... (65)

本章小结..... (68)

思考练习题..... (69)

第六章 合金钢 (70)

§ 6—1 合金元素在钢中的作用..... (70)

§ 6—2 合金钢的分类及牌号..... (72)

§ 6—3 低合金结构钢..... (74)

§ 6—4 机械制造用钢..... (76)

§ 6—5 合金工具钢..... (82)

§ 6—6 特殊性能钢..... (87)

本章小结..... (91)

思考练习题..... (92)

第七章 铸铁 (94)

§ 7—1 铸铁的分类及组织特点..... (94)

§ 7—2 灰铸铁..... (96)

§ 7—3 可锻铸铁..... (100)

§ 7—4 球墨铸铁..... (102)

本章小结..... (104)

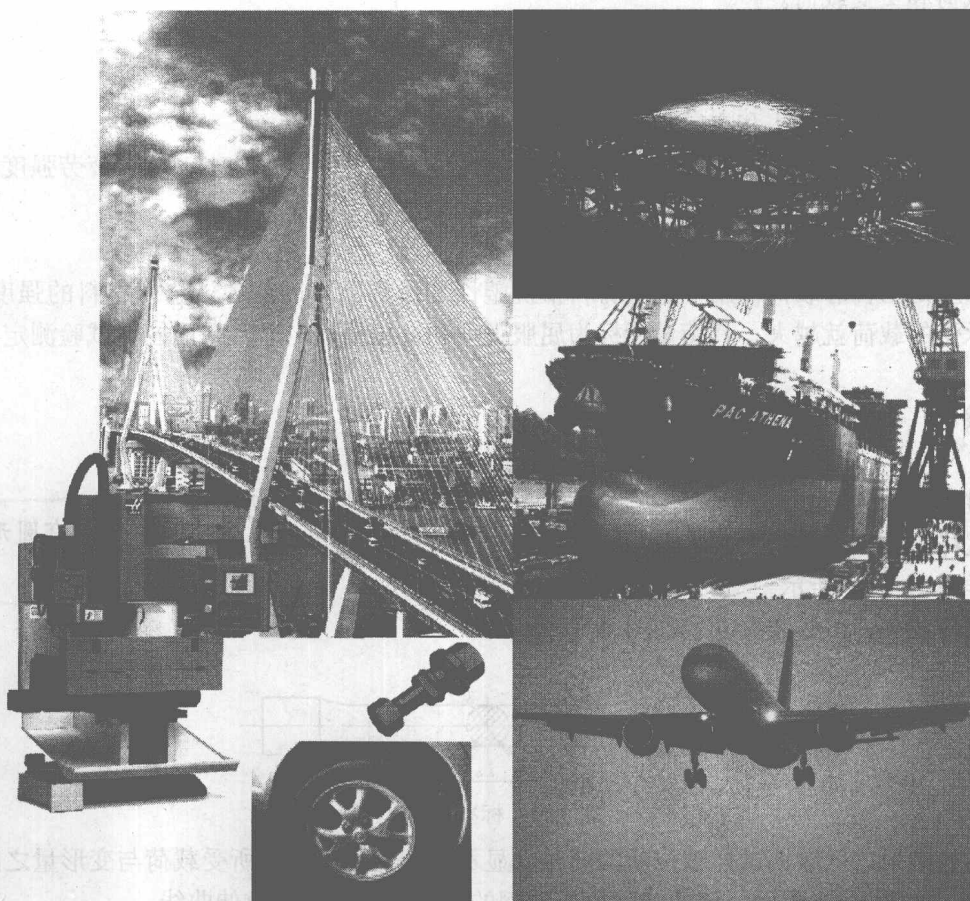
思考练习题..... (105)

第八章 有色金属及硬质合金 (107)

§ 8—1 铜及铜合金..... (107)

§ 8—2 铝及铝合金·····	(114)
§ 8—3 轴承合金·····	(120)
§ 8—4 硬质合金·····	(123)
本章小结·····	(125)
思考练习题·····	(126)

第一章 金属材料的性能



【导读】

在日常生产生活中金属材料的使用极为广泛，小至螺钉、螺母，大到飞机、轮船、各种机械设备、桥梁建筑，金属材料无处不在。材料在使用过程中表现出各不相同的性能，选用材料时材料特性必须符合机件的使用条件，才能发挥机件及机械的性能及特性。所以，了解金属材料的性能，不仅是选材、验收、鉴定的需要，也是合理进行产品加工的需要。在机械行业中，金属材料的性能主要指它的力学性能和工艺性能。

【本章的任务】

- 掌握金属材料的力学性能及其衡量指标；
- 掌握金属材料的工艺性能。

§ 1—1 金属材料的力学性能

金属材料在载荷作用下会产生几何形状和尺寸的变化,即变形。这种在外力(或载荷)作用下表现出来的性能称为金属材料的力学性能。根据作用性质不同载荷可分为:静载荷、冲击载荷和交变载荷。

静载荷——大小不变或变化缓慢的载荷;

冲击载荷——短时间内以较高速度作用于机件上的载荷;

交变载荷——大小和方向随时间做周期性变化的载荷。

衡量金属材料力学性能的指标有强度、刚度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度等。

一、强度和刚度

1. 强度

强度是指在静载荷作用下金属材料抵抗塑性变形和断裂的能力。金属材料的强度越高,所能承受的载荷就越大。其衡量指标为屈服强度和抗拉强度,通常采用拉伸试验测定。

实验

材料:低碳钢。

试样:长试样($L_0=10d$)或短试样($L_0=5d$)。标准拉伸试样如图 1—1 所示。

提示:试样有圆形和矩形两种。

试样装夹:试样装夹方式如图 1—2 所示。

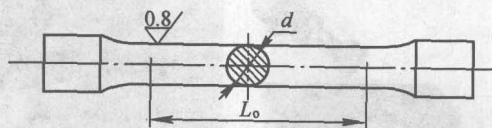


图 1—1 标准拉伸试样

实验结果:低碳钢试样被拉断的同时,显示器会显示出试样所受载荷与变形量之间的关系曲线,如图 1—3 所示,该曲线称为低碳钢的力—伸长曲线或拉伸曲线。

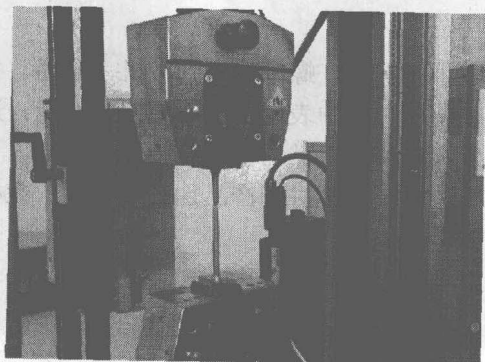


图 1—2 试样装夹方式

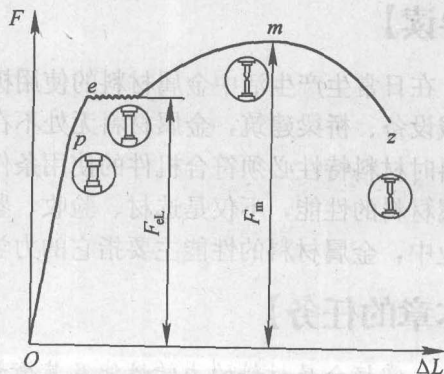


图 1—3 低碳钢的力—伸长曲线

试样拉伸过程分为弹性变形阶段 (Op 段)、屈服阶段 (pe 段)、强化阶段 (em 段) 和局部塑性变形 (缩颈) 阶段 (mz 段)。在 Op 段, 试样变形为弹性变形, 卸载后试样可以恢复原样。在 pe 段, 卸载后, 试样的伸长就只能部分恢复了, 这种变形称为塑性变形; 在这个阶段, 载荷不再增加或略有减少时, 试样还能继续伸长, 金属材料丧失了抵抗变形的能力, 这种现象称为屈服。在 em 段, 要使试样继续伸长, 就要开始不断加载; 在这个阶段, 随着塑性变形的增大, 试样变形抗力会逐渐增加, 这种现象称为加工硬化。在 mz 阶段, 试样的直径会发生局部收缩, 称为缩颈, 继续拉伸, 就会在缩颈处发生断裂。

注意: 一般脆性材料在拉伸时, 没有明显的屈服和局部变形。

衡量构件的变形程度, 不能只看其受力大小, 还需考虑其横截面积。单位横截面积上的载荷称为应力, 用符号 σ 表示, 单位为 MPa。

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

式中 F ——外力, N;

S ——横截面积, mm^2 。

(1) 屈服强度 试样产生屈服现象时所承受的应力称为屈服强度 (R_e)。分上屈服强度 (R_{eH}) 和下屈服强度 (R_{eL}), 一般用下屈服强度作为衡量指标。

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}$$

式中 F_{eL} ——屈服时的最小载荷, N;

S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 。

(2) 抗拉强度 试样拉断前所承受的最大应力称为抗拉强度。

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

式中 F_m ——试样拉断前承受的最大载荷, N。

强度是金属材料最重要的力学性能之一。结构和机械中的许多构件在工作时, 都有可能因受外力 (载荷) 作用超过其强度而发生变形乃至失效。例如, 桥梁结构在载荷作用下如果变形过大, 将影响车辆的行走; 桥式起重机超载, 钢丝绳拉断也会造成一定的伤亡。此外, 有些构件在某种载荷作用下, 将发生不能保持其平衡形式的现象。如桥梁中的墩柱, 如果是细长的, 当传递的压力超过一定限度后, 将有可能显著地变弯, 导致桥梁倒塌。

2. 刚度

刚度是指构件产生弹性变形的难易程度。刚度的衡量指标主要是弹性模量。弹性模量值越大, 则材料的刚度越大, 材料抵抗弹性变形的能力越强。

弹性模量是指金属材料在弹性变形阶段应力与应变的比值, 用符号 E 表示, 单位为 MPa, 即:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

式中 $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ 。

由于大多数机械零件都是在弹性状态下工作的 (如机床的主轴、导轨、丝杠等), 因此,

在工作时如果载荷过大,即使有足够的强度,也可能因变形过大而影响加工精度。所以,对机械零件的刚度也有一定的要求。

二、塑性

塑性是指材料经受较大塑性变形而不破坏的能力。其衡量指标为断后伸长率 A 和断面收缩率 Z 。

1. 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉断后,标距的伸长量与原始标距的百分比,用符号 A 表示。若改用长试样测试,则用 $A_{11.3}$ 表示。

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_u ——试样拉断后紧密对接的标距, mm;

L_0 ——试样断裂前的原始标距, mm。

注意: A 表示短试样

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后,缩颈处横截面积最大缩颈量与原始横截面积的百分比,用符号 Z 表示。

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样断裂前的原始横截面积, mm^2 ;

S_u ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积, mm^2 。

材料的断面收缩率和断后伸长率值越大,说明材料的塑性越好。

工程上通常按断后伸长率的大小把材料分为两类: $A \geq 5\%$ 为塑性材料,如低碳钢; $A < 5\%$ 为脆性材料,如灰铸铁。

材料具备一定的塑性才能进行各种成型加工,如冷冲压、锻造、轧制等。另外,具有一定塑性的零件,偶尔过载时由于发生一定量的塑性变形而不至于立即断裂,在一定程度上保证了零件的工作安全性。但是,塑性并不是越大越好。例如,钢材的塑性过大,其强度会降低,使零件的使用寿命缩短。

能力测试: “材料的弹性模量 E 越大,则材料的塑性越差”。这种说法是否正确?为什么?



某厂购进了一批 40 钢,按国家规定,它的力学性能指标应不低于下列数值: 下屈服强度 R_{eL} , 340 MPa; 抗拉强度 R_m , 540 MPa; 断后伸长率 A , 19%; 断面收缩率 Z , 45%。验收时,将 40 钢制成 $d=10$ mm 的短试样做拉伸试验,测得 $F_{eL}=30\,000$ N, $F_m=45\,000$ N, $L_u=60.5$ mm, $d_u=7.3$ mm。试列式计算这批钢材是否符合格。(得数保留整数)

解: 由题意可知:

$$L_0 = 5d = 5 \times 10 = 50 \text{ (mm)}$$

$$S_0 = \frac{\pi d^2}{4} \approx \frac{3.14 \times 10^2}{4} \approx 79 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_u = \frac{\pi d_u^2}{4} \approx \frac{3.14 \times 7.3^2}{4} \approx 42 \text{ (mm}^2\text{)}$$

根据计算公式得:

$$R'_{el} = \frac{F_{el}}{S_o} = \frac{30\,000}{79} \approx 380 \text{ (N/mm}^2\text{)} > 340 \text{ MPa}$$

$$R'_m = \frac{F_m}{S_o} = \frac{45\,000}{79} \approx 570 \text{ (N/mm}^2\text{)} > 540 \text{ MPa}$$

$$Z' = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100\% = \frac{79 - 42}{79} \times 100\% \approx 47\% > 45\%$$

$$A' = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100\% = \frac{60.5 - 50}{50} \times 100\% \approx 21\% > 19\%$$

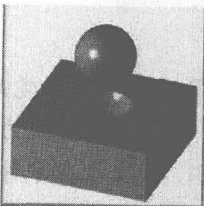
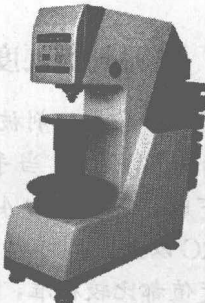
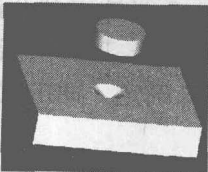
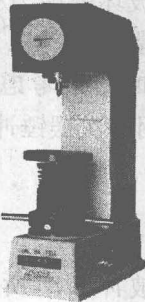
由于此材料各项力学性能指标均大于国标，所以这批材料是合格的。

三、硬度

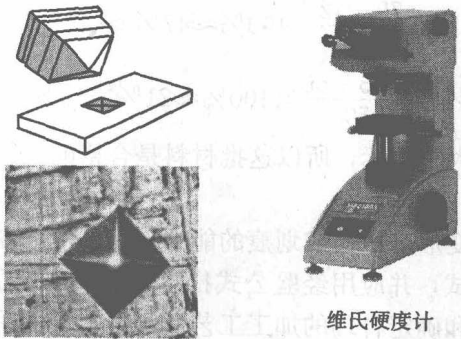
材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力称为硬度。在工程和机械冶金工业上，人们可以通过简单的硬度测试，并应用经验公式推算出金属材料的其他力学性能。因此，硬度测试已成为检验产品质量和确定合理的加工工艺所不可缺少的手段之一。工程上常用的硬度测量方法及其特点见表 1—1。

表 1—1

工程上常用的硬度测量方法及其特点

测量方法	符号	测量原理	优缺点	应用举例	有效值范围
布氏硬度	HBW (硬质合金球压头)	  通过测量压痕直径来确定硬度值 布氏硬度计	测量精度高、压头成本低；但不能测量太薄的试样和硬度较高的材料	铸铁、有色金属及其合金以及各种退火及调质处理后的钢材	<650HBW
洛氏硬度	HRA	  通过测量压痕深度来确定硬度值 洛氏硬度计	测量简单迅速，可测量薄的试样和硬的材料；但测量数据不准确	硬质合金、表面淬火钢等	70~85HRA
	HRB			退火钢、铜合金等	25~100HRB
	HRC			冷硬铸铁、淬火钢	20~67HRC

续表

测量方法	符号	测量原理	优缺点	应用举例	有效值范围
维氏硬度	HV	 通过测量压痕对角线长度来确定硬度值	保留了布氏硬度和洛氏硬度的优点,可测量较薄材料,测量范围广,从很软到很硬的各种金属材料均可测量,且准确性高	表面淬硬层及化学热处理的表面层	10~1 000HV

注:新国标规定布氏硬度测量中只用硬质合金球做压头进行测量。原用淬硬钢球压头测量的硬度值 HBS 不再采用。

知识链接

锉刀判断硬度

用长 150~200 mm、八成新的细平锉,锉削被检验零件。当手感觉到有明显阻力,且有较多的铁末被锉下时,硬度约为 40HRC;当手感觉不到有明显阻力,且锉刀在零件表面有些打滑,没有铁末被锉下时,硬度约为 45HRC;当锉刀在零件表面打滑,没有铁末被锉下时,硬度约为 50HRC 以上。

另外,工厂生产的零件,硬度值都比较标准,因此,用新旧零件相比较是保证判断准确的一种简便方法。

四、冲击韧性

金属材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力称为冲击韧性。在工程中,许多机器构件,如建筑工地上的打桩机及冲模、凿岩机等工作时都要承受冲击载荷的作用,为了保证这类构件工作时的安全,设计选材时必须考虑材料的韧性。其衡量指标为冲击韧度,用符号 α_K 表示,单位为 J/cm^2 。通常用一次摆锤冲击试验来确定,冲击试验设备如图 1—4 所示。

$$\alpha_K = \frac{A_K}{S_0}$$

式中 A_K ——冲击吸收功,是试样被冲断时所吸收的能量, J;

S_0 ——试样缺口断面面积, cm^2 。

注意:金属材料受小能量多次冲击时,冲击韧性主要取决于材料的强度和塑性。