

高 等 学 校 教 材

# 工程材料 及其成形基础

戈晓岚 赵占西 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

# 工程材料及其成形基础

Gongcheng Cailiao jiqi Chengxing Jichu

戈晓岚 赵占西 主编



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是按照高等学校教改要求,以教育部最新颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》规定的基本教学内容和要求为依据,对现有的相关教材进行必要的分析,汲取了国内外同类教材的优点,并结合相关院校的教改成果及作者多年的教学经验编写而成。

本书精选内容、强调应用、注重能力培养,以选材—改性—成形为主线,将金属与非金属材料结合在一起,既突出共性,又兼顾个性;从理论上简明扼要地论述了材料成分、结构、组织与性能的关系,并着重叙述了材料改性的原理、方法、性能、用途和各种成形技术的原理、方法、工艺和结构要求。

本书既可作为高等院校本科机械类和近机械类专业的教材,亦可作为高等职业院校、高等专科学校相关专业的教材和有关专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及其成形基础 / 戈晓岚, 赵占西主编. —  
北京: 高等教育出版社, 2012. 8  
ISBN 978-7-04-034800-2

I. ①工… II. ①戈… ②赵… III. ①工程材料—成  
型—高等学校—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第160913号

|      |     |      |     |      |     |      |     |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 策划编辑 | 杜惠萍 | 责任编辑 | 杜惠萍 | 封面设计 | 于文燕 | 版式设计 | 杜微言 |
| 责任校对 | 金 辉 | 责任印制 | 尤 静 |      |     |      |     |

|      |                   |      |                                                                   |
|------|-------------------|------|-------------------------------------------------------------------|
| 出版发行 | 高等教育出版社           | 咨询电话 | 400—810—0598                                                      |
| 社 址  | 北京市西城区德外大街 4 号    | 网 址  | <a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>         |
| 邮政编码 | 100120            |      | <a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>         |
| 印 刷  | 化学工业出版社印刷厂        | 网上订购 | <a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>       |
| 开 本  | 787mm×1092mm 1/16 |      | <a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a> |
| 印 张  | 26                | 版 次  | 2012 年 8 月第 1 版                                                   |
| 字 数  | 640 千字            | 印 次  | 2012 年 8 月第 1 次印刷                                                 |
| 购书热线 | 010—58581118      | 定 价  | 40.30 元                                                           |

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物 料 号 34800—00

# 前 言

教材是教学的依据,是教师多年教学经验的沉淀,是教改成果的体现,也是教改的重点和难点。本书是按照高校专业设置调整与合并所提出的教改要求,以教育部最新颁布的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》规定的基本教学内容和要求为依据,对现有的相关教材进行必要的分析,汲取了国内外同类教材的优点,并结合相关院校的教改成果及作者多年的教学经验编写而成。本书提出“保持特色、精炼基础,拓宽知识、跟踪时代,注重应用、强化能力”,坚持“精、实、广、新、活”的五字目标。精:提高起点,精炼基础。实:注重应用,培养能力。广:拓宽知识面,注重各学科知识的综合。新:知识适当更新,既保持特色,又注意学科前沿。活:强调自学能力和科学思维方法的训练,变“学会”为“会学”。

本书以选材—改性—成形为主线,将金属与非金属材料结合在一起,既突出共性,又兼顾个性;从理论上简明扼要地论述了材料成分、结构、组织与性能的关系,并着重叙述了材料改性的原理、方法、性能、用途和各种成形技术的原理、方法、工艺和结构要求。本书还从选材、改性和成形等方面介绍了实际应用。

本书将教材内容和学习指导有机融合,每章都有帮助读者消化、巩固、深化学习内容和应用的学习指导和习题。书中基本术语和材料牌号等采用了新国家标准。使用本书时,可根据各种具体情况作必要的调整或增删,有些内容可供学生自学。

本书由江苏大学、河海大学和三江学院长期从事工程材料及材料成形基础课程教学和科研的教师编写,戈晓岚、赵占西任主编。参编人员有戈晓岚(绪论、第1~7章)、赵占西(第8、13章)、刘桂玲(第9章)、田松亚(第10章)、纪秀林(第11章)、严春妍(第12章)。

东南大学赵敎生教授审阅了本书,对本书提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢!编写过程中,编者参考了许多国内外相关教材、科技著作和论文,在此向相关资料的作者表示深切的谢意!

由于编者水平所限,难免存在缺点和错误,恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

2012年3月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

# 目 录

## 绪 论

### 第 1 篇 工 程 材 料

|                               |    |                             |     |
|-------------------------------|----|-----------------------------|-----|
| <b>第 1 章 材料的性能</b> .....      | 5  | 4.3 钢的淬火 .....              | 70  |
| 1.1 静态力学性能 .....              | 5  | 4.4 钢的回火 .....              | 72  |
| 1.2 动态力学性能 .....              | 11 | 4.5 淬火钢的三大特性 .....          | 75  |
| 1.3 高、低温性能 .....              | 13 | 4.6 钢的表面热处理 .....           | 76  |
| 1.4 材料的工艺性能 .....             | 14 | 习题与思考题 .....                | 81  |
| 1.5 工艺过程对材料性能的影响 .....        | 15 | <b>第 5 章 工业用钢及铸铁</b> .....  | 83  |
| 习题与思考题 .....                  | 17 | 5.1 钢的综述 .....              | 84  |
| <b>第 2 章 材料的内部结构</b> .....    | 19 | 5.2 结构钢 .....               | 91  |
| 2.1 固体材料的结构 .....             | 19 | 5.3 工具钢 .....               | 101 |
| 2.2 金属及合金的晶体结构 .....          | 21 | 5.4 特殊性能钢 .....             | 108 |
| 2.3 金属的结晶 .....               | 26 | 5.5 铸铁 .....                | 109 |
| 2.4 高分子化合物的组成与结构 .....        | 30 | 习题与思考题 .....                | 118 |
| 2.5 陶瓷材料的组成与结构 .....          | 37 | <b>第 6 章 有色金属及其合金</b> ..... | 120 |
| 习题与思考题 .....                  | 40 | 6.1 铝及铝合金 .....             | 120 |
| <b>第 3 章 二元合金相图及相变基础知识</b> .. | 42 | 6.2 铜及铜合金 .....             | 127 |
| 3.1 平衡相图的概念 .....             | 43 | 6.3 轴承合金 .....              | 132 |
| 3.2 平衡相图的应用 .....             | 45 | 6.4 其他有色金属及其合金 .....        | 136 |
| 3.3 Fe-C 平衡相图 .....           | 49 | 习题与思考题 .....                | 139 |
| 3.4 钢在加热时的转变 .....            | 58 | <b>第 7 章 非金属材料</b> .....    | 141 |
| 3.5 钢在冷却时的转变 .....            | 59 | 7.1 工程塑料 .....              | 142 |
| 习题与思考题 .....                  | 64 | 7.2 橡胶 .....                | 148 |
| <b>第 4 章 热处理</b> .....        | 66 | 7.3 工业陶瓷 .....              | 150 |
| 4.1 概述 .....                  | 66 | 7.4 复合材料 .....              | 156 |
| 4.2 钢的退火与正火 .....             | 68 | 习题与思考题 .....                | 159 |

### 第 2 篇 工程材料成形基础

|                           |     |                    |     |
|---------------------------|-----|--------------------|-----|
| <b>第 8 章 金属铸造成形</b> ..... | 161 | 8.3 铸造成形方法 .....   | 176 |
| 8.1 概述 .....              | 161 | 8.4 砂型铸造工艺设计 ..... | 187 |
| 8.2 铸造成形工艺基础 .....        | 162 | 8.5 铸件的结构工艺性 ..... | 202 |



# 绪 论

材料是指具有满足指定工作条件下使用要求的形态和物理性状的物质,是组成生产工具的物质基础。材料也是日常生活基本资源中不可分割的一个组成部分。材料与人类文明的关系非常密切,历史学家把人类的历史按人类所使用的材料种类划分为石器时代、青铜器时代、铁器时代、钢铁时代、新材料时代等(图 0-1),材料的利用和发展构成了人类文明史的里程碑。由于材料对社会、经济、技术发展有很大的影响,所以到了 20 世纪 60 年代,在现代工业生产中,人们把材料、能源、信息称为现代技术的三大支柱,而材料进步是现代技术革命的先锋,未来的空间工业、海洋工业和基因工程都离不开材料科学。新材料发展与新技术发展相互依赖,20 世纪 70 年代又把新型材料、信息技术和生物技术列为新技术革命的主要标志。

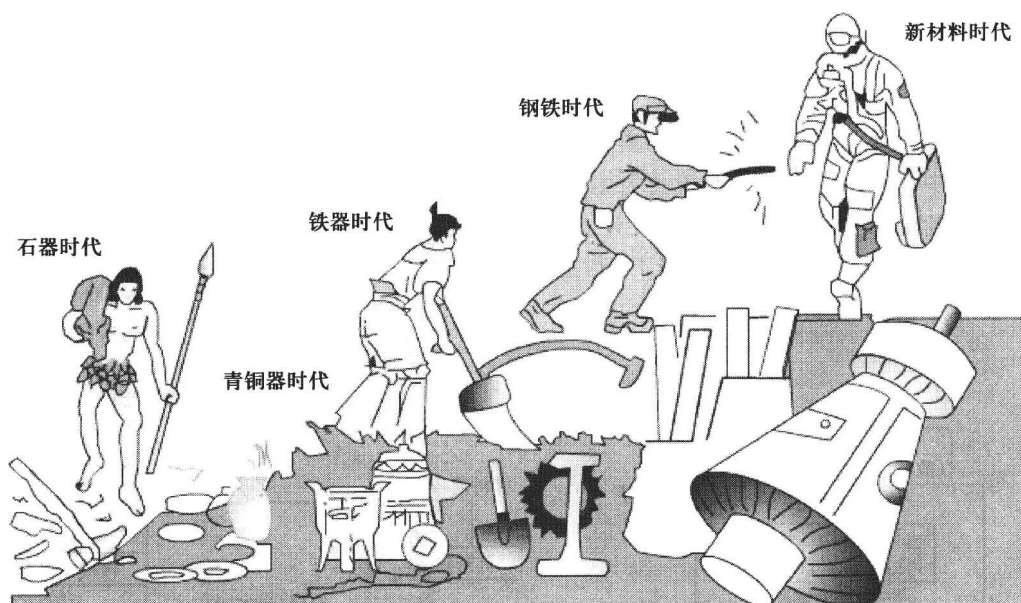


图 0-1 材料的发展与人类的进化

工程材料是指工程上使用的材料,其种类繁多,有许多不同的分类方法。若按用途分,可分为建筑工程材料、机械工程材料、电工材料等;若按原子聚集状态分,可分为单晶体材料、多晶体材料和非晶体材料;若按材料的化学成分、结合键的特点分,可分为金属材料、有机高分子材料、无机非金属材料(陶瓷)和半导体材料四大类。图 0-2 所示的价键四面体清晰地表示各类材料之间的本质区别和内在联系。

金属材料是目前应用最广泛的工程材料,它包括纯金属及其合金。在工业上,把金属材料分为两类:一类是黑色金属,指铁、锰、铬及其合金,其中以铁为基的合金(钢和铸铁)应用最广;另一类是有色金属,指除黑色金属以外的所有金属及其合金。按照特性的不同,有色金属又分为轻金



属、重金属、贵金属、稀有金属和放射性金属等多种。今天,如果没有耐高温、高强度、高性能的钛合金等金属材料,就不可能有现代宇航工业的发展。所以,早在 20 世纪 70 年代初,国内外的材料专家就把金属材料比作现代工业的骨架。因此,如果没有金属材料,当今社会科学技术的发展与进步以及整个社会的生活与生产,都是很难想象的。

随着科学技术的发展、社会环保意识的加强以及生产的需求,出现了许多的非金属材料,这些非金属材料的使用不仅满足了机械制造工程中的特殊需求,而且还大大简化了机械制造的工艺,降低了成本,提高了产品的使用性能。其中比较突出的就是塑料、陶瓷和复合材料。

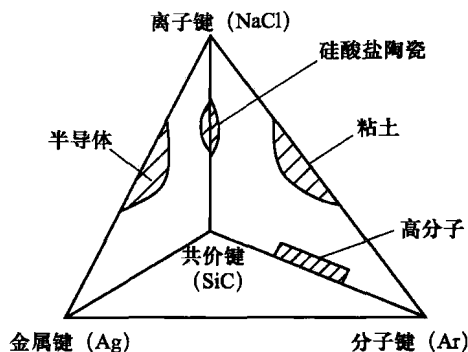


图 0-2 价键四面体

材料应用与材料成形技术是机械制造生产过程的重要组成部分。材料的选用与成形技术紧密相关,材料只有经过各种加工(包括材料的成形、改性、连接等),最终形成产品,才能体现其功能和价值。加工工艺技术的突破往往成为新产品问世、新技术产生的关键。新材料、新工艺、新技术相互关联(图 0-3)。对机械制造业而言,其生产过程就是将原材料加工成为产品的过程。而不同的产品,则应选择相应的材料,采用与之相适应的成形方法及加工过程。在现代生产中,整个机械制造系统流程总是与信息流、材料流、能量流联系起来的(图 0-4)。这里的信息流主要是指计划、管理、设计、工艺等方面的信息,能量流主要是指动力能源系统,而材料流则主要指从原材料经过加工、制造、装配到成品的过程。可见材料及加工工艺在制造业中占有重要的位置。

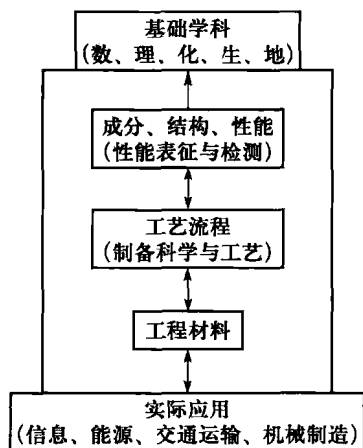


图 0-3 材料科学及其基础科学与使用间的关系

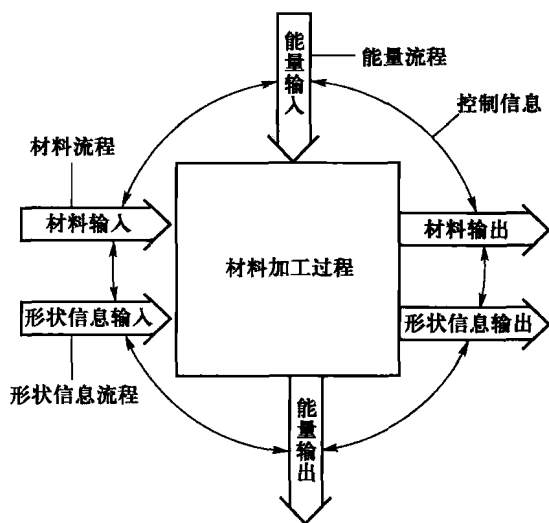


图 0-4 机械制造系统流程

材料应用与材料成形技术是机械制造生产过程的重要组成部分,是利用熔化、结晶、塑性变形、相变等各种物理化学变化使工件的性能和形状尺寸达到预定的设计要求。从加工方法来说,

可分为铸造、塑性加工、焊接(连接)、非金属材料成形、热处理、表面改性等。

工程材料及其成形基础是机械类各专业必修的技术基础课。学习本课程前,学生应先学完材料力学课程,参加过金工实习,对机械工程材料的加工过程及其应用有一定的感性认识。通过本课程的学习,为从事机械设计与制造、机械产品质量控制以及后续课程的学习奠定必要的基础。

本课程是一门理论和实践性很强的课程,工程材料及成形技术的工程应用是本书的核心内容,基本原理与基本知识的学习要落实在机械设计与机械制造的具体工程应用上。讲授时应注意教学方法,尽可能列举学生能接受的生产应用实例,辅以课堂讨论,强化实验,加深学生对课程内容的理解。在学习中,学生应以成分→工艺→结构→性能→选材→改性→成形这条主线进行学习,对各种成形方法,应围绕材料的工艺基础(性能)、工艺方法及选用、工艺设计和结构工艺性等四方面开展。同时还应充分应用学过的知识,及时复习,认真阅读每章的学习指导,认真完成实验和课外作业,在学习中应常思考以下问题:①对不对(判断性思考)? ②是什么(叙述性思考)? ③为什么(理性思考)? ④还有什么(扩散性思考)? 尽量消化和理解工程材料及其成形的基本理论知识,达到能初步应用的目的。



# 第1篇 工程材料

## 第1章 材料的性能



### 教学提示

#### 一、学习方法

对于材料的力学性能,只要掌握和理解基本内容即可,着重理解力学性能指标及名词、术语的物理意义。

#### 二、重点和难点

力学性能的重点是金属材料力学性能的物理意义,有关材料的物理性能、化学性能和工艺性能只要求做一般了解。



### 教学要求

#### 一、学习要求

了解金属材料的基本性能,懂得材料的力学性能及其性能指标的物理意义,熟记力学性能指标的符号和单位。

#### 二、应注意的内容

拉伸曲线;屈服强度和抗拉强度,注意两者的区别;布氏硬度和洛氏硬度,两者的应用范围;冲击韧性及应用;疲劳强度及应用。

材料的性能可分为物理性能、化学性能、力学性能和工艺性能等。

物理性能包括密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。

化学性能表现为材料在室温、高温下抵抗各种化学作用的性能,如耐腐蚀性等。

工艺性能是指材料对某种加工工艺的适应性,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。

力学性能是指材料在受力作用时所表现出来的各种性能。它们是通过标准试验来测定的。

### 1.1 静态力学性能

#### 1. 拉伸试验

按国家标准 GB/T 228.1—2010 制作标准拉伸试样,如图 1-1a 所示,在拉伸试验机上缓慢地拉伸试样,使试样承受轴向拉力  $F$ ,并引起试样沿轴向伸长  $\Delta L = L - L_0$ ,直至试样断裂。将拉

力  $F$  除以试样原始截面积  $S_0$  ( $S_0 = \pi d_0^2$ ), 即得拉应力  $R$ , 即  $R = F/S_0$ , 单位为  $\text{N}/\text{mm}^2$ ; 将伸长量  $\Delta L$  除以试样原始长度  $L_0$ , 即得延伸率  $e$ 。以  $R$  为纵坐标,  $e$  为横坐标, 则可画出应力—延伸率曲线。低碳钢拉伸曲线如图 1-1b 所示。此图已消除试样尺寸的影响, 从而能直接反映材料的性能。

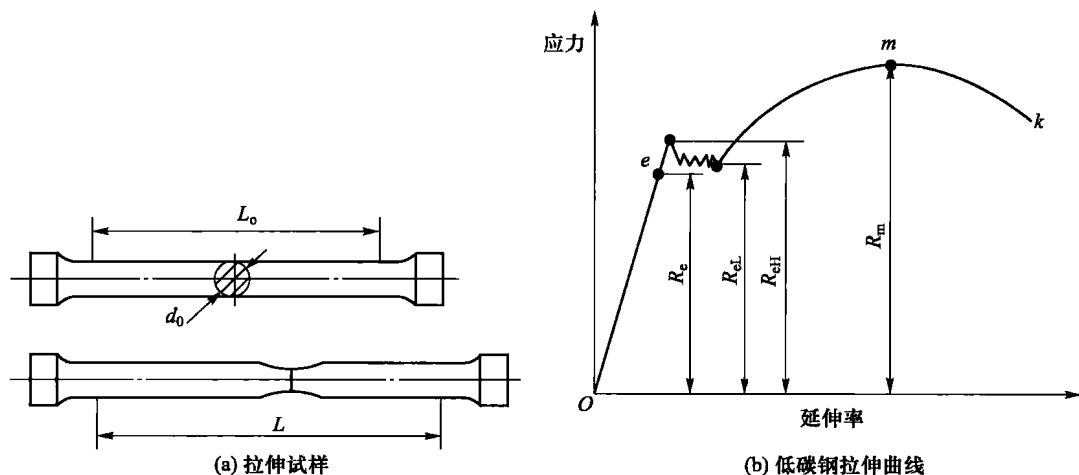


图 1-1 拉伸试样及低碳钢的应力—延伸率曲线

### 1) 弹性和刚度

试验时, 如加载后应力不超过  $R_e$ , 则卸载后试样即恢复原状, 这种不产生永久变形的能力称为弹性。  $R_e$  为不产生永久变形的最大应力, 称为弹性极限。

在弹性范围内, 应力与延伸率成正比时, 其比例常数  $E$  称为弹性模量, 单位为  $\text{MPa}$ 。此值仅与材料有关, 反映了材料弹性变形抗力的大小, 即材料的刚度。  $E$  愈大, 刚度愈大。

弹性模量  $E$  是一个结构不敏感参数, 即  $E$  主要取决于基体金属的性质, 如钢铁材料是铁基合金, 不论其成分和组织结构如何变化, 室温下的  $E$  值均在  $(20 \sim 21.4) \times 10^4 \text{ MPa}$  范围内。

材料在使用中, 如刚度不足, 则会由于发生过大的弹性变形而失效。

### 2) 强度

图 1-1b 中出现一屈服平台, 即应力不增加而变形继续进行。此时若卸载, 试样变形不能完全消失, 将保留一部分残余的变形。这种不能恢复的残余变形称为塑性变形。在试验过程中, 载荷不增加 (保持恒定) 仍能继续伸长的应力, 称为屈服强度, 分为上屈服强度和下屈服强度。上屈服强度 ( $R_{eh}$ ) 是试样发生屈服而应力首次下降前的最大应力, 下屈服强度 ( $R_{el}$ ) 是指在屈服期间, 不计初始瞬时效应时的最小应力。上屈服强度对微小应力集中、试样偏心和其他因素很敏感, 试验结果相当分散, 因此常取下屈服强度作为设计计算的依据。

对大多数零件而言, 塑性变形就意味着零件丧失了对尺寸和公差的控制。工程中常根据屈服强度确定材料的许用应力。

工业上使用的多数金属材料, 在拉伸试验过程中, 没有明显的屈服现象发生。按国家标准 GB/T 228.1—2010 的规定, 可用规定残余延伸强度  $R_r$  表示, 它表示材料在卸除载荷后, 标距部分残余伸长率达到规定数值时的应力。如规定残余延伸率为  $0.2\%$ , 则用  $R_{0.2}$  表示。

应力超过屈服强度时, 整个试样发生均匀而显著的塑性变形。当达到  $m$  点时, 试样开始局

部变细,出现“颈缩”现象。此后,应力开始下降,变形主要集中于颈部,直到最后在“缩颈”处断裂。可见, $m$ 点处应力达到峰值,此点对应的 $R_m$ 称为材料的抗拉强度。此值反映了材料产生最大均匀变形的抗力。 $R_m$ (单位为 $\text{N}/\text{mm}^2$ )可用下式计算:

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

### 3) 塑性

材料在外力作用下产生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。塑性大小用断后伸长率 $A$ 和断面收缩率 $Z$ 来表示,即

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%, \quad Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$$

$A$ 、 $Z$ 愈大,材料塑性愈好。由于断后伸长率值与试样尺寸有关,因此比较断后伸长率时要注意试样规格的统一。

金属材料应有一定的塑性才能顺利地承受各种变形加工;另外,材料具有一定塑性,可以提高零件使用的可靠性,防止突然断裂。

图1-2所示为几种典型材料在室温下的 $R-e$ 曲线。可见黄铜也是塑性材料,但曲线上不出现明显的屈服段。高碳钢和陶瓷不发生明显塑性变形,属脆性材料。

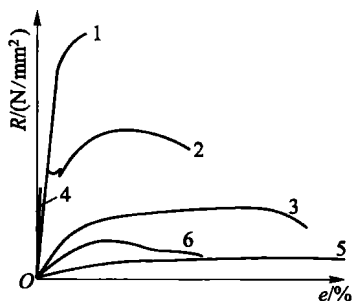


图1-2 几种典型材料在室温下的应力-延伸率曲线

1—高碳钢;2—低合金结构钢;3—黄铜;4—陶瓷、玻璃类材料;5—橡胶;6—工程塑料

图1-3给出了另几类材料的 $R-e$ 曲线。可见,对于不同类型的材料, $R-e$ 曲线有很大差异,反映它们具有不同的性能特点。如:

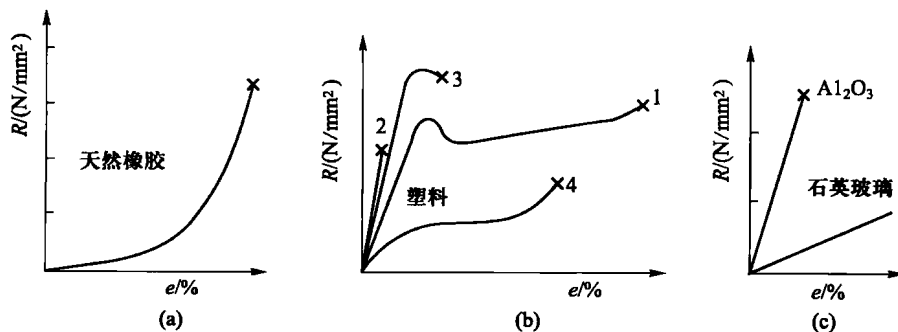


图1-3 天然橡胶、塑料、石英玻璃的应力-延伸率曲线

(1) 天然橡胶的弹性模量小,强度低,断裂前变形一直是弹性,弹性应变可达百分之几百,是典型的应力与延伸率呈非线性关系的高弹体,如图 1-3a 所示。

(2) 塑料的  $R-e$  曲线基本上可分四类,如图 1-3b 所示。第一类,强而韧的塑料,如尼龙、ABS、聚氯乙烯等,其  $R-e$  曲线如图中曲线 1,其强度和延伸率均较好;第二类如曲线 2,这类塑料硬而脆,延伸率很小,如聚苯乙烯、有机玻璃等;第三类如曲线 3,这类塑料硬而强,抗拉强度高,如纤维增强的热固性塑料、某些硬聚氯乙烯等;第四类如曲线 4,这类塑料软而韧,延伸率大,如有增塑剂的聚氯乙烯、聚四氟乙烯等。

(3)  $Al_2O_3$  (属陶瓷)、石英玻璃的变形是纯弹性的,几乎不发生永久变形,并在微量变形后就断裂,为脆性材料,但其弹性模量和强度很高。

本章中的符号和单位均按国家标准 GB/T 228.1—2010 的规定,新、旧标准的性能名称及其符号列于表 1-1。

表 1-1 新、旧标准性能名称及其符号对照

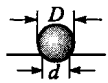
| 新标准(GB/T 228.1—2010) |                          | 旧标准(GB/T 228—1987) |                                         |
|----------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| 性能名称                 | 符 号                      | 性能名称               | 符 号                                     |
| —                    |                          | 屈服点                | $\sigma_s$                              |
| 上屈服强度                | $R_{eH}$                 | 上屈服点               | $\sigma_{sU}$                           |
| 下屈服强度                | $R_{eL}$                 | 下屈服点               | $\sigma_{sL}$                           |
| 抗拉强度                 | $R_m$                    | 抗拉强度               | $\sigma_b$                              |
| 断后伸长率                | $A, A_{11.3}, A_{x\max}$ | 断后伸长率              | $\delta_5, \delta_{10}, \delta_{x\max}$ |
| 断面收缩率                | $Z$                      | 断面收缩率              | $\psi$                                  |

## 2. 硬度

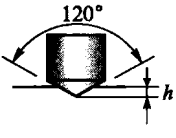
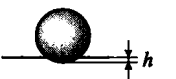
材料抵抗其他更硬物体压入其表面的能力称为硬度,它反映了材料抵抗局部塑性变形的能力,是一个综合的物理量。

通常硬度越高,耐磨性越好,故常将硬度值作为衡量材料耐磨性的重要指标之一。测量硬度常用布氏法(HB)、洛氏法(HRC)和维氏法(HV),见表 1-2。

表 1-2 三种硬度实验

| 实 验      | 压 头                | 压 头 形 状                                                                             |                                                                                     | 硬度计算公式                                                                     | 备 注                      |
|----------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|          |                    | 侧 视 图                                                                               | 顶 视 图                                                                               |                                                                            |                          |
| 布氏硬度     | $\phi 10$ mm 硬质合金球 |  |  | $HBW = \frac{0.102 \times 2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$<br>( $F$ 为载荷) | $0.25D < d < 0.6D$<br>有效 |
| 维氏(显微)硬度 | 金刚石棱锥              |  |  | $HV = 1.854 F / d_1^2$<br>( $F$ 为载荷)                                       | 维氏硬度与显微硬度所用载荷不同          |

续表

| 实 验  | 压 头                                                  | 压 头 形 状                                                                           |                                                                                   | 硬度计算公式                              | 备 注                                          |
|------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
|      |                                                      | 侧 视 图                                                                             | 顶 视 图                                                                             |                                     |                                              |
| 洛氏硬度 | 金刚石圆锥体或硬质合金球 (直径为 1.587 5 mm, 3.175 mm). (HRA 或 HRC) |  |  | $HR = N - \frac{h}{S}$<br>(N、S 为常数) | 应用范围<br>70~85 HRA<br>25~100 HRB<br>20~67 HRC |
|      | 钢球 (HRB)                                             |  |  |                                     |                                              |

(1) 布氏硬度 按照 GB/T 231.1—2009《金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分:试验方法》,以一定大小载荷  $F(N)$  把一直径为  $D(mm)$  的硬质合金球压头压入试样表面(图 1-4),保持规定时间后卸载,在放大镜下测量试样表面的压痕直径  $d(mm)$ ,求出压痕球形表面积  $S(mm^2)$ ,乘以 0.102 定义为布氏硬度值,记为 HBW。显然,材料愈软,压痕直径愈大,布氏硬度愈低;反之,布氏硬度高。测量压痕直径后,布氏硬度值可根据所测直径查表得到。

布氏法的优点是测定结果较准确,缺点是压痕大,不适于成品检验。

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度以顶角为  $120^\circ$  的金刚石圆锥体(图 1-5)或硬质合金球(直径为 1.587 5 mm 或 3.175 mm)作为压头,先在初试验力的作用下压入材料表面,再加主试验力,保持一定时间,卸除主试验力,测量压痕深度来确定其硬度。压痕愈深,材料愈软,硬度值愈低;反之,硬度值愈高。被测材料的硬度可直接在硬度计刻度盘读出。

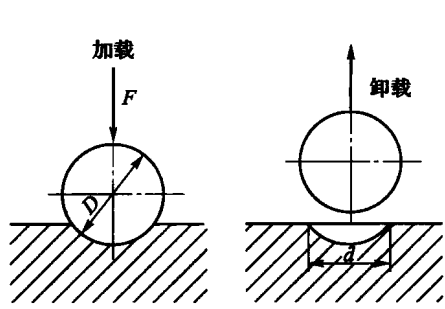


图 1-4 布氏硬度试验原理简图

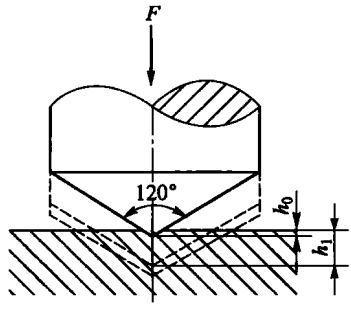


图 1-5 洛氏硬度试验原理示意图

洛氏硬度常用的有三种,分别以 HRA、HRB、HRC 来表示,HRB 与 HRC 级较为常用。它们测试时所用压头类型、主要载荷及适用范围见表 1-3。

表 1-3 洛氏硬度符号、试验条件和应用举例

| 硬度符号 | 压印头类型         | 初试验力/N | 主试验力/N | 总载荷/N | 硬度值有效范围    | 应用举例       |
|------|---------------|--------|--------|-------|------------|------------|
| HRC  | 金刚石圆锥         | 98.07  | 1 373  | 1 471 | 20~70 HRC  | 淬火钢件       |
| HRB  | φ1.587 5 淬火钢球 | 98.07  | 882.6  | 980.7 | 20~100 HRB | 软钢、退火钢、铜合金 |



