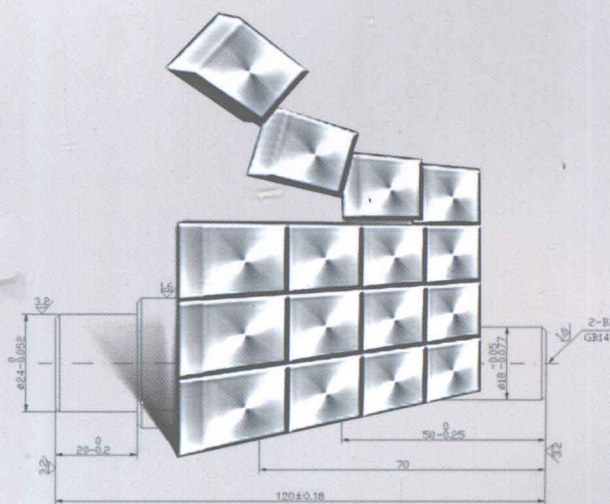
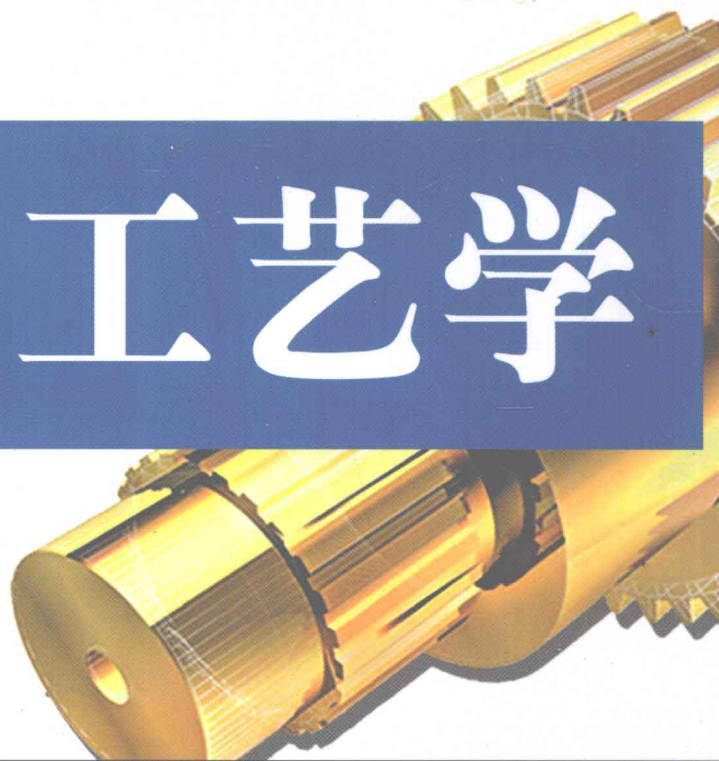




METAL TECHNOLOGY

主 编◎陆亦工

工 艺 学



中国传媒大学出版社

 二十一世纪高职高专院校规划教材

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2010)第040323号

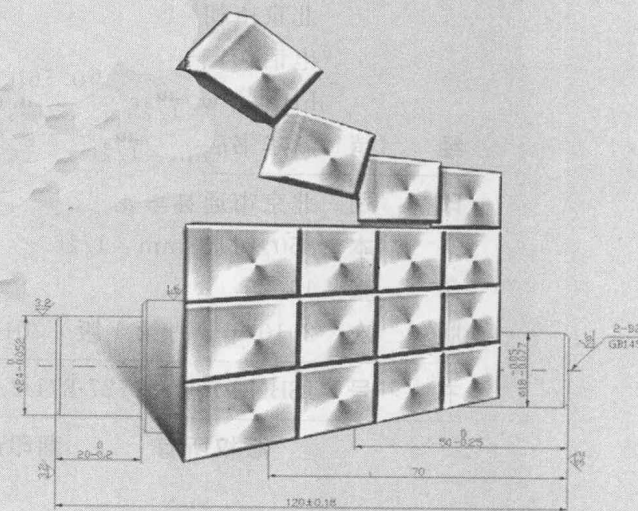
金属

METAL
TECHNOLOGY

工艺学

主 编 陆亦工
副主编 石 宁 贺 艳
编 者 金 葵 肖 萍 田 敏

常州大学图书馆
藏书章



中国传媒大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/陆亦工主编. —北京:中国传媒大学出版社,2010.3

ISBN 978-7-81127-871-2

I. ①金… II. ①陆… III. ①金属加工—工艺学—高等学校—教材 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 040333 号

金属工艺学

主 编 陆亦工
责任编辑 杨晓丹
责任印制 曹 辉
出 版 人 蔡 翔

出版发行 中国传媒大学出版社(原北京广播学院出版社)
北京市朝阳区定福庄东街1号 邮编 100024
电话:010—65450532 65450528 传真:010—65779405
<http://www.cucp.com.cn>

经 销 新华书店总店北京发行所

印 刷 北京市通县华龙印刷厂

开 本 850×1168mm 1/16

印 张 19.25

版 次 2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-81127-871-2/T·871 定 价 36.00 元

版权所有

翻印必究

印装错误

负责调换



前言

FOREWORD

金属工艺学是高职高专院校机械类和近机类专业的技术基础课程,也是工科院校非机械专业学生了解机械专业知识的一门重要基础课程。是一门实践性、应用性和综合性都很强的课程。

本教材是编者借鉴部分高职院校教学改革经验,并结合编者多年来在培养技术应用型人才方面探索的实践经验和体会而编写的。在内容上以“实用”、“够用”为原则对课程进行整合,突出实用性、应用性和综合性。本教材以机械零件材料的选用和加工工艺制定的实用性为重点,来介绍材料的性能特点、改革方法及加工工艺。并补充了一些实用性很强的实践技能训练。

通过金属工艺学课程的教学,培养学生能够系统运用材料知识和机械各类课程的知识与技能,使学生具有独立从事机械产品、零件从选材开始的全过程设计能力。

本教材共分十章,分别为金属材料基本知识、钢的热处理、金属材料、非金属材料、铸造、锻压、焊接、金属的切削加工、零件加工工艺、机械零件材料及毛坯的选择与装配。各章节前有导引,有助于学生较快地对学习内容进行总体把握,并明确学习目的。在每章后均有总结和闯关考验,能有效地帮助学生对教学内容复习、巩固和深化。本教材还配有实训技能的基本内容,有较强的实用性,各校可根据实际条件安排教学。本教材可作为高职高专机电类、机械类和近机械类各专业的通用教材。

本教材由新疆工业高等专科学校陆亦工主编,石宁、贺艳任副主编。参加教材编写的有贺艳、金葵、陆亦工、肖萍、石宁、田敏。本教材在编写过程中,得到了新疆工业高等专科学校领导和专业教师唐克生、马良的大力支持,在此表示感谢。在编写过程中参考了众多专家、学者的教材和专著,在此表示诚挚的谢意。

由于时间紧迫,加之编者水平有限,书中难免有不足之处,恳切希望广大师生、读者提出宝贵意见和建议,以促进本书的完善与提高。

编者

本书学习导航

本书体例模式在综合考虑教师教学及学生学习两方面特性的基础上,以方便教师和学生明确主次、有针对性分配教学或者学习时间而精心打造。体例模式如下:

知识全观

展示全书的知识结构框架图,让学生对全书的知识有全面的认识和把握。

知识全观

金属材料基本知识	力学性能、晶体结构、显微组织
金属的热处理	退火、正火、淬火、回火、表面热处理、化学热处理
金属材料	材料的分类、牌号与应用
非金属材料	材料的性能与应用
铸造	类型、凝固与浇注工艺
锻压	自由锻、模锻、冲压工艺
焊接	各种焊接方法与工艺
金属工艺学	零件的加工质量
	金属切削加工基本知识
	车削加工
	铣、刨(插)、拉削加工
	钻削、磨削

目标规划

将本章内容知识点提炼为两个部分:学习目标和技能目标。学习目标从两个方面(基本了解、重点掌握)来阐述,技能目标重点阐述学生应熟练应用的知识点。

一章 金属材料基本知识

目标规划

- 一、知识目标:
 1. 基本了解:了解金属的结构和性能之间的关系,结晶理论的应用,了解二元合金相图的基本概念,熟悉铁碳合金的基本组织与分类。
 2. 重点掌握:金属材料使用性能和工艺性能,材料的各种力学性能指标,典型铁碳合金结晶过程与相图分析。
- 二、技能目标:

掌握材料的力学性能的测定方法,能利用铁碳合金的显微组织,熟悉金相试样的制备方法;能用铁碳合金相图进行选材分析和制定加工工艺。

课前热身随笔

设计笔记本,便于学生记录预习时发现的问题或者产生的想法,以便学习时和教师交流。

课前热身随笔

展示本章内容框架，
让师生对于本章的学习一目了然。

金属材料的基本知识

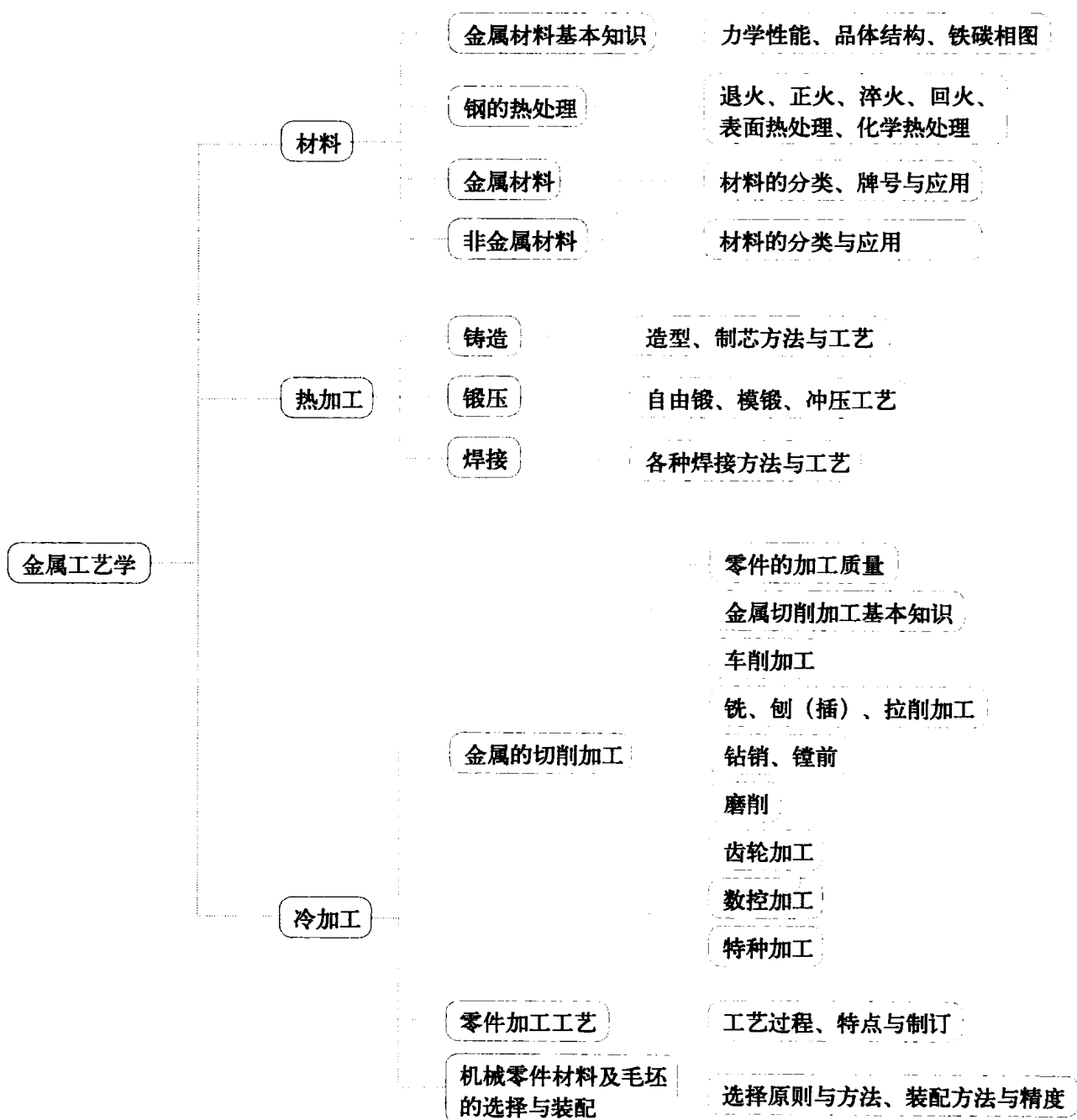
本章小结

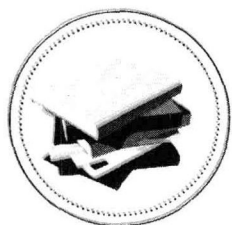
此部分总结了本章的知识点，简洁明了。

闯关考验

设计形式多样的练习题，练习题答案将在教师参考用书中体现。

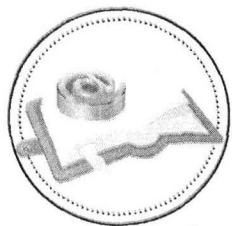
知识全观





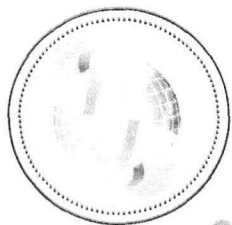
第一章 金属材料基本知识

- 第一节 金属材料的主要性能 3
- 第二节 金属与合金的结构和结晶 10
- 第三节 铁碳合金相图 19



第二章 钢的热处理

- 第一节 钢的热处理的基本原理 32
- 第二节 钢的退火和正火 41
- 第三节 钢的淬火和回火 43
- 第四节 钢的表面热处理 50
- 第五节 钢的热处理新工艺简介 54
- 第六节 常见热处理缺陷分析与预防措施 58



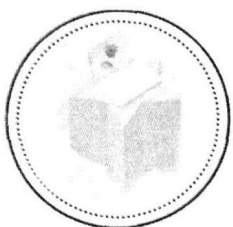
第三章 金属材料

- 第一节 钢铁材料的生产 64
- 第二节 非合金钢 68
- 第三节 合金钢 71
- 第四节 铸铁 75
- 第五节 非钢铁材料 77



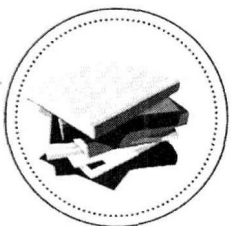
第四章 非金属材料

第一节	高分子材料	87
第二节	陶瓷材料	95
第三节	复合材料	98



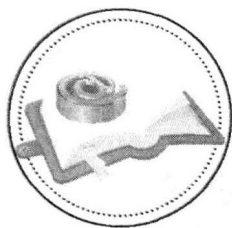
第五章 铸造

第一节	铸造概述	105
第二节	铸造成型工艺基础	105
第三节	铸造成型方法	112
第三节	砂型铸造工艺设计	125
第四节	铸造结构工艺性	127



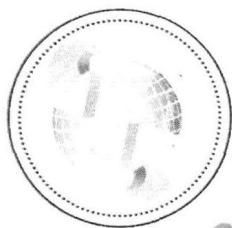
第六章 锻压

第一节	锻压概述	134
第二节	锻造	137
第三节	板料冲压	142
第四节	其他塑性变形加工方法简介	146



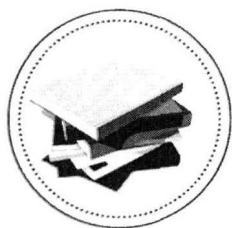
第七章 焊接

- 第一节 焊接概述 152
- 第二节 金属的焊接性能 153
- 第三节 焊条电弧焊 155
- 第四节 其他焊接方法 163
- 第五节 焊接结构工艺性 166
- 第六节 焊接质量检验 167



第八章 金属的切削加工

- 第一节 零件的加工质量 172
- 第二节 金属切削加工基本知识 175
- 第三节 车削加工 180
- 第四节 铣削、刨(插)削、拉削加工 186
- 第五节 钻削、镗削 190
- 第六节 磨削 193
- 第七节 齿轮加工 197
- 第八节 数控加工 200
- 第九节 特种加工 203



第九章 零件加工工艺

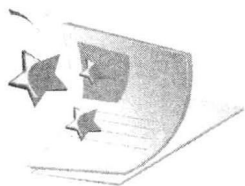
- 第一节 零件加工工艺和结构工艺性 211
- 第二节 典型零件的选材和工艺路线 219



第十章 机械零件材料及毛坯的选择与装配

- 第一节 机械零件的失效 229
- 第二节 机械零件材料选择的一般原则 231
- 第三节 零件毛坯选择的一般原则 235
- 第四节 机械装配 242

参考文献 250



一章

金属材料基本知识

目标规划

一、知识目标:

1. 基本了解：了解金属的结构和性能之间的关系，结晶理论的应用；了解二元合金相图的基本概念；熟悉铁碳合金的基本组织与分类。
2. 重点掌握：金属材料使用性能和工艺性能，材料的各种力学性能指标，典型铁碳合金结晶过程与相图分析。

二、技能目标:

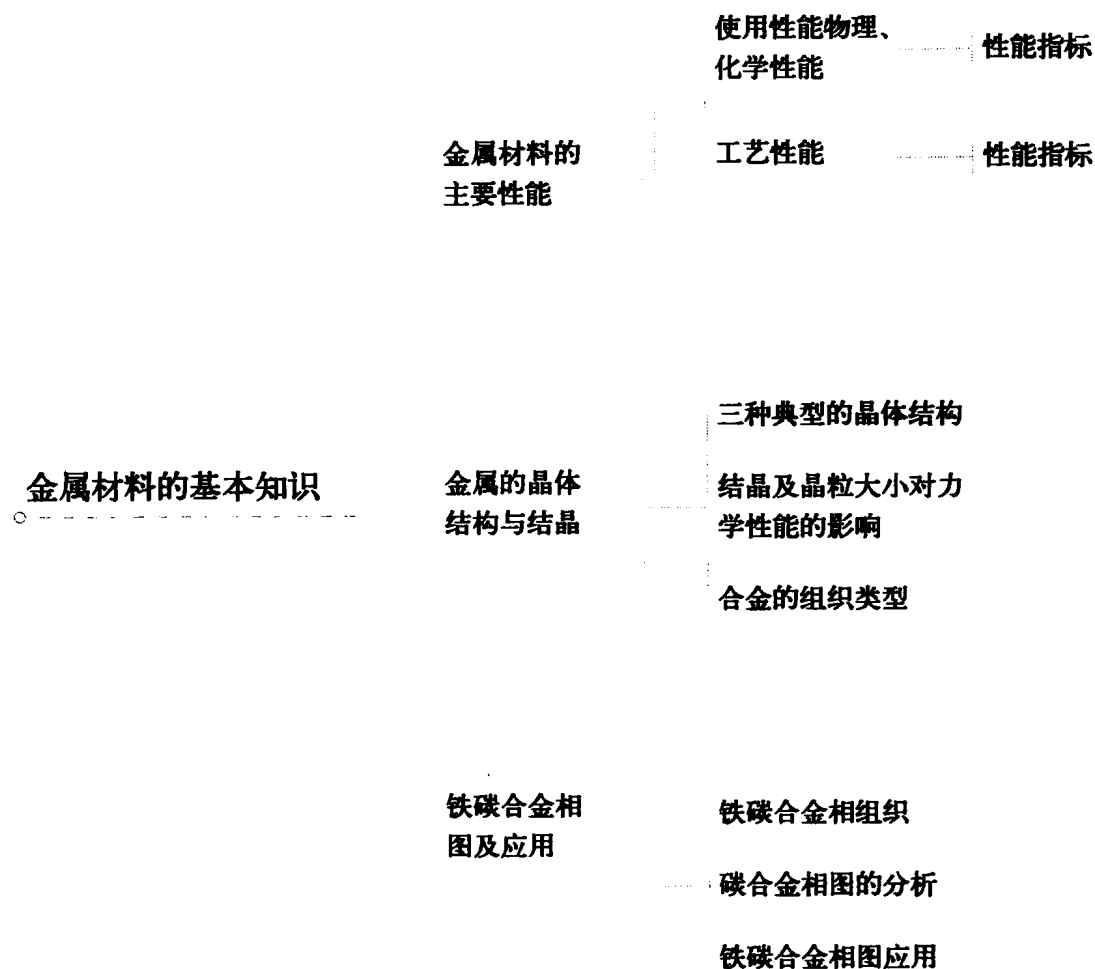
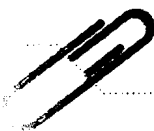
掌握材料的力学性能的测定方法，观察识别铁碳合金的显微组织，熟悉金相试样的制作方法；运用铁碳合金相图进行选材分析和制定加工工艺。



课前热身随笔



本章穿针引线



在机械制造、交通运输、国防工业、石油化工和日常生活中都需要使用大量的工程材料。生产实践中,往往由于选材不当造成机械达不到使用要求或过早失效,而金属材料是现代机械制造业的基本材料,因此了解和熟悉金属材料的基本知识成为合理选材、充分发挥工程材料内在性能潜力的重要依据。

第一节 金属材料的主要性能

在生产实践中,不同零件对材料有不同的性能要求,而同一种金属材料通过不同的方法,也可得到不同的性能。

金属材料的性能包括工艺性能和使用性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能,包括力学性能、物理性能(电导性、热导性等)、化学性能(耐蚀性、抗氧化性等)。

工艺性能是指金属材料在各种加工过程中,适应不同冷、热加工所表现出来的性能,也是金属材料采用某种加工方法制成成品的难易程度,它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

一、金属材料的力学性能

金属材料作为结构材料使用时,在机械设备及工具的设计、制造中选用金属材料时,大多以金属的力学性能为主要依据,因此熟悉和掌握金属材料的力学性能是非常重要的。

力学性能又称机械性能,是指金属材料在外力(载荷)作用下所表现出的抵抗变形和破坏的能力。常用的力学性能有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

(一) 强度

金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力,称为强度。按载荷作用方式不同,强度可分为抗拉强度、抗弯强度、抗压强度和抗剪强度等。通常以抗拉强度为基本的强度指标。通过拉伸试验可测定金属材料的抗拉强度。拉伸试验是指用静拉力对试样轴向拉伸,测量力和相应的伸长,一般拉至断裂,测定其力学性能的方法。以标准试样在万能材料试验机上进行拉伸试验,通过绘制力—伸长曲线,作为计算出强度的主要判据。图 1-1 为拉伸用标准试样,通常分为长试样($l_0=d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)两种。 l_0 和 d_0 值有规定的标准值,一般 l_0 为 100 mm 或 50 mm。

试验时,标准试样装夹在万能材料试验机上,缓慢加载拉伸。随着载荷增加,试样逐渐伸长,直至试样拉断。载荷(F)与相应的试样伸长量(Δl)可由试验机或人工绘成拉伸曲线图。

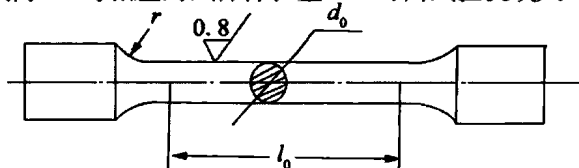


图 1-1 标准拉伸试样

课堂速记



图 1-2 为低碳钢(退火状态)的力—伸长曲线。由图可知, $F=0$ 时, $\Delta l=0$, 载荷增大到 F_p 时, Δl 成比例增加。在此范围内卸除载荷, 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 F_s 超过 F_e 时, 试样不再成比例伸长, 卸载后试样不能完全恢复到原来的形状和尺寸, 此时试样除产生弹性变形外, 还出现塑性变形(永久变形)。载荷增至 F_s , 曲线出现水平或锯齿形线段, 表示试样继续伸长而不再增加承载, 这种现象称为“屈服”。载荷超过 F_s , 试样随载荷增加而继续伸长, 此时试样已产生较大的塑性变形, 当载荷增至最大值 F_b 时, 试样伸长量迅速增大而截面迅速减小, 形成“缩颈”。由于缩颈处截面的急剧缩小, 单位面积承载大大增加, 变形更集中于缩颈区, 最后到 k 点试样断裂。

金属材料受外力作用时, 其内部产生与外力相抗衡的内部抗力, 这种内部抗力称“内力”。单位面积上的内力称为“应力”, 用 σ 表示。金属材料的强度指标就用应力来度量。常用的强度指标有弹性极限 σ_e 、屈服点 σ_s , 和抗拉强度 σ_b 等。

金属材料产生按比例完全弹性变形所能承受的最大应力值称比例极限 σ_p 。但比例极限不易精确测定, 通常用开始产生微量塑性变形时的最大应力值 σ_e 作为完全弹性变形的强度指标, 称弹性极限。

弹性极限 $\sigma_e = F_e / S_0$ (MPa)。式中, F_e 为弹性变形时的最大载荷(N); S_0 为试样原始横截面面积(mm^2)。

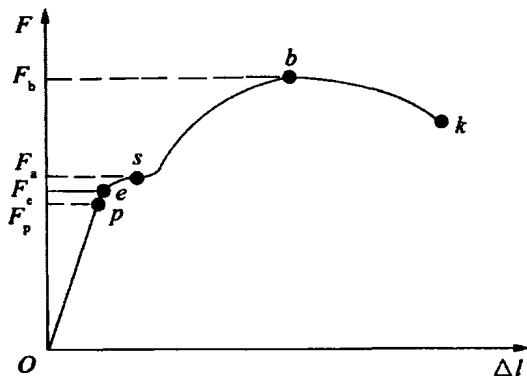


图 1-2 退火低碳钢的力—伸长曲线

试样在试验过程中力不增加(保持恒定)仍能继续伸长(变形)时的应力值称屈服点 σ_s 。由于一些金属材料的屈服现象不明显, 如铸铁、高碳钢等测定很困难。因此, 国家标准规定此类材料, 以产生 0.2% 塑性变形量时的应力值为屈服点, 用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服点 $\sigma_s = F_s / S_0$ (MPa), $\sigma_{0.2} = F_{0.2} / S_0$ (MPa)。式中, F_s 为材料屈服时的最小载荷(N); $F_{0.2}$ 为产生 0.2% 塑性变形量时的载荷(N); S_0 为原始横截面面积(mm^2)。

试样拉断前所能承受的最大应力值称抗拉强度 σ_b , $\sigma_b = F_b / S_0$ (MPa)。式中, F_b 为断裂前的最大载荷(N); S_0 为原始横截面面积(mm^2)。

金属零件和结构在工作中一般不允许产生塑性变形, 所以设计零件结构时, 屈服点 σ_s 是工程技术上极其重要的力学性能指标之一, 是重要设计依据。例如: 内燃机车上的缸盖螺栓是不允许出现塑性变形的, 否则后果不堪设想。抗拉强度 σ_b 表示材料抵抗塑性变形和破坏的最大能力, 测试数据较准确, 因此, 有关手册和资料往往提供的设计、选材的强度指标是抗拉强度 σ_b 。

(二) 塑性

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。常用的塑性指标是断后伸长率 δ



和断面收缩率 Ψ ，一般也通过拉伸试验来测定。

断后伸长率 δ 又称延伸率，是试样被拉断时，标距长度的伸长量 Δl 与原始标距 l_0 的百分比，即： $\delta = (\Delta l / l_0) \times 100\%$ 。

由于标准试样有长、短和定标距之分，所以同一材料用不同标准试样测定会有不同值；而不同材料进行比较时，必须是相同标准试样测定的数值才有意义。

断面收缩率 Ψ 为试样被拉断时，缩颈处横截面的最大缩减量 ΔS 与原始横截面面积 S_0 的百分比，即： $\Psi = (\Delta S / S_0) \times 100\%$ 。

断面收缩率不受试样尺寸影响，可以较可靠地反映材料的塑性，但必须严格控制测量和计算的误差。

断后伸长率和断面收缩率的数值大，表示金属材料的塑性变形能力大，塑性好。塑性好的金属可用压力加工、焊接等加工成型方法加工成复杂形状的零件。因为当机械零件工作时突然超载，如果材料塑性好，就能先产生塑性变形而不会突然断裂破坏。因此，大多数机械零件，除满足强度要求外，还必须有一定的塑性要求，才能保证工作安全可靠。但是，铸铁、陶瓷等脆性材料，塑性极低，拉伸时几乎不产生明显的塑性变形，超载时会突然断裂，使用时必须注意。

(三) 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。

测定硬度的方法很多，最常用的是压入法。硬度测定的设备较简单，操作方便，不需做专门的试样，可以在工件上直接测定而不损坏工件，是生产工作中广泛应用的力学性能指标。常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等几种。

1. 布氏硬度 HB

在规定的静态试验力下将压头压入材料表面，用压痕深度或压痕表面面积来评定的硬度，称为压痕硬度，布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度都属于压痕硬度。布氏硬度测试原理如图 1-3 所示。压头为淬火钢球或硬质合金球，在布氏硬度计上压头以规定的试验力和时间压入被测金属表面，卸除载荷后计算金属压痕单位面积承受的压力，即可确定被测金属材料的硬度值 HB。

$$HB = \frac{F}{S_{\text{压}}} = \frac{F}{\pi D h} \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$$

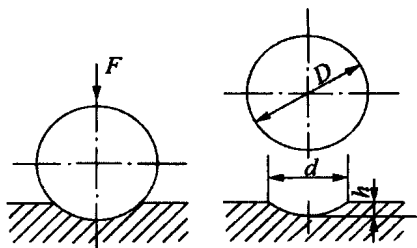


图 1-3 布氏硬度测试原理图

式中 F 为试验力，上式中 F 的单位为 kgf ， $S_{\text{压}}$ 为压痕表面面积 (mm^2)； h 为压痕深度 (mm)； D 为压头直径 (mm)。

压痕深度 h 不易测量，可由压痕直径 d 来换算。

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

在实际测定时，一般并不进行计算，而是用放大镜测量出压痕直径后，查表即可直接

课堂速记 ①



读出 HB 值。由于金属材料软硬不同,工件大小厚薄也不一样,只用同一种压力和压头,会产生压头陷入或压穿工件等情形,影响硬度测定。因此,GB 231—84《金属布氏硬度试验方法》规定,有 7 种 F/D^2 的比值,可选用不同的压力和压头。通常用淬火钢球压头测定的布氏硬度值用 HBS 表示,用硬质合金球压头测定的布氏硬度值用 HBW 表示。符号后面的数字依次表示压头球体直径 D 、试验力 F 和试验力保持时间 t (当 t 为 10~15s 时不标注)。

由于布氏硬度测定的压痕面积较大,可不受金属内部组成相细微不均匀性的影响,测试结果较准确。一般材料布氏硬度值小于 450 时宜用 HBS,布氏硬度值在 450~650 之间时宜用 HBW。硬度高的材料、薄壁工件和表面要求高的工件,不宜用布氏硬度测定。通常布氏硬度测定适用于有色金属、低碳钢、灰铸铁和退火、正火、调质处理的中碳结构钢。表 1-1 为不同金属材料根据硬度选用的 F/D^2 值。

表 1-1 按材料和布氏硬度选择 F/D^2 表

材料	布氏硬度值	F/D^2
钢和铸铁	<140	10
	≥ 140	30
铜及其合金	<35	5
	35~130	10
	>130	30
轻金属及其合金	<35	2.5(1.25)
	35~80	10(5;15)
	>80	10
铅、锡		1.25(1)

注:1. 应尽量选用 $\phi 10\text{mm}$ 球压头。

2. 应尽量选用无括号的 F/D^2 值。

2. 洛氏硬度 HR

洛氏硬度也是用压入法测定的,但不是测量压痕面积,而是通过测量压痕深度大小来衡量材料硬度高低。硬度高的材料压入深度小,直接以深度来表示硬度值与习惯认识的硬度高低不一致,因此实际使用的硬度值是用一常数 K 减去测定的深度值,把余数作为硬度值,数值大表示硬度高。

由于测量深度可直接得出数值,所以洛氏硬度计不用计算,可从表盘上直接读出硬度值。为适应不同材料的不同硬度,洛氏硬度计采用不同的压头和载荷对应不同的硬度标尺。每种标尺由一个专用字母表示,标注在 HR 后面,分别为 HRA、HRB、HRC。洛氏硬度的试验条件和应用范围见表 1-2。应注意的是,这三种不同标尺都是洛氏硬度值,但彼此之间没有直接的换算关系。

洛氏硬度测定操作简便,可直接读数,测量范围大,压痕小,可广泛用于各种材料不同工件以及薄、小和表面要求高的工件测定硬度。但因为洛氏硬度测定压痕小,对内部组织和性能不均匀的材料,测量结果可能不够准确典型,所以要求测量不同部位三个点,取其算术平均值作为测定的硬度值。测试原理如图 1-4 所示。