



21世纪职业教育立体化精品教材  
“互联网+”新形态教材

# 机械基础 (高职版)

Jixie Jichu

王双林 主编  
张作状 副主编



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

## 内容提要

本书是为了适应我国高等职业教育教学改革而编写的。本书采用项目式教学方法，共 11 章，主要内容包括：金属材料的力学性能，金属的热加工，公差与配合，机械零件，机械传动，机械常用机构，液压传动，气压传动，金属切削加工的基础知识，常用的金属切削加工方法及设备，先进制造技术等。本书内容精练，文字通俗，图表丰富；引人入胜的学习情境、形式多样的练习与实践，有助于提升学生的学习兴趣，达到辅助教学的目的。

本书每节都以案例形式导入，正文中编排了大量生动形象的图片配合讲解，还配有编者精心制作的课件、教案、课后习题及答案，本书适合高职相关专业学生使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械基础：高职版/王双林主编. —上海：上海  
交通大学出版社，2018

ISBN 978-7-313-20115-7

I. ①机… II. ①王… III. ①机械学—高等职业教育—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 255788 号

## 机械基础

---

主 编：王双林

出版发行：上海交通大学出版社

地 址：上海市番禺路 951 号

邮政编码：200030

电 话：021—64071208

出 版 人：谈 毅

印 刷：天津市蓟县宏图印务有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：19.5

字 数：434 千字

版 次：2018 年 12 月第 1 版

印 次：2018 年 12 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-313-20115-7/TH

定 价：45.00 元

版权所有 侵权必究

告 读 者：如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话：022—29140509

机械制造业在国民经济中居于主体地位，是立国之本、兴国之器、强国之基。历史经验证明，机械制造业的强大兴盛关乎国家和民族的兴旺发达。打造具有世界竞争力、影响力的机械制造业，是增强综合国力，实现中华民族伟大复兴的必由之路。

本书从实践出发，面向高职，以培养应用型人才为主导思想，以提供最必要的基础理论和基本知识为宗旨，省去推导，突出应用，图文并茂，方便教学。

本书重点介绍了金属材料的力学性能、金属的热加工、公差与配合、机械零件、机械传动、机械常用机构、液压传动、气压传动、金属切削加工的基础知识、常用的金属切削加工方法及设备、先进制造技术等 11 章内容。每节都以案例形式导入，正文在介绍内容的同时，编排了大量生动形象的图片进行详细讲解，最后借助先进的网络二维码技术，在内文安排视频短片和在线测试，增强学生对知识重难点的直观感受，同时方便学生检验自己对本节内容的掌握情况。

本书由日照职业技术学院王双林担任主编，由日照职业技术学院张作状担任副主编，其他参与编写人员有程麒文、孙又银、王均波、冷波、王建珑等老师。

本书在编写过程中，吸收了各院校的教改成果和成功经验，参阅了大量的相关文献和资料，得到了有关老师和同事的支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有不妥之处，衷心地希望广大读者多多批评指正。



# CONTENTS

# 目 录

## 第 1 章 金属材料的力学性能

|                |    |
|----------------|----|
| 1.1 强度 .....   | 2  |
| 1.2 塑性成型 ..... | 6  |
| 1.3 硬度 .....   | 12 |
| 1.4 冲击韧性 ..... | 14 |
| 小结 .....       | 17 |
| 思考与练习 .....    | 17 |

## 第 2 章 金属的热加工

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2.1 铸造 .....        | 20 |
| 2.2 锻造 .....        | 26 |
| 2.3 焊接 .....        | 29 |
| 2.4 零件成型工艺的选择 ..... | 33 |
| 小结 .....            | 37 |
| 思考与练习 .....         | 37 |

## 第 3 章 公差与配合

|                        |    |
|------------------------|----|
| 3.1 互换性与标准化的基本概念 ..... | 40 |
| 3.2 公差与配合的基本内容 .....   | 41 |
| 3.3 测量技术基础 .....       | 47 |
| 3.4 几何误差与公差 .....      | 50 |
| 3.5 表面粗糙度 .....        | 54 |
| 小结 .....               | 58 |
| 思考与练习 .....            | 58 |

## 第 4 章 机械零件

|                 |    |
|-----------------|----|
| 4.1 机械与机器 ..... | 60 |
|-----------------|----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 4.2 螺纹 .....      | 63  |
| 4.3 键 .....       | 73  |
| 4.4 销 .....       | 77  |
| 4.5 轴 .....       | 79  |
| 4.6 滑动轴承 .....    | 86  |
| 4.7 滚动轴承 .....    | 92  |
| 4.8 联轴器和离合器 ..... | 98  |
| 小结 .....          | 103 |
| 思考与练习 .....       | 103 |

## 第 5 章 机械传动

|                  |     |
|------------------|-----|
| 5.1 带传动 .....    | 106 |
| 5.2 链传动 .....    | 117 |
| 5.3 齿轮传动 .....   | 124 |
| 5.4 蜗杆传动 .....   | 137 |
| 5.5 轮系和减速器 ..... | 143 |
| 小结 .....         | 152 |
| 思考与练习 .....      | 153 |

## 第 6 章 机械常用机构

|                  |     |
|------------------|-----|
| 6.1 平面连杆机构 ..... | 156 |
| 6.2 凸轮机构 .....   | 172 |
| 6.3 间歇运动机构 ..... | 180 |
| 小结 .....         | 186 |
| 思考与练习 .....      | 186 |

## 第 7 章 液压传动

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 7.1 液压传动的工作原理 ..... | 188 |
|---------------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| 7.2 液压动力元件 ..... | 190 |
| 7.3 液压执行元件 ..... | 200 |
| 7.4 液压控制元件 ..... | 207 |
| 7.5 液压辅助元件 ..... | 219 |
| 7.6 液压基本回路 ..... | 225 |
| 小结 .....         | 232 |
| 思考与练习 .....      | 232 |

## 第 8 章 气压传动

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 8.1 气压传动的基本知识 ..... | 234 |
| 8.2 气压传动元件 .....    | 237 |
| 8.3 气压传动基本回路 .....  | 242 |
| 小结 .....            | 244 |
| 思考与练习 .....         | 244 |

## 第 9 章 金属切削加工的基础知识

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 9.1 金属切削机床 .....            | 246 |
| 9.2 金属切削刀具 .....            | 250 |
| 9.3 切削时的冷却与润滑 .....         | 253 |
| 9.4 机械加工工艺过程的基础<br>知识 ..... | 257 |
| 小结 .....                    | 261 |
| 思考与练习 .....                 | 261 |

## 第 10 章 常用的金属切削加工方法及设备

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 10.1 车削加工 ..... | 264 |
| 10.2 铣削加工 ..... | 270 |
| 10.3 刨削加工 ..... | 273 |
| 10.4 钻削加工 ..... | 276 |
| 10.5 磨削加工 ..... | 282 |
| 10.6 数控加工 ..... | 285 |
| 小结 .....        | 289 |
| 思考与练习 .....     | 289 |

## 第 11 章 先进制造技术

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 11.1 水射流切割 .....    | 292 |
| 11.2 激光加工 .....     | 293 |
| 11.3 3D 打印技术 .....  | 296 |
| 11.4 电火花加工 .....    | 300 |
| 11.5 电火花线切割加工 ..... | 302 |
| 小结 .....            | 305 |
| 思考与练习 .....         | 305 |

## 参考文献

# 第1章

## 金属材料的力学性能



### 知识要点

1. 明确金属材料的强度、应力、冲裁等的概念。
2. 掌握塑性成型的基本内容,塑性成型的基本方法。
3. 了解硬度相关内容。
4. 了解冲击韧性、疲劳强度的基本概念,金属材料的性能。



### 核心概念

强度、应力、冲裁、塑性成型、硬度、冲击韧性、疲劳强度



### 情境导入

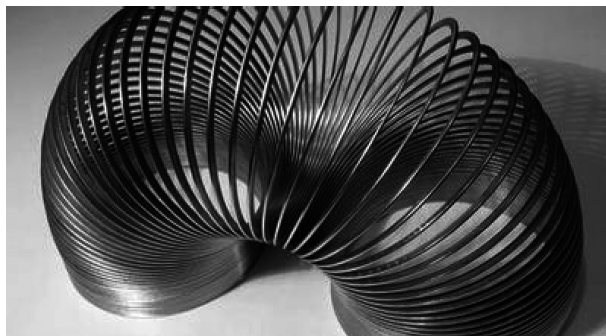


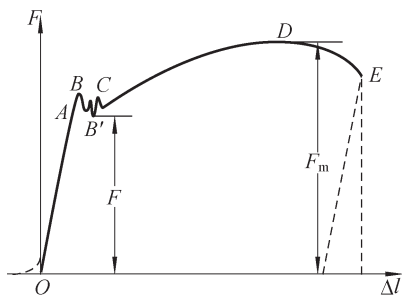
图 1-1 金属材料力学性能

金属材料的力学性能(见图 1-1)是指在力的作用下,材料所表现出来的一系列力学性能指标,反映了金属材料在各种形式外力作用下抵抗变形或破坏的某些能力。

## 1.1 强度

### 案例引入

观察图 1-2 并思考,为什么金属材料或者黑色金属材料是用来制造机器的最主要材料?



扫一扫  图 1-2 低碳钢材料拉伸特性曲线

金属材料在外力作用下抵抗变形或断裂的能力称为强度。根据作用力性质的不同,强度可分为屈服强度(屈服点)、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度及抗剪强度等。工程上常用来表示金属材料强度的指标是屈服强度和抗拉强度。

强度的分类:

拉力——屈服强度、抗拉强度;

压力——抗压强度;

弯曲力——抗弯强度;

剪切力——抗剪强度。

### 1. 屈服强度

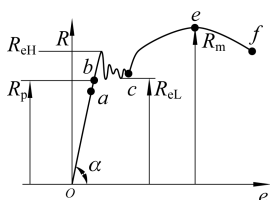
#### 1) 含义

如图 1-2 所示,当材料的载荷增大到一定值时,拉伸曲线出现了平台,即试样所承受的载荷几乎不变,但塑性变形不断增加,这种现象称为屈服。应力-延伸率曲线如图 1-3 所示。

下屈服强度是指在外力作用下开始产生明显塑性变形的最小应力,符号为  $R_{eL}$ 。

应力-应变曲线是制造机械零件和工程构件时选材和设计的依据。





明显的四个阶段：

- 1. 弹性阶段  $ob$
  - 2. 屈服阶段  $bc$  (失去抵抗变形的能力)
  - 3. 强化阶段  $ce$  (恢复抵抗变形的能力)
  - 4. 局部径缩阶段  $ef$
- $R_p$ —规定塑性延伸强度  
 $R_{eL}$ —下屈服强度  
 $R_{eH}$ —上屈服强度  
 $R_m$ —强度极限

图 1-3 应力-延伸率曲线

2) 规定残余延伸强度  $R_r$

有些材料在拉伸图中没有明显的水平阶段,为了衡量这些材料的屈服特性,规定产生永久残余变形等于一定值(一般为原长度的 0.2%)时的应力,称为规定残余延伸强度,表示为  $R_r$ ,条件应力-延伸率曲线如图 1-4 所示。

3) 脆性材料拉伸试验的屈服点

试样卸除载荷后,标距部分的残余伸长率达到试样标距长度的 0.2% 时的应力,称为屈服点,符号为  $R_{r0.2}$ 。

$R_{eL}$  和  $R_{r0.2}$  常作为零件选材和设计的依据。

2. 材料拉伸时的力学性能

作用在机件上的外力称为载荷(见图 1-5)。材料的力学性能是材料在受力过程中表现出的各种物理性质。在常温、静载条件下,一般使用力学实训台试验研究塑性材料和脆性材料在拉伸和压缩时的力学性能。

试验研究时,将换算后的试样按照国家标准《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》(GB/T 2975—1998)的要求切取样坯和制备试样,如图 1-6 所示。

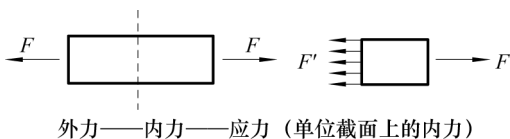


图 1-5 材料受力分析

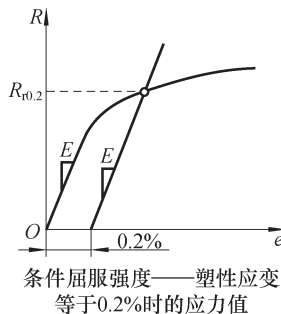


图 1-4 脆性材料应力-延伸率曲线

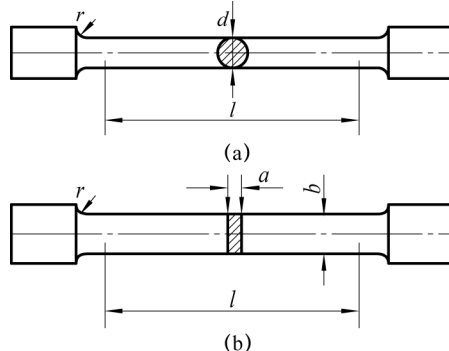


图 1-6 样坯和制备试样

(a) 圆形试样 (b) 矩形试样

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

### 3. 材料压缩时的力学性能

金属材料的压缩试样,一般制成短圆柱形,高度约为直径的1.5~3倍,上下平面的平行度和光洁度有一定的要求。混凝土、石料等非金属材料通常制成正方形。

低碳钢是塑性材料,如图1-7所示为低碳钢的压缩拉伸时的应力-延伸率图。在屈服以前,压缩曲线和拉伸曲线基本重合,屈服以后随着压力的增大,试样被压成“鼓形”,最后被压成“薄饼”而不发生断裂,因此低碳钢压缩时无强度极限。

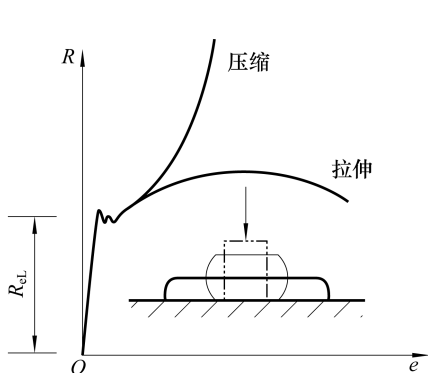


图 1-7 低碳钢压缩拉伸时的应力-延伸率图

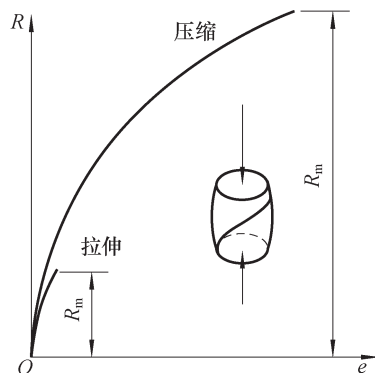


图 1-8 铸铁压缩拉伸时的应力-延伸率图

铸铁是脆性材料,如图1-8所示为铸铁的压缩拉伸时的应力-延伸率图。在较小变形时试样突然断裂,铸铁压缩时的强度极限远高于拉伸强度极限(约为3~6倍),断面与横截面大致成45°的倾角。铸铁压缩破坏属于剪切破坏。

如图1-9所示为建筑专用的混凝土压缩拉伸时的应力-延伸率图。混凝土的抗压强度比抗拉强度大10倍左右。

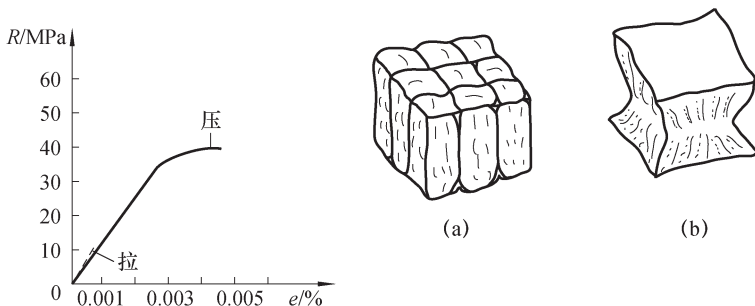


图 1-9 混凝土压缩拉伸时的应力-延伸率图

### 4. 冲裁

使金属板料沿封闭轮廓分离的加工称为冲裁,如图1-10所示。

金属板料沿封闭轮廓分离的工序:①冲裁变形过程;②凸凹模间隙及模具尺寸确定;③冲裁力计算。

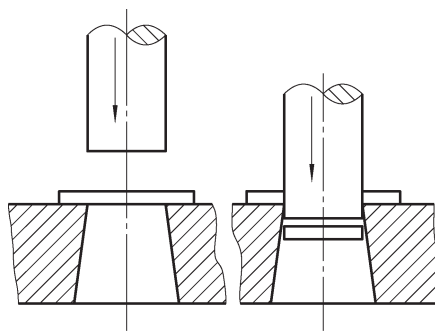


图 1-10 冲裁

### 5. 拉深

拉深原理如图 1-11 所示。

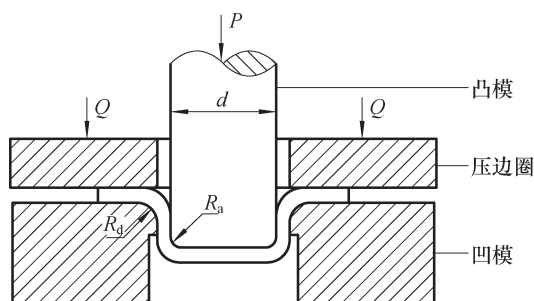


图 1-11 拉深原理图

拉深操作用于形成开口中空形状直壁类拉深件、圆筒形件、带法兰边圆筒形件、阶梯形件、盒形件、带法兰边的盒形件、其他形状的零件平面、法兰边零件及曲面法兰边零件。

拉深缺陷有起皱和破裂两种,如图 1-12 所示。

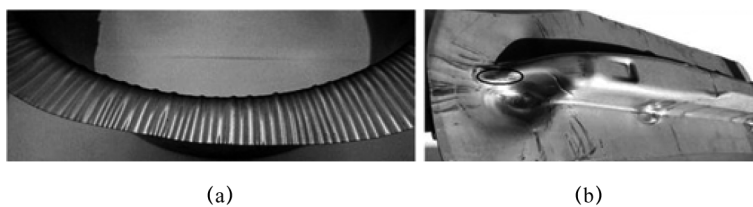


图 1-12 拉深中的缺陷

(a)起皱 (b)破裂

起皱产生的原因是材料相对厚度较小,拉深变形区抗失稳能力较差,实际生产中通常采用两种方法预防起皱:一是在模具结构上加压边圈;二是采用多次浅拉深的方法达到深拉深的效果,如图 1-13 所示。

破裂产生的原因是拉深系数太小、拉深变形程度太大及拉深次数过多。

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08chapter  
09chapter  
10chapter  
11

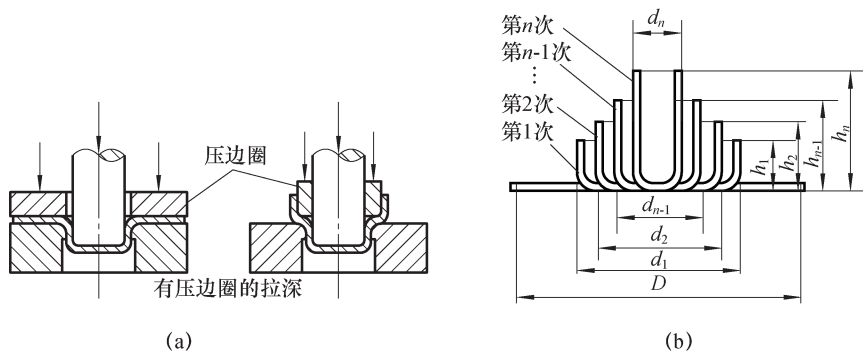


图 1-13 预防起皱的方法



### 案例分析

某电厂汽轮机机组停机大修,检修人员在拆除中压缸螺栓时,发现中压外缸有两根螺栓发生断裂(见图 1-14),螺栓规格 M120×1145,材料牌号为 K9A56E,试分析原因。

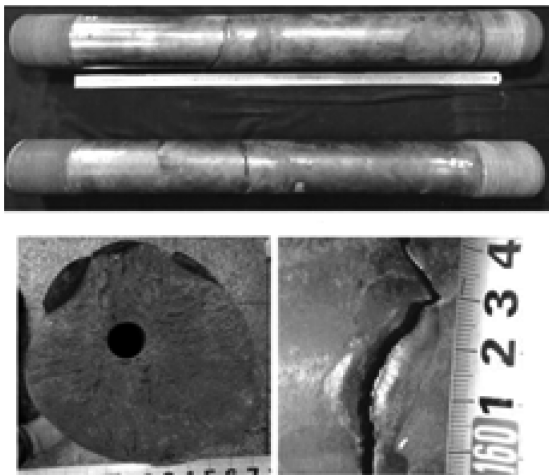


图 1-14 汽轮机螺栓断裂

气缸在高温下运行时,由于受热,制造过程中的残余应力要进行释放,气缸发生膨胀。但由于某种原因膨胀不正常,从而使内缸、外缸发生局部外张口。在气缸结合面,螺栓表面温度较两端高,材料强度低于两端,故螺栓中间在气缸结合面附近成为螺栓性能最薄弱部位,这就是两根螺栓断裂都发生在结合面附近的原因。气缸外张口是螺栓断裂失效的外在因素。

## 1.2 塑性成型



### 案例引入

想一想,如图 1-15 所示的加工方法利用了材料的什么性能?

金属在外力作用下产生塑性变形,获得一定形状、尺寸和力学性能的毛坯或零件的加工方法称为塑性成型。通常是通过压力加工和塑性加工手段完成,例如打铁、锻造、冲压等方法,如图 1-15 所示。

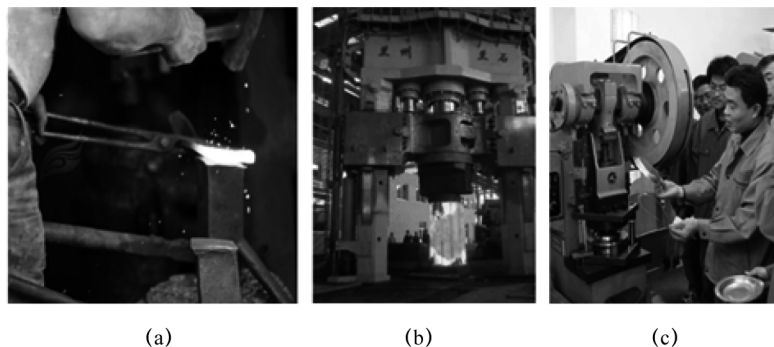


图 1-15 塑性成型方法

(a)打铁 (b)锻造 (c)冲压

## 1. 晶体变形

### 1) 单晶体滑移变形

按整体刚性相对滑移计算时,单晶体滑移变形所需外力比实际测得的数据大几千倍。

单晶体滑移变形主要是位错运动引起塑性变形所致。晶体内部存在各种缺陷(尤其是位错),它们使晶体更容易产生滑移变形,如图 1-16 所示。

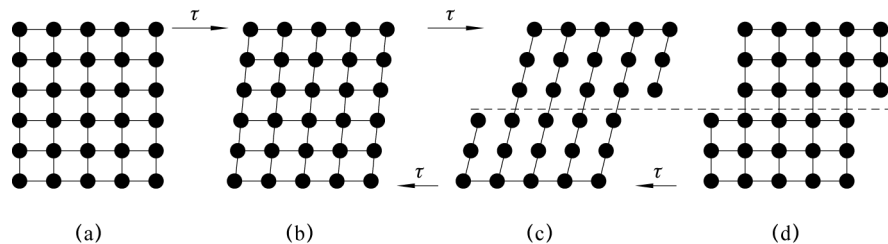


图 1-16 单晶体滑移变形

(a)未变形 (b)弹性变形 (c)弹塑性变形 (d)塑性变形

### 2) 多晶体塑性变形

多晶体塑性变形主要包括晶内变形和晶间变形。晶内变形指单晶体塑性变形;晶间变形指晶粒间的滑动和转动,如图 1-17 所示。

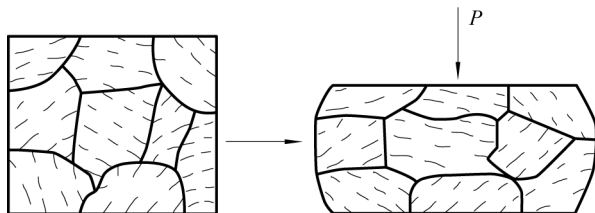


图 1-17 多晶体塑性变形

chapter  
01

chapter  
02

chapter  
03

chapter  
04

chapter  
05

chapter  
06

chapter  
07

chapter  
08

chapter  
09

chapter  
10

chapter  
11

## 2. 塑性变形的影响

### 1) 铸锭热变形前后的组织

如图 1-18 所示为铸锭热变形前后的组织。

变形后的纤维组织金属在平行纤维组织方向上抗拉强度和塑性提高,而在垂直纤维组织方向上抗拉强度和塑性降低。

### 2) 不同工艺方法对纤维组织形状的影响

如图 1-19 所示为不同工艺方法对纤维组织形状的影响。

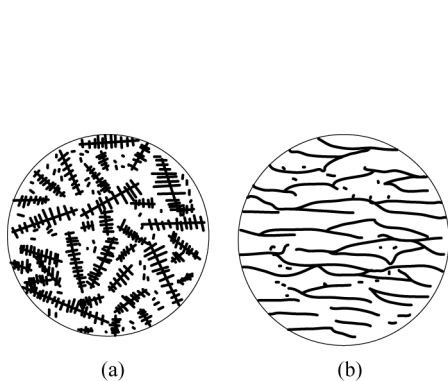


图 1-18 铸锭热变形前后的组织

(a) 变形前原始组织 (b) 变形后的纤维组织

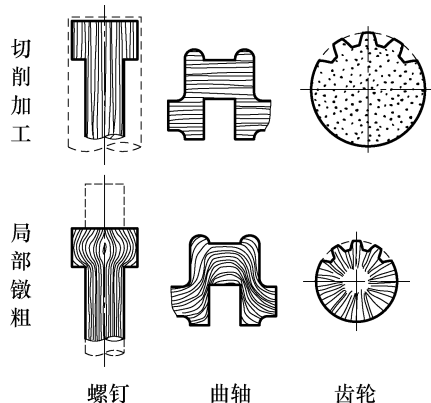


图 1-19 不同工艺方法对纤维组织形状的影响

### 3) 挤压、拉拔时金属应力状态

挤压时金属应力状态与拉拔时金属应力状态是不同的,如图 1-20 所示。

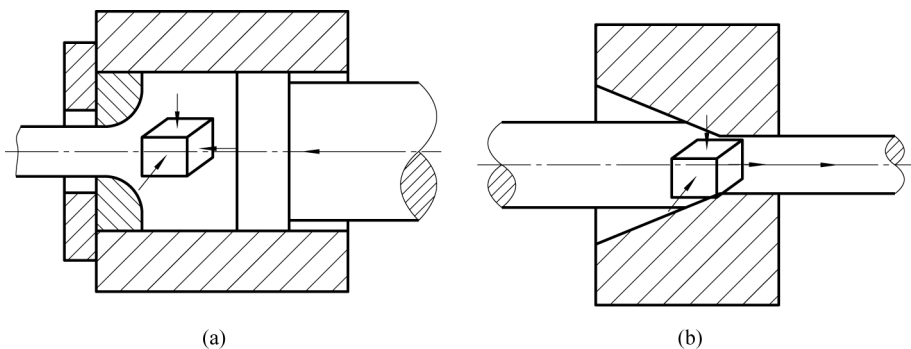


图 1-20 挤压、拉拔时金属应力状态

(a) 挤压时金属应力状态 (b) 拉拔时金属应力状态

## 3. 塑性成型的方法

### 1) 自由锻

自由锻适合小型、简单锻件的生产,如图 1-21 所示。

自由锻特点:工具简单,适应性较强;成本低,是生产大型锻件的有效方法;精度低,生产率低。

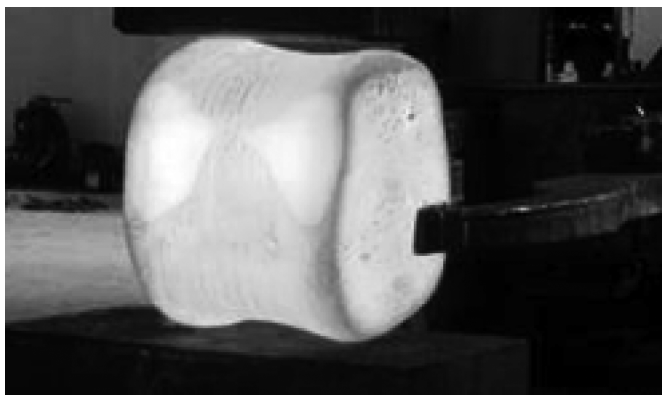


图 1-21 自由锻

## 2) 模锻

如图 1-22 所示为模锻,主要完成自由锻难以锻出的结构。

模锻特点:生产率高;锻件精度高;可以锻出复杂的形状;节省材料和切削加工工时;锻件不能太大;锻模成本高,适用于小型锻件的大批量生产。



图 1-22 模锻

## 3) 压力机

如图 1-23 所示为摩擦压力机和曲柄压力机。

摩擦压力机特点:行程不固定,具有锤的功能;滑块运动速度慢,有利于金属再结晶;设备有顶料装置,可采用组合模具;承受偏心载荷能力差,适用单膛模锻;主要适用于中小型锻件的批量生产,例如钢钉、螺钉、螺帽、三通阀体、配气阀、齿轮等。

曲柄压力机特点:工作振动噪声小;滑块行程固定,生产率高;机身刚度大,滑块运动精度高,锻件的质量好;可采用组合模具,节省贵重的模具材料;一次成型;氧化皮影响锻件表面质量,且不宜拔长和滚压;设备复杂,造价相对较高。

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08chapter  
09chapter  
10chapter  
11

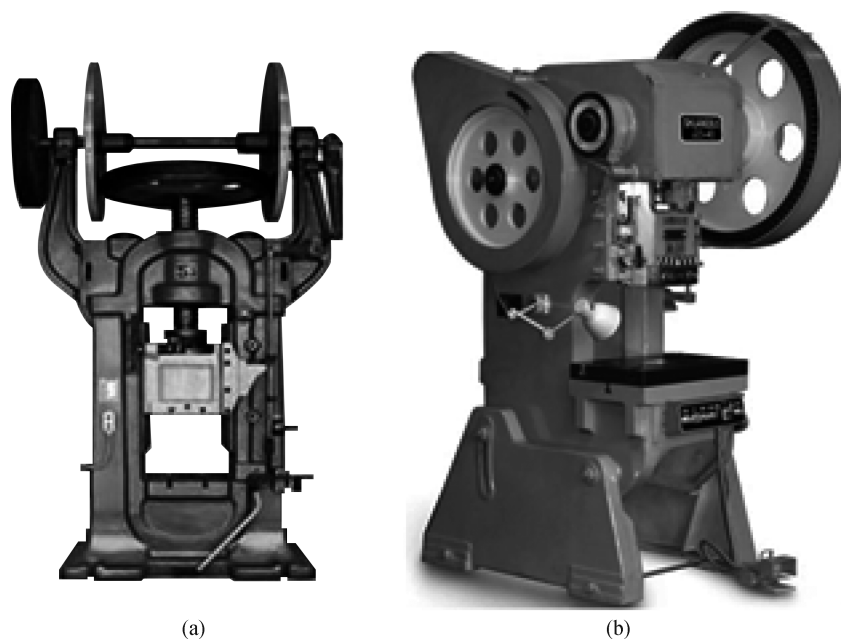


图 1-23 压力机

(a) 摩擦压力机 (b) 曲柄压力机

#### 4. 自由锻件结构设计

在自由锻件结构设计中应注意的问题

- (1) 避免锥体或斜面结构,如图 1-24 所示。
- (2) 避免空间曲线,如图 1-25 所示。

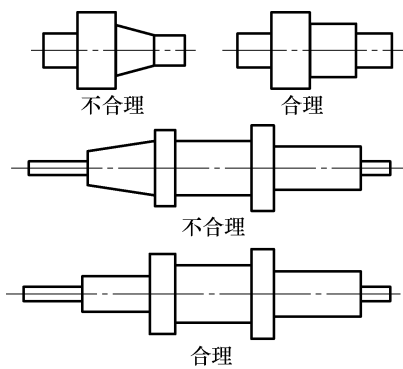


图 1-24 避免锥体或斜面结构

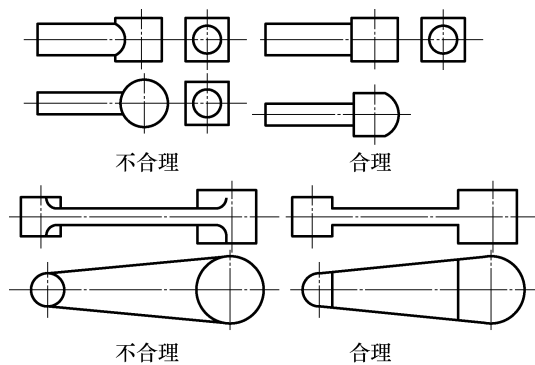


图 1-25 避免空间曲线

- (3) 避免加强筋、凸台、工字形截面或其他非规则形截面,如图 1-26 所示。



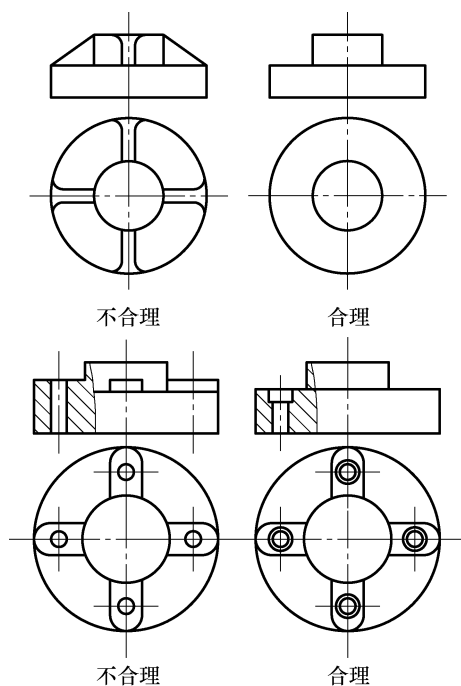


图 1-26 避免加强筋、凸台、工字形截面或其他非规则形截面

### 案例分析

龙泉剑(见图 1-27),中国古代十大名剑之一,是一柄诚信高洁之剑。传说是由欧冶子大剑师所铸。欧冶子为铸此剑,凿开茨山,放出山中溪水,引至铸剑炉旁成北斗七星环列的七个池中,是名“七星”。剑成之后,俯视剑身,如同登高山而下望深渊,飘渺而深邃,仿佛有巨龙盘卧,是名“龙渊”。故名此剑曰“七星龙渊”,简称龙渊剑。唐朝时因避高祖李渊名讳,便把“渊”字改成“泉”字,曰“七星龙泉”,简称龙泉剑。



图 1-27 龙泉剑锻造过程

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08chapter  
09chapter  
10chapter  
11

## 1.3 硬 度

### 案例引入

如图 1-28 所示,材料能够抵抗多硬的物体压入其内?

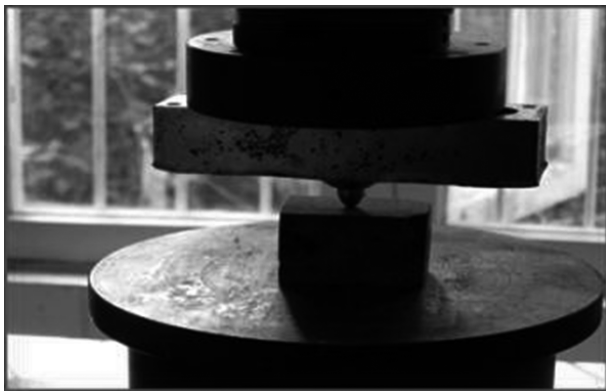


图 1-28 硬度测量

硬度是指材料抵抗更硬的物体压入其内的能力,是材料性能的综合物理量,它表示材料在较小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形或破断的能力。

金属材料的硬度可用硬度仪测试,常用的硬度指标为布氏硬度、洛氏硬度等。

#### 1. 布氏硬度 HBW

用直径为  $D$  的硬质合金球,在一定压力  $P$  下,将硬质合金球垂直地压入金属表面并维持压力到规定的时间后卸载,测量压痕直径  $d$ 。布氏硬度用下式表示,单位一般不写。

$$\text{HBW} = \frac{P}{S} \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中,  $S$ ——压痕面积/ $\text{mm}^2$ 。

布氏硬度试验原理图如图 1-29 所示。

布氏硬度压痕面积较大,HBW 值的代表性较全面,试验数据的重复性强。由于淬火钢球本身的变形问题,一般测 HBW 450 以下的材料;硬质合金球可测 HBW 450 以上的材料。由于压痕较大,不能进行成品检验,通常用于测定铸铁、有色金属、低合金结构钢等材料的硬度。

#### 2. 洛氏硬度 HR

用金刚石圆锥或钢球作压头,在规定的预载荷和总载荷下,压入材料,卸载后,测量压痕深度  $h$ 。洛氏硬度值可在洛氏硬度计上直接读出,无单位。

洛氏硬度计用金刚石圆锥或钢球作压头,试验时洛氏硬度计根据测量到的压入深

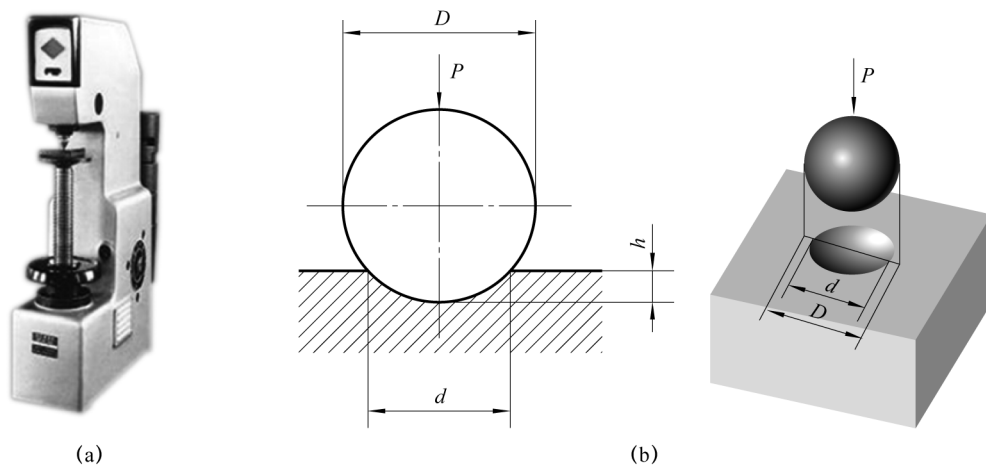
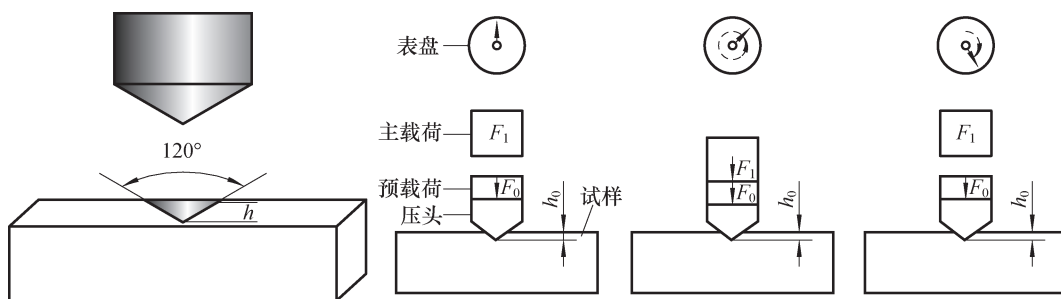


图 1-29 布氏硬度试验原理图

(a) 布氏硬度计 (b) 布氏硬度试验原理

度,转变成刻度盘上的数据,直接读出洛氏硬度值,如图 1-30 所示。



扫一扫 图 1-30 洛氏硬度试验原理图

洛氏硬度计如图 1-31 所示。



图 1-31 洛氏硬度计

洛氏硬度 HR 可以用于硬度很高的材料,而且压痕很小,几乎不损伤工件表面,在钢件热处理质量检查中应用最多。但洛氏硬度压痕较小,硬度代表性较差,如果材料中有偏析或组织不均匀的情况,所测硬度值的重复性会降低。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11



## 案例分析

齿轮硬度计(见图 1-32)是世界上唯一一种可以直接测试洛氏硬度的齿轮硬度计,采用  $120^\circ$  金刚石标准洛氏硬度压头, 62.5 kg 试验力, 测试 HR 62.5 硬度值。它像公法线卡尺一样使用, 夹住几个齿, 测出齿轮节圆位置的齿面硬度。齿轮硬度计测试范围宽, 测试范围包括模数 2~35 mm、公法线长度 1 500 mm 以下, 涵盖了大多数工业齿轮, 测试精度高, 误差小于 HR 1.5。



图 1-32 PHR-G6 齿轮硬度计

## 1.4 冲击韧性



### 案例引入

如图 1-33 所示, 材料在载荷的作用下, 是如何破坏的?

#### 1. 冲击韧性

金属材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力称为冲击韧性。常用一次摆锤冲击试验测定金属材料的冲击韧性, 如图 1-34 所示。

试样被冲断过程中吸收的能量(即冲击吸收功)等于摆锤冲击试样前后的势能差。

在冲击载荷下工作的零件, 很少是受大能量一次冲击而破坏的, 而是受小能量多次重复冲击破坏的。

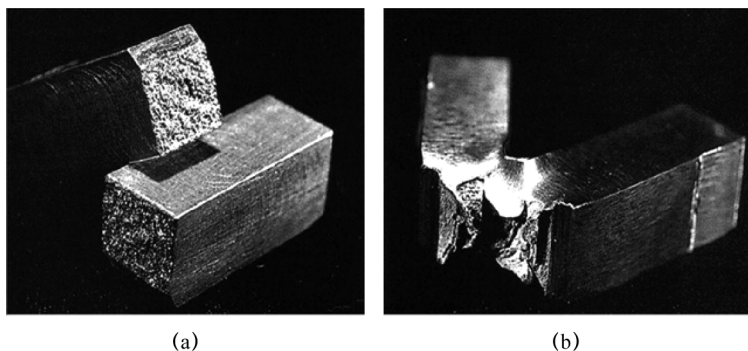


图 1-33 金属的韧性

(a)脆性断口 (b)韧性断口

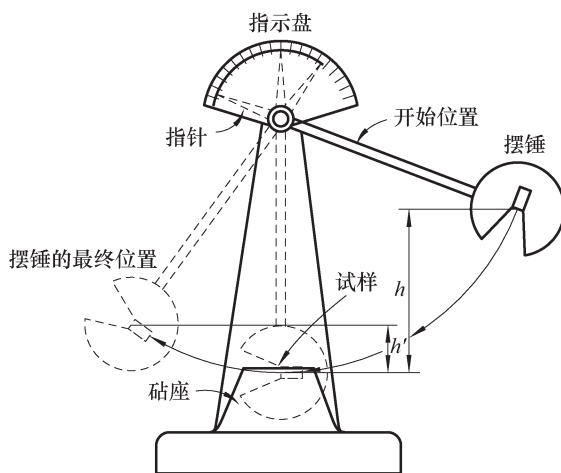


图 1-34 冲击试验示意图

试验表明,在冲击能量不太大的情况下,材料承受反复冲击的能力主要取决于强度,而不是冲击韧性。

## 2. 疲劳强度

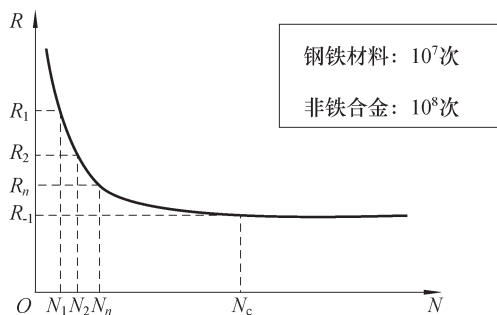
许多零件如曲轴、齿轮、连杆、弹簧等在交变载荷作用下工作,发生断裂时的应力远低于材料的屈服强度,这种现象称为疲劳破坏。据统计,80%的机件失效是由疲劳破坏导致的。

疲劳强度是指金属材料在无数次交变载荷作用下,不引起断裂的最大应力。

材料的疲劳强度曲线即交变应力与断裂前的循环次数  $N$  之间的关系,通常在旋转对称弯曲疲劳试验机上测定。如图 1-35 所示为疲劳曲线。

材料有杂质、表面划痕等缺陷引起应力集中(指受力构件由于几何形状、外形尺寸发生突变而引起局部范围内应力显著增大的现象),使材料出现微裂纹,随着裂纹扩展致使零件不能承受所加载荷而突然破坏。疲劳破坏的原因如图 1-36 所示。

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08chapter  
09chapter  
10chapter  
11



扫一扫  图 1-35 疲劳曲线

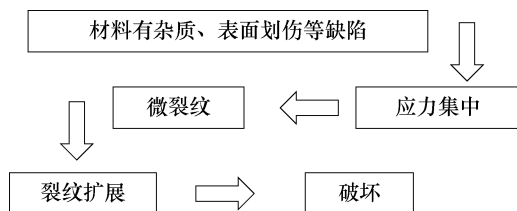


图 1-36 疲劳破坏原因

### 3. 金属材料的性能

#### 1) 使用性能

材料在使用过程中所表现出的性能主要包括力学性能、物理性能和化学性能。

物理性能是指材料的密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性、磁性。例如，飞机上使用的零件要求密度小；电机、电器用零件须考虑导电性等。

化学性能是指材料在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力，也称化学稳定性，包括耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。例如，化工设备、医疗器械要求化学稳定性好。

#### 2) 工艺性能

工艺性能是指在制造机械零件的过程中，材料适应各种冷、热加工和热处理的性能。

工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、冲压性能、切削加工性能和热处理性能等。



### 案例分析

做冲击试验的具体操作步骤如下。

- (1) 测量试样的几何尺寸及缺口处的横截面尺寸。
- (2) 估计材料冲击韧性，选择试验机的摆锤和表盘。
- (3) 安装试样。

(4) 进行试验。将摆锤举起到高度为  $H_1$  处并锁紧，然后释放摆锤；冲断试样后，待摆锤扬起到最大高度回落时，立即刹车，使摆锤停住。



图 1-37 冲击试验机

(5) 记录表盘上所示的冲击功  $A_k$  值, 取下试样, 观察断口。试验完毕, 将试验机复原。

注意: 做冲击试验时, 要注意安全。

## ■ 小 结 ■

本章主要介绍了金属材料力学性能中的屈服强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度的概念、特点及性能等内容。

## ■ 思考与练习 ■

1. 什么是屈服强度及应力-延伸率曲线?
2. 材料在压缩拉伸时的力学性能是怎样的?
3. 塑性成型方法有哪些?
4. 塑性成型件工艺设计有哪些?
5. 在自由锻件结构设计中应该注意哪些问题?
6. 常用的硬度指标有哪些?
7. 什么是冲击韧性? 什么是疲劳强度?

chapter  
01chapter  
02chapter  
03chapter  
04chapter  
05chapter  
06chapter  
07chapter  
08chapter  
09chapter  
10chapter  
11

