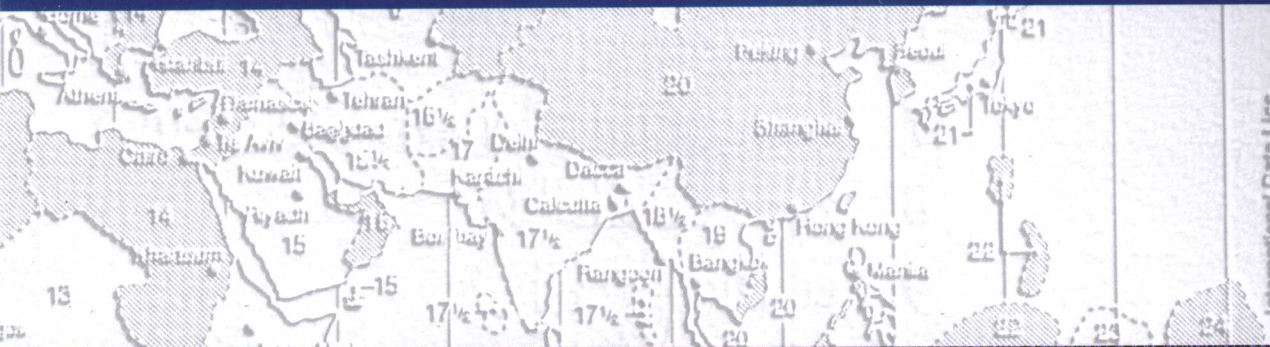




卓越系列·国家示范性高等职业院校核心课程特色教材



# 工程材料与材料成形工艺

ENGINEERING MATERIALS AND  
TECHNOLOGY OF MATERIAL FORMING

主编 韩彩霞



卓越系列·21世纪高职高专精品规划教材

# 工程材料与材料成形工艺

ENGINEERING MATERIALS AND  
TECHNOLOGY OF MATERIAL FORMING

主 编 韩彩霞  
副主编 陈安民 林秀娟  
毕静波 徐桂洪

 天津大学出版社  
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

工程材料与材料成形工艺课程主要包含工程材料基础知识、材料的强化与处理、材料成形技术与实训三个模块内容。工程材料是构成机械设备的基础,也是机械加工的对象,包括金属材料、非金属材料 and 复合材料等。材料的强化与处理包括金属材料的热处理、聚合物材料的强化处理和工程材料的表面处理等方法。材料成形技术与实训包括材料的铸造、锻压、焊接、钳工和机械加工等成形技术与基础实训。机械制造过程就是将各种原材料经过成形、强化、连接等工艺转变为机器的过程。

本书是高职高专机械类和近机械类各专业的通用教材,可应用于课堂教学、实训与实验等教学环节,也可作为高等教育自学考试和中等专业学校有关专业的教学用书,同时可供相关工程技术人员和企业管理人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程材料与材料成形工艺/韩彩霞主编. —天津:天津大学出版社,2010.7

(卓越系列)

21世纪高职高专精品规划教材

ISBN 978-7-5618-3469-5

I. ①工… II. ①韩… III. ①工程材料—成形—工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第091586号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm×239mm

印 张 19.5

字 数 404千

版 次 2010年7月第1版

印 次 2010年7月第1次

印 数 1-3000

定 价 34.00元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

# 前 言

本书是根据教育部制定的《高职高专教育工程材料与成形工艺基础课程教学基本要求》，结合近年高职高专示范院校教改经验和教学实践，按照21世纪培养高等技术应用型人才目标要求而编写的。本书是高职高专机械类和近机械类各专业的通用教材，结合专业的实际需要，坚持以理论联系实际为指导，以熟悉原理、掌握应用为原则，旨在创新和实践的基础上进行编写。本教材适用于课堂教学、实训与实验等教学环节，可作为高等教育自学考试和中等专业学校有关专业的教学用书，同时可供相关工程技术人员和企业管理人员参考。

本书以培养生产第一线需要的高等技术应用型人才为目标，将理论课与实训课进行整合，以项目为导向、以任务为驱动、以学生为主体，形成强化应用的具有高职高专特点的新的教材体系。在内容上以实用性、综合性为原则，并力图反映近年来在工程材料和成形工艺领域的最新成果；建立工程材料和材料成形工艺与现代机械制造过程的完整概念；充分重视新材料、新工艺、新技术的引入；重视综合性、应用性和实践性；全面贯彻最新国家标准。为培养学生的综合工程技术能力，强调对各种工艺的论述与比较，使学生具备能够初步选择材料及工艺、零件成形方法的能力；为便于教学，在叙述上尽力做到图文并茂、通俗易懂、文字简练、直观形象。

本书主要包含三个模块共14单元，模块一为工程材料基础知识，包含第1~5单元，讲述工程材料与机械制造过程、性能、结构与结晶、金属材料、非金属材料、新型材料与材料的质量控制；模块二为材料的强化与处理，包含第6~7单元，讲述钢的普通热处理、表面处理和金属材料及热处理；模块三为材料成形技术与实训，包含第8~14单元，讲述铸造、锻压、焊接、钳工和机械加工、非金属材料的成形工艺以及材料与成形工艺选择。

参加本书编写的有威海职业学院韩彩霞（第1单元、第2单元、第8单元），林秀娟（第3单元、第4单元、第6单元、第10单元、第11单元），毕静波（第5单元、第7单元），陈安民（第9单元、第12单元），徐桂洪（第13单元、第14单元），全书由韩彩霞副教授主编并统稿，由天津中德职业技术学院李文教授主审。

正值高职高专教育迅速发展并发生着深刻变革的时期，课程体系与教学内容的改革也正处于积极研究和探索之中。本书的编写力求适应中国高职教育的改革和发展。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳切希望广大读者批评指正。

本书编写得到了北京理工大学赵修臣副教授、中国船舶重工集团公司第七二五研究所廖志谦高工与威海职业学院鲁凤莲主任、王守志副主任、刘德成副主任、王丽蓉副主任、李宁高工、隋英杰老师和孙爱春老师的大力支持，并参考了大量有关文献资料，在此一并表示衷心的感谢。

编 者  
2010年5月

## 目 录

<b>模块一 工程材料基础知识</b> .....	1
第1单元 工程材料与机械制造过程.....	2
第2单元 根据工程材料的性能选择机械零件材料.....	8
第3单元 金属的结构与结晶 .....	17
第4单元 铁碳合金相图 .....	27
第5单元 非金属材料与新型材料的选择 .....	39
<b>模块二 材料的强化与处理</b> .....	59
第6单元 钢的热处理 .....	60
第7单元 金属材料及热处理 .....	86
<b>模块三 材料成形技术与实训</b> .....	169
第8单元 铸造成形技术与实训.....	170
第9单元 锻压成形技术与实训.....	201
第10单元 焊接成形技术与实训 .....	228
第11单元 钳工成形技术与实训 .....	246
第12单元 机械加工成形工艺 .....	263
第13单元 非金属材料成形技术与实训 .....	291
第14单元 材料与成形工艺选择及产品质量控制 .....	297

# 模块一

## 工程材料基础知识

## 第 1 单元 工程材料与机械制造过程

### 学习目标

1. 了解工程材料的分类方法。
2. 了解工程材料的发展趋势。
3. 掌握金属材料的分类方法。
4. 了解机械制造过程。



### 任务要求

找一个生活中您熟悉的某种制品或零件(比如汽车上的变速齿轮等),根据常识您认为它是用什么材料制作的?为什么选用这种材料?工程材料可分几类?工程材料的发展趋势是怎样的?

### 任务分析

该任务是关于工程材料的分类与发展趋势方面的问题,因此需要学习以下相关新知识。

### 相关新知识

#### 一、材料及其成形工艺的历史发展

我们周围到处都是材料,它们的名字已经成为人类文明的标志。例如人类社会所谓的石器时代、青铜器时代和铁器时代就是按材料划分的。世界各国对材料都非常重视,并使之成为衡量一个国家科学技术、经济水平及综合国力的重要标志之一。

我国在材料生产及其成形工艺方面取得了辉煌的成就。

①河南安阳发掘出来的商代“司母戊”大方鼎,如图 1.1 所示。

该鼎通高 133 cm,口长 110 cm、宽 79 cm,质量 832.84 kg,于 1939 年在河南省安阳市殷墟武官北地大墓出土。该鼎系商后期(约公元前 14 世纪—公元前 11 世纪)铸件,立耳,柱足,腹长方形,饰饕餮纹,腹内壁铸铭文“司(或释后)母戊”三字。该鼎为王室青铜祭器,一说为商王文丁为其母而铸;另一说为商王祖庚或祖甲为其母而铸。此鼎形制雄伟,是中国目前已发现的最大、最重的古代青铜器,现藏中国历史博物馆。

②湖北江陵楚墓中发现的埋藏 2 000 多年仍金光闪闪、锋利无比的越王勾践宝剑,如图 1.2 所示。

越王剑的刃口磨得非常精细,可与目前经精密磨床磨削得到的产品相媲美。该剑当时经过了硫化处理。

③陕西临潼发掘的铜车马,如图 1.3 所示。

1980 年秦陵出土的铜车马,全长 328.4 cm,现藏于陕西临潼秦始皇兵马俑博物馆,其工艺设计和部件比例极为精确。秦(约公元前 221—公元前 206 年)统一天下,拥有当时最高超的技术,该器由 3 000 多个部件组成,不愧为世界八大奇迹之一秦兵马俑中的珍品。



图 1.1 商代“司母戊”大方鼎

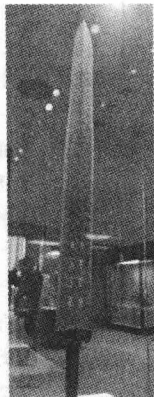


图 1.2 越王  
勾践宝剑

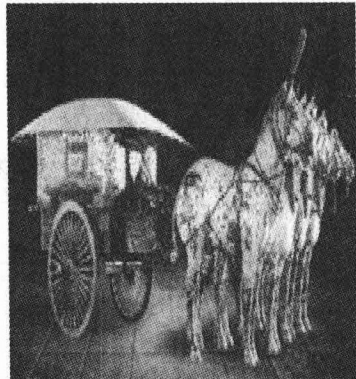


图 1.3 铜车马

我国在材料生产及其成形工艺方面取得的辉煌成就还有很多。中国是世界文明古国之一,早在公元前 16 世纪的殷商时代,就已大量使用青铜,并已具有高超的冶铸技术;公元前 4 世纪以前的春秋战国时期出现了铁器,铸铁技术比欧洲约早 1 000 年,在世界材料发展史中写下了光辉的篇章。新中国成立后,我国一直把材料工业作为重点发展领域之一,我国钢产量在 1996 年突破了 1 亿 t,达到世界第一;2003 年突破 2 亿 t,已成为世界上最大的钢铁生产和消费国家。

## 二、工程材料的分类及发展趋势

材料是一切事物的物质基础,一种新技术的实现,往往需要新材料的支持。材料、能源、信息、生物工程是现代文明的四大支柱。

### (一)工程材料的分类

在生活、生产和科技等各个领域,用于制造结构、机器、工具和功能器件的各类材料统称为工程材料。工程材料的分类方法主要有以下三种:

①按组成特点分为金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料、复合材料;



②按使用性能分为结构材料、功能材料；

③按使用领域分为信息材料、能源材料、建筑材料、机械工程材料、生物材料和航空航天材料等多种类别。

### 1. 金属材料

金属材料的分类如图 1.4 所示。由于金属材料具有良好的力学性能、物理性能、化学性能及工艺性能,能采用比较简便和经济的工艺方法制成零件,因此金属材料是目前应用最广泛的材料。

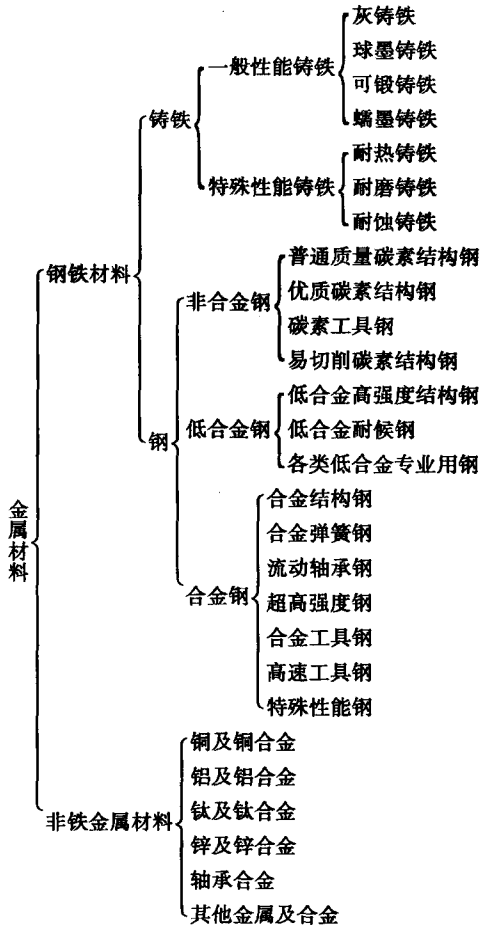


图 1.4 金属材料的分类

### 2. 有机高分子材料

有机高分子材料包括塑料、橡胶、合成纤维、胶黏剂、液晶、木材、油脂和涂料等。因其原料丰富、成本低,加工方便等优点,发展极其迅速,目前已在工业上广泛应用,并将越来越多地被采用。

工程上通常根据高分子材料的力学性能和使用状态将其分为三大类。

①塑料。主要指强度、韧性和耐磨性较好的,可制造某些机器零件或构件的工程塑料,分热塑料和热固性塑料两种。

②橡胶。通常指经硫化处理的、弹性特别优良的聚合物,有通用橡胶和特种橡胶两种。

③合成纤维。指由单体聚合而成的、强度很高的聚合物,通过机械处理所获得的纤维材料。

### 3. 无机非金属材料

无机非金属材料的分类如图 1.5 所示。无机非金属材料主要是陶瓷材料、水泥、玻璃、耐火材料等。它具有不可燃性、高耐热性、高化学稳定性、不老化性以及高的硬度和良好的耐压性,且原料丰富,受到材料工作者和特殊行业的广泛关注。

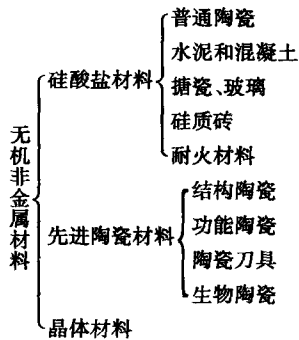


图 1.5 无机非金属材料的分类

### 4. 复合材料

复合材料的分类如图 1.6 所示。

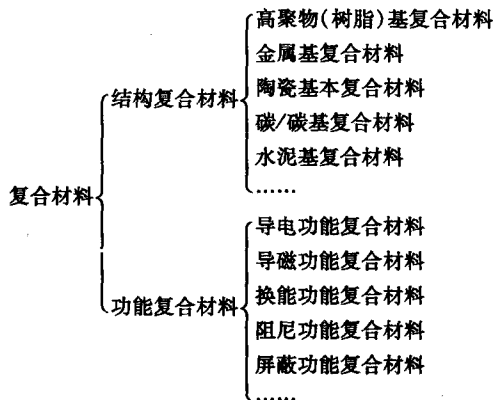


图 1.6 复合材料的分类

复合材料是两种或两种以上不同材料的组合材料,它的结合键非常复杂,其性能是它的组成材料所不具备的。复合材料通常是由基体材料(树脂、金属、陶瓷)和增强剂(颗粒、纤维、晶须)复合而成的。它既保持所组成材料的各自特性,又具有组成

后的新特性,它在强度、刚度和耐蚀性方面比单纯的金属、陶瓷和聚合物都优越,且它的力学性能和功能可以根据使用需要进行设计、制造。所以自1940年玻璃钢问世以来,复合材料的应用领域在迅速扩大,其品种、数量和质量有了飞速发展,具有广阔的发展前景。

### (二)工程材料的发展趋势

工程材料的发展趋势可概括为以下几个方面:

- ①从均质材料向复合材料发展;
- ②由结构材料为主的方向,向功能材料、多功能材料并重的方向发展;
- ③材料结构的尺度向越来越小的方向发展;
- ④由被动性材料向具有主动性的智能材料方向发展;
- ⑤通过仿生途径来发展新材料。

### (三)金属材料在近代工业中的地位

金属分为黑色金属和有色金属两类。通常情况下,人们把铁及铁合金称为黑色金属,即钢铁材料。黑色金属之外的所有金属及其合金称为有色金属(如铝及铝合金、铜及铜合金等)。

金属材料在工农业生产中占有极其重要的地位,在日常生活中得到广泛应用。其原因主要有以下三个方面:

- ①来源广泛;
- ②优良的使用性能和工艺性能;
- ③通过热处理可使金属的性能显著提高。

## 三、机械制造过程

机械制造工艺是指将各种原材料、半成品加工成为产品的方法和过程。机械生产过程按其功能不同主要分为两类。一类是直接改变工件的形状、尺寸、性能以及决定零件相互位置关系的加工过程,如毛坯制造、机械加工、热处理、表面保护、装配等,以材料成形工艺技术为主,它们直接创造附加价值;另一类是搬运、贮存、检验、包装等辅助生产过程,它们间接创造附加价值。机械制造工艺流程如图1.7所示。

机械工业生产的原材料主要是以钢铁为主的金属结构材料,包括由冶金工厂直接供应的棒、板、管、线材、型材,供进行切割、焊接、冲压、锻造或下料后直接进行机械加工;也包括生铁、废钢、铝锭、电解铜板等材料,进行二次熔化和加工。随着机械工程材料结构的不断调整,各种特种合金、金属粉末、工程塑料、复合材料和陶瓷材料的应用比例也不断扩大。

金属毛坯和零件的成形一般有铸造、锻压、冲压、焊接和轧材下料等五种常用方法;其他材料(塑料等)各有各的特殊成形方法。

零件的机械加工指采用切削、磨削和特种加工等方法,改变毛坯形状、尺寸及表面质量,使其成为合格零件的过程。根据加工余量的大小及所能达到的精度,一般分

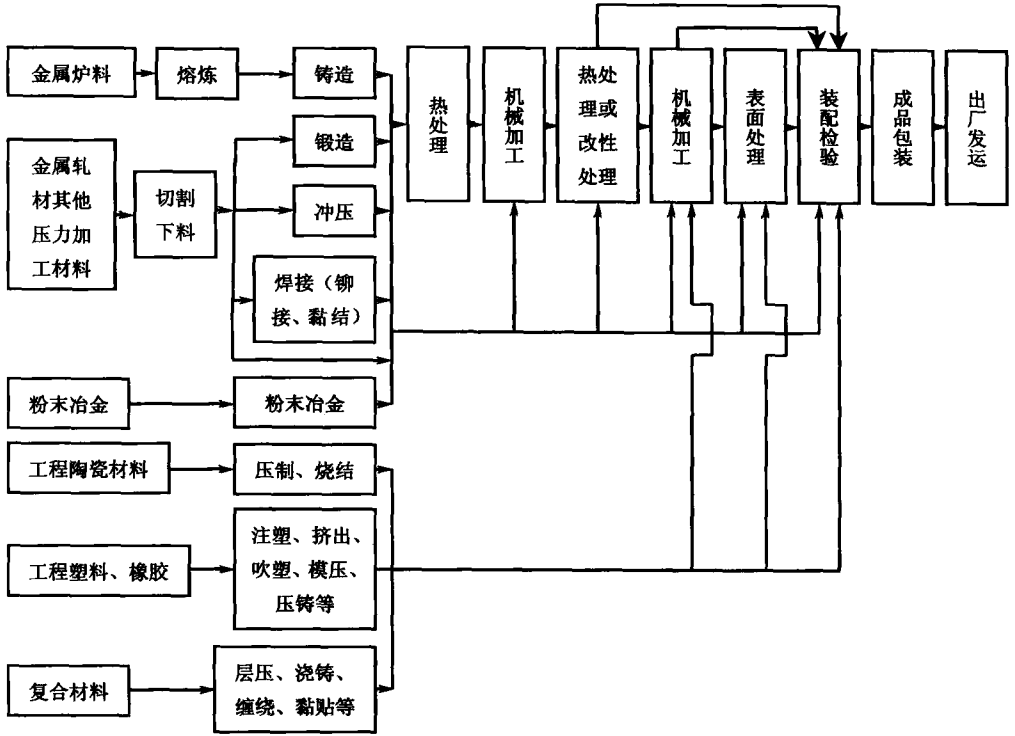


图 1.7 机械制造工艺流程图

粗加工和精加工两种。

金属材料的热处理可分为预备热处理和最终热处理。前者一般在毛坯成形后粗加工前进行；后者一般在粗加工后精加工前进行。

材料电镀、转化膜、气相沉积、热喷涂、涂装等表面处理工艺，一般在零件精加工后装配前进行，用以改变零件表面的力学性能及物理化学性能，使其具有符合使用要求的各种性能。

在加工工艺过程中，有大量的主题工序（如造型、熔化浇注、切削等），也有大量的辅助工序（如毛坯打磨、焊补等）。在工艺装备中要有相应的辅助工装（如砂箱、夹具等）和工艺材料（如原砂、焊条、切削液等）配合。辅助工序、辅助工装和工艺材料对产品质量也具有重大影响。

在机械制造生产过程中，各种物料（原材料、工件、成品、工具、废品废料等）的搬运和贮存，材料产品和工艺过程的检测和质量监控，生产过程中各种信息的传递和控制都是贯穿于整个机械制造工艺过程的，是保证生产工艺过程的正确实施、提高产品质量稳定性和提高经济效益的重要环节。

#### 四、学习本课程的目标和任务

通过学习本课程,要达到以下几方面的要求:

- ①熟悉成分、组织、性能之间的基本规律;
- ②合理选用常用工程材料与材料成形工艺;
- ③确定热处理方法及其工序;
- ④了解新材料、新技术、新工艺。

#### 思考与练习

1. 试举出一个您所了解的反映我国在材料成形工艺技术方面成就的例子。
2. 根据常识您认为锉刀是用什么材料制作的?为什么用这种材料?采用什么成形方法制作?为什么用这种成形方法?
3. 试述金属材料的分类。
4. 试述工程材料的分类。
5. 说明工程材料与材料成形工艺技术在机械制造过程中的地位和作用。

### 第2单元 根据工程材料的性能选择机械零件材料

#### 学习目标

1. 掌握材料的力学性能指标。
2. 掌握强度和塑性判据。
3. 了解材料的物理性能、化学性能、工艺性能和经济性。
4. 能够根据工程材料的性能进行机械零件的选材。



#### 任务要求

对钢材而言,有2 000多个不同的种类和型号。要制造一个特定的零件,应根据什么原则来选择材料呢?如何科学地评价材料的性能?材料的力学性能主要有哪些?如何测定材料的力学性能?材料的力学性能有何实际作用?如何根据工程材料的性能选择机械零件的材料?



## 任务分析

该任务是根据工程材料的性能进行机械零件的选材,在进行材料选择时,必须首先考虑材料的强度、导电性或导热性、密度及其他性能;然后,考虑材料的加工性能和使用行为(其中重点是材料的可成形性、机械加工性、电稳定性、化学持久性);最后还需考虑材料的成本。因此需要学习以下相关新知识。

## 相关新知识

工程材料的性能可分为使用性能、工艺性能和经济性三大类。使用性能是指在正常工作条件下材料应具备的性能,主要包括力学性能、物理性能、化学性能。工艺性能是指材料在加工制造中表现出的难易程度,主要包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。经济性即经济效益,是指零件的生产和使用的总成本。

### 一、材料的力学性能

材料的力学性能是指材料在力的作用下所显示的涉及弹性和非弹性反应或应力—应变关系的性能,通俗地讲是指材料抵抗外力引起的变形与破坏的能力。常用的力学性能指标有强度、塑性、硬度、冲击韧度、疲劳极限等。

#### (一) 材料的强度与塑性

材料的强度是指材料在力的作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。材料的强度分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。材料的塑性是指金属在外力作用下能稳定地改变自己的形状和尺寸,而各质点间的联系不被破坏的性能。材料的强度与塑性是重要的力学性能指标,采用拉伸试验方法测定其大小。

#### 1. 拉伸试验

拉伸试验是指用静拉伸力对标准拉伸试样进行缓慢的轴向拉伸,直至拉断的一种试验方法。通过拉伸试验可以测出力的变化与相应的伸长,从而测出材料的强度和塑性。试验前将材料制成一定形状和尺寸的标准拉伸试样(见 GB/T 228—2002)。图 2.1 为常用的标准拉伸试样,试样的直径为  $d_0$ ,标距为  $L_0$ 。把试样安装在拉伸试验机上,并对试样施加一个缓慢增加的轴向拉力,试样产生变形,直至拉断。若将试样从开始加载直到断裂前所受的拉力  $F$ ,与其标距  $L_0$  的伸长量  $\Delta L$  绘成曲线,便得到拉伸曲线。图 2.2 为低碳钢拉伸曲线。用试样原始截面积  $S_0$  去除

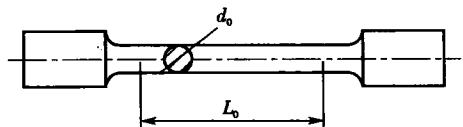


图 2.1 标准拉伸试样

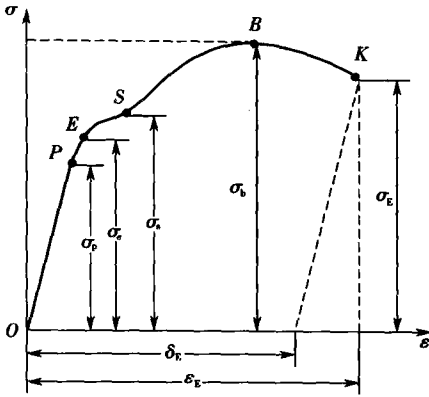


图 2.2 低碳钢的拉伸曲线

拉力  $F$  得到应力  $\sigma$ ，以试样原始标距  $L_0$  去除伸长量  $\Delta L$  得到应变  $\varepsilon$ ，即  $\sigma = F/S_0$ ， $\varepsilon = \Delta L/L_0$ ，则力—伸长 ( $F-\Delta L$ ) 曲线就成了应力—应变 ( $\sigma-\varepsilon$ ) 曲线。从  $\sigma-\varepsilon$  曲线中可以得到两个重要的力学性能指标：强度和塑性。

## 2. 强度

强度是材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。工程上常用的静拉伸强度判据有如下几个。

### (1) 弹性极限

在弹性阶段内，如卸去载荷，试样伸长量消失，试样恢复原状。材料的这种不产生永久残余变形的能力称为弹性。E 点对应的应力值称为弹性极限，记为  $\sigma_e$ ，是保持纯弹性变形的最大应力。

$$\sigma_e = F_e/S_0$$

式中： $F_e$ ——将在试样产生完全弹性变形时的最大拉伸力，N；

$S_0$ ——试样原始截面积， $\text{mm}^2$ 。

应力的单位通常用 MPa 表示， $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$ 。

拉伸曲线  $OP$  段是直线，金属材料处在弹性变形阶段，且应力与应变成正比，服从胡克定律，外力与变形成正比时的最大应力称为比例极限，用  $\sigma_p$  表示：

$$\sigma_p = F_p/S_0$$

式中： $F_p$ ——试样服从胡克定律的最大外力，N。

由于难以用试验直接测定弹性极限和比例极限，故在拉伸试验方法标准（见 GB/T 228—2002）中采用“规定非比例伸长应力”代之。

### (2) 屈服点和规定残余伸长应力

开始产生屈服现象时的应力称为屈服点，其含义是指材料在外力作用下开始产生明显塑性变形的最小应力，也即材料抵抗微量塑性变形的能力，用  $\sigma_s$  表示：

$$\sigma_s = F_s/S_0$$

式中： $F_s$ ——材料屈服时的最小拉伸力，N。

屈服点是具有屈服现象的材料特有的强度指标。由于大多数合金没有明显的屈服现象，难于确定产生塑性变形的最小应力，因此提出“规定残余伸长应力”作为相应的强度指标。国家标准规定：当试样卸除拉伸力后，其标距部分的残余伸长达达到规定的原始标距百分比时的应力，作为规定残余伸长应力 ( $\sigma_r$ )。例如  $\sigma_{r0.2}$  表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

### (3) 抗拉强度

当负荷继续增加超过 S 点后，变形量随着负荷的增加而急剧增加。当负荷超过

$B$  点,变形集中在试样的某一部位上,试样在该部位出现颈缩现象,拉伸变形集中在颈缩处。继续施加负荷,试样在  $K$  点断裂。材料断裂前所承受的最大应力,即为抗拉强度(强度极限),它也是试样能够保持均匀塑性变形的最大应力,用  $\sigma_b$  表示:

$$\sigma_b = F_b / S_0$$

式中: $F_b$ ——试样被拉断前所承受的最大载荷,N。

注意:零件设计时对塑性材料采用屈服点;脆性材料采用抗拉强度。

### 3. 塑性

塑性是指材料在断裂前产生不可逆永久变形的能力。反映材料塑性的力学性能指标有断后伸长率和断面收缩率。

#### (1) 断后伸长率

断后伸长率又称延伸率,是指试样拉断后,其标距的伸长量与原始标距的百分比,用  $\delta$  表示:

$$\delta = [(L_1 - L_0) / L_0] \times 100\%$$

式中: $L_1$ ——试样拉断后的标距,mm;

$L_0$ ——试样原始标距,mm。

#### (2) 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后颈缩处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比,用  $\psi$  表示:

$$\psi = [(S_0 - S_1) / S_0] \times 100\%$$

注意: $\delta$  和  $\psi$  数值越大,材料的塑性越好。

### (二) 硬度

硬度指金属材料抵抗外物压入其表面的能力,也是衡量金属材料软硬程度的一种力学性能指标。工程上常用的有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

#### 1. 布氏硬度

布氏硬度是在布氏硬度计上进行的测量的,用一定直径的钢球或硬质合金球作为压头,以相应的试验力压入试样表面,保持规定的时间后,卸除试验力,在试样表面形成压痕,以压痕球形表面所承受的平均负荷作为布氏硬度值,如图 2.3 所示。

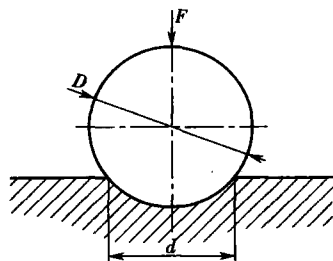


图 2.3 布氏硬度试验原理示意图

$$\text{HBS (HBW)} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中: $F$ ——试验力,N;

$D$ ——球体直径,mm;

$d$ ——压痕平均直径,mm。

在做布氏试验时,只需测量出  $d$  值即可从有关表格上查出相应的布氏硬度值。

压头为淬火钢球时,记为 HBS,适用于布氏硬度 450 以下的材料;压头为硬质合金球时,记为 HBW,适用于布氏硬度 650 以下的材料。

注意:布氏硬度试验的优点是测量结果准确;缺点是压痕大,不适合成品检验。目前主要应用于铸铁、有色金属以及经退火、正火和调质处理的钢材的硬度测定。

## 2. 洛氏硬度

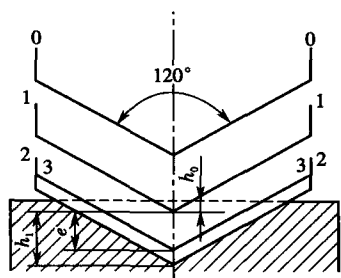


图 2.4 洛氏硬度试验原理示意图

洛氏硬度是用压头压入的压痕深度作为测量硬度值的依据,如图 2.4 所示。

洛氏硬度值可以直接从洛氏硬度计的表盘上读出,它是一个相对值,人们规定每 0.002 mm 压痕深度为一个洛氏硬度单位。洛氏硬度用 HRA、HRB 和 HRC 来表示。HRC 采用顶角为 120° 的金刚石圆锥体为压头,施加 1 471.5 N 的外力,主要用于淬火钢等较硬材料的测定,可测硬度范围为 20 ~ 67 HRC; HRA 采用 588.6 N 外加载荷,用于测量高硬度薄层,可测硬度范围为 70 ~ 85 HRA; HRB 采用直径 1.588 mm 的钢球,981 N 的外加载荷,用于硬度较低的材料,可测硬度范围为 25 ~ 100 HRB。常用的三种洛氏硬度的试验条件和应用范围见表 2.1。

洛氏硬度值标注方法为硬度符号前面注明硬度数值,例如 52 HRC、70 HRA 等。

注意:洛氏硬度试验优点是测量迅速简便,压痕小,可在成品零件上检测;缺点是测量数值分散;目前主要应用于淬火钢、调质钢批生产零件,当硬度值为 20 ~ 67 HRC 时有效。

表 2.1 常用的三种洛氏硬度的试验条件和应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 $F/kN$	硬度值有效范围	适用范围
HRA	120° 金刚石圆锥体	0.588 4	70 ~ 85 HRA	硬质合金,表面淬硬层,渗碳层
HRB	$\phi 1.588$ mm 钢球	0.980 7	25 ~ 100 HRB	非铁金属,退火、正火钢等
HRC	120° 金刚石圆锥体	1.471 1	20 ~ 67 HRC	淬火钢、调质钢等

## 3. 维氏硬度

维氏硬度测试的基本原理与布氏硬度相同,但压头采用锥面夹角 136° 的金刚石正四棱锥体,维氏硬度试验所用载荷小,压痕深度浅,适用于测量零件薄的表面硬化层的硬度。

注意:维氏硬度试验载荷可任意选择,故可测硬度范围宽,但工作效率较低。

### (三) 冲击韧度

有些机械(如冲床、锻锤等)的零部件在使用过程中不仅受到静载荷或动载荷作用,而且还会受到不同程度的冲击载荷作用。因此,在设计和制造受冲击载荷的零件和工具时,还必须考虑所用材料的冲击吸收功或冲击韧度。

冲击韧度是指金属材料抵抗冲击负荷的能力,测定金属材料的冲击韧度值目前