



普通高等教育“十三五”规划教材

工程材料 及成形技术



李洪波 庄明辉 ◆ 主编

李清臣 ◆ 审



化学工业出版社

GONGCHENG CAILIAO
JI CHENGXING JISHU

普通高等教育“十三五”规划教材

工程材料 及成形技术

李洪波 庄明辉 ◆ 主编

李清臣 ◆ 审



化学工业出版社

· 北京 ·

《工程材料及成形技术》是金属材料、机械制造等专业本科规划教材，内容包括工程材料的性能、工程材料的结构、金属材料的凝固、金属的塑性变形与回复再结晶、钢的热处理、常用工程材料、铸造、锻压、焊接、非金属材料成形和零部件的失效及选材。

《工程材料及成形技术》将工程材料和热加工基础两门课程的内容进行了整合，可供机械、冶金、金属材料等专业本科教学选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程材料及成形技术/李洪波, 庄明辉主编. —北京: 化学工业出版社, 2019.7
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-34657-5

I. ①工… II. ①李…②庄… 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 (2019) 第 109581 号

责任编辑: 李玉晖 马 波
责任校对: 王素芹

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京京华铭诚工贸有限公司
装 订: 三河市振勇印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 20½ 字数 516 千字 2019 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

售后服务: 010-64518899

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着现代自然科学的不断发展，在装备设计与制造过程中，新工艺不断涌现，传统工艺不断变革，材料的选择与应用一直是需要考虑的基本问题和重要因素。本书以培养 21 世纪创新型人才为目标，将工程材料和热加工基础整合，系统介绍了材料科学的基础知识、常用金属工程材料及材料成形技术的基本原理和工艺，并添加了选材分析和零件毛坯选用等内容。

本书适应机械工程学科的教学改革要求，在阐述材料科学与工程基本理论的基础上，增加学科知识信息量，注重材料的成分、组织结构和性能之间的关联，增加对各种材料处理方法和成形方法的分析和比较，强化宏观与微观的相互关联。通过对本书的学习，机械、材料类专业学生可以形成对工程材料及热加工工艺进行选择以达到最佳性能的思路，提高分析问题和解决问题的综合能力。

本书由李洪波和庄明辉任主编，马振、孙鹏飞、董海任副主编，何欣、邱新伟参编。

全书共分为 11 章，分别是：材料的性能、材料的结构、金属材料的凝固、金属的塑性变形与回复再结晶、钢的热处理、常用工程材料、铸造成形、锻压成形、焊接成形、非金属材料成形和零部件的失效及选材。其中第 1 章、第 6 章 6.3 节、第 7 章由董海编写，第 2 章、第 6 章 6.4 节由马振编写，第 3 章、第 5 章由李洪波编写，第 4 章、第 6 章 6.5 节、第 9 章由庄明辉编写，第 6 章 6.1 节由何欣编写，第 6 章 6.2 节、第 8 章、第 10 章由孙鹏飞编写，第 11 章由邱新伟编写。李清臣对全书进行了审阅，并提出了宝贵意见，在此深表感谢。

本书在编写过程中，参考了相关文献资料，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请专家和读者批评指正。

编者

2019 年 7 月

目 录

1 材料的性能 / 1

1.1 材料的使用性能	1
1.1.1 材料的力学性能	1
1.1.2 材料的物理和化学性能	5
1.2 材料的工艺性能	6
思考题与习题	7

2 材料的结构 / 8

2.1 晶体学基础	8
2.1.1 晶体与非晶体	8
2.1.2 空间点阵	9
2.1.3 晶面指数与晶向指数	13
2.2 金属材料的晶体结构	17
2.2.1 纯金属的晶体结构	17
2.2.2 合金的晶体结构	23
2.2.3 实际金属的晶体结构	29
2.3 陶瓷材料的结构	34
2.4 高分子材料的结构	37
2.5 扩散	39
2.5.1 扩散定律	39
2.5.2 扩散的微观机制	40
2.5.3 影响扩散的因素	41
思考题与习题	43

3 金属材料的凝固 / 44

3.1 纯金属的结晶	44
------------------	----

3.1.1	纯金属的结晶现象	44
3.1.2	金属结晶的热力学条件	45
3.1.3	纯金属的结晶过程	46
3.2	合金的结晶	52
3.2.1	相平衡与相律	52
3.2.2	相图的建立与杠杆定律	54
3.2.3	一元相图	57
3.2.4	二元相图	58
3.3	铁碳合金相图	76
3.3.1	铁碳合金相图中的组元、相、组织	76
3.3.2	铁碳合金相图分析	78
3.3.3	典型铁碳合金的平衡结晶过程分析	80
3.3.4	铁碳合金成分和组织与性能之间的关系	89
3.4	凝固组织及其控制	91
3.4.1	金属和合金结晶后的晶粒大小	91
3.4.2	凝固组织及控制	93
	思考题与习题	95

4 金属的塑性变形与回复再结晶 / 98

4.1	纯金属的塑性变形	98
4.1.1	单晶体的塑性变形	98
4.1.2	多晶体的塑性变形	101
4.2	合金的塑性变形	102
4.3	金属及合金的强化机制	102
4.4	塑性变形对金属组织和性能的影响	103
4.4.1	塑性变形对金属组织的影响	103
4.4.2	塑性变形对金属性能的影响	105
4.5	回复与再结晶	105
4.5.1	回复与再结晶过程	106
4.5.2	再结晶退火后的晶粒度	108
4.6	金属的热加工	109
4.6.1	动态回复与动态再结晶	109
4.6.2	热加工对金属组织和性能的影响	109
	思考题与习题	110

5 钢的热处理 / 112

5.1	热处理概述	112
-----	-------	-----

5.1.1	热处理的发展阶段	112
5.1.2	热处理的作用和基本类型	112
5.1.3	钢的临界温度	113
5.2	钢在加热时的转变	114
5.2.1	奥氏体形成过程和影响形成速度的因素	114
5.2.2	奥氏体晶粒的长大及影响因素	118
5.2.3	细化奥氏体晶粒的措施	121
5.3	钢在冷却时的转变	122
5.3.1	过冷奥氏体的等温转变曲线	122
5.3.2	钢的过冷奥氏体转变	126
5.3.3	过冷奥氏体的连续冷却转变	138
5.4	钢的退火与正火	140
5.4.1	钢的退火	141
5.4.2	钢的正火	144
5.4.3	退火和正火的选择	144
5.5	钢的淬火与回火	145
5.5.1	钢的淬火	145
5.5.2	钢的回火	149
5.6	钢的表面热处理	151
5.6.1	钢的表面淬火	151
5.6.2	钢的化学热处理	151
	思考题与习题	156

6 常用工程材料 / 157

6.1	工业用钢	157
6.1.1	钢的分类与编号	157
6.1.2	钢中合金元素的作用	159
6.1.3	结构钢	161
6.1.4	工具钢	172
6.1.5	模具钢	174
6.1.6	特殊性能钢	177
6.2	铸铁	184
6.2.1	铸铁的分类	184
6.2.2	铸铁的石墨化	185
6.2.3	铸铁的特点	186
6.2.4	灰铸铁	187
6.2.5	可锻铸铁	189

6.2.6	球墨铸铁	191
6.2.7	蠕墨铸铁	193
6.2.8	合金铸铁	195
6.3	有色金属及其合金	196
6.3.1	铝及铝合金	196
6.3.2	铜及铜合金	205
6.3.3	钛及钛合金	208
6.3.4	轴承合金	210
6.4	陶瓷材料	214
6.4.1	陶瓷材料概况	214
6.4.2	常用工程陶瓷材料	215
6.5	常用高分子材料	216
6.5.1	工程塑料	217
6.5.2	合成橡胶	220
	思考题与习题	222

7 铸造成形 / 224

7.1	铸造工艺基础	224
7.1.1	液态合金的充型	224
7.1.2	铸件的凝固与收缩	225
7.1.3	铸件变形和裂纹	228
7.2	砂型铸造	230
7.2.1	造型方法的选择	231
7.2.2	浇注位置和分型面的选择	231
7.2.3	主要工艺参数的选择	232
7.2.4	铸件结构设计	234
7.3	特种铸造	236
7.3.1	熔模铸造	236
7.3.2	金属型铸造	238
7.3.3	压力铸造	239
7.3.4	离心铸造	240
7.3.5	常用铸造方法的对比	241
7.4	铸造机械与设备	241
	思考题与习题	242

8 锻压成形 / 244

8.1	锻造	245
-----	----	-----

8.1.1	自由锻	246
8.1.2	模锻	249
8.2	板料冲压	253
8.2.1	板料冲压基本工序及材料	253
8.2.2	冲压设备	256
8.3	特种压力加工方法	256
8.3.1	特种锻造	256
8.3.2	挤压成形	259
8.3.3	超塑性成形	260
8.3.4	高速高能成形	261
	思考题与习题	261

9 焊接成形 / 263

9.1	概 述	263
9.1.1	焊接过程的物理本质	263
9.1.2	焊接方法的分类	264
9.2	常用焊接方法	264
9.2.1	电弧焊	264
9.2.2	电阻焊	268
9.2.3	钎焊	271
9.2.4	高能束焊	273
9.3	常用金属材料的焊接	275
9.3.1	金属焊接性	275
9.3.2	合金结构钢的焊接	276
9.3.3	其它材料的焊接	281
	思考题与习题	284

10 非金属材料成形 / 285

10.1	陶瓷材料成形技术	285
10.1.1	陶瓷材料成形基础	285
10.1.2	陶瓷材料成形方法	286
10.2	高分子材料成形技术	288
10.2.1	塑料成形工艺	288
10.2.2	橡胶成形工艺	291
10.3	复合材料成形技术	294
	思考题与习题	296

11 零部件的失效及选材 / 297

11.1 零部件的失效	297
11.1.1 失效的概念、形式和原因	297
11.1.2 失效分析	300
11.2 零部件的选材	304
11.2.1 零部件选材的基本原则	304
11.2.2 轴类零件的选材	307
11.2.3 齿轮类零件的选材	309
11.2.4 箱体支承类零件的选材	312
思考题与习题	313

参考文献 / 314

1

材料的性能

材料是人类社会制造有用器件的物质。有用，是指材料满足产品使用需要的特性，即使用性能，它包括力学性能、物理性能和化学性能；制造，是指将原材料变成产品的全过程，材料对其所涉及的加工工艺的适应能力即为工艺性能，它包括液态成形性能、塑性加工性能、切削加工性能、焊接性能和热处理性能等。全面理解材料性能及其变化规律，是机械设计、选材用材、制订加工工艺及质量检验的重要依据。作为材料性能的两个方面，使用性能和工艺性能既有联系又有区别，两者有时是统一的，但更多的情况下却相互矛盾。合理解决两者间的矛盾并不断改善和创新，是材料研究与应用的主要任务之一。

1.1 材料的使用性能

材料是在一定的外界条件下使用的，如在载荷、温度、介质、磁场等作用下将表现出不同的行为，此即材料的使用性能，包括力学性能（强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度等）、物理性能（密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性等）和化学性能（耐蚀性、抗氧化性等）。

1.1.1 材料的力学性能

(1) 强度

金属材料在静载荷作用下抵抗永久塑性变形和断裂的能力，称为强度。材料强度越高，可承受的载荷越大。根据载荷作用方式的不同，强度可分为屈服强度、抗拉强度、抗压强度、抗剪强度和抗弯强度。其中，最常用的强度指标为屈服强度和抗拉强度。强度也是机械零件（或工程构件）在设计、加工、使用过程中的主要性能指标，是选材和设计的主要依据。

不同材料的强度指标可通过拉伸试验和其它力学性能试验方法测定。

① 拉伸试验 拉伸试验在拉伸试验机上进行。试验前将被测金属制成一定形状和尺寸的标准试样，常用标准试样为圆截面拉伸试样，如图 1-1 所示。

圆截面拉伸试样有长试样和短试样两种。长试样 $L_0=10d_0$ ，短试样 $L_0=5d_0$ 。试验时将试样装夹在实验机的夹头上，缓慢加载。随拉伸力缓慢增大，试样逐渐被拉长，直至断裂。为了消除试样尺寸的影响，将拉伸力 $F(N)$ 除以试样原始截面积 $S_0(mm^2)$ ，得到拉应力 $\sigma(MPa)$ ；将伸长量 $\Delta L(mm)$ 除以试样原始标距 $L_0(mm)$ ，得到拉应变 ϵ 。根据试验时的 σ 和 ϵ 的对应关系，可绘出应力-应变曲线，如图 1-2 所示。

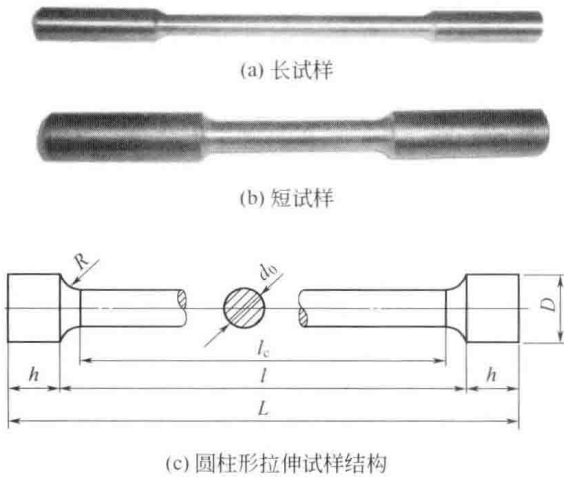


图 1-1 圆柱形拉伸试样

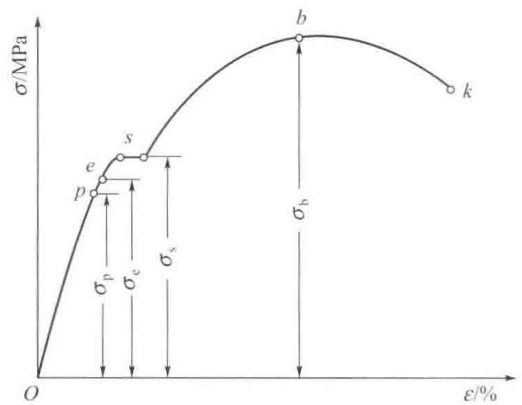


图 1-2 低碳钢的应力-应变曲线

由图中低碳钢的拉伸曲线可知：在载荷较小的 Oe 段，试样的变形随载荷增加而线性增加，若除去外力后则变形完全恢复， Oe 段为弹性变形阶段；外力超过 p 点后，试样进入弹性-塑性变形阶段，此时若除去外力，变形不可完全恢复；当达到 s 点时，试样产生屈服现象，即外力不增加而变形明显继续进行；超过 s 点后，随着外力增大，塑性变形逐渐增加，并伴随着形变强化现象，即变形需要不断增加外力才能继续进行，在 $s\sim b$ 点之间，试样发生的是均匀塑性变形；当达到并超过 b 点之后，试样开始产生不均匀的集中塑性变形及缩颈，并随着变形的继续伴有载荷下降现象；当达到 k 点时，试样于缩颈处产生断裂。

② 强度指标 根据外力作用方式的不同，强度有多种指标，如抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等，常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

a. 屈服强度 用符号 σ_s 表示，指材料开始产生屈服现象时的最低应力，又称屈服极限，是机械设计的主要依据，也是评定金属材料优劣的重要指标，计算公式为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \quad (1-1)$$

式中， σ_s 为屈服点，MPa； F_s 为试样开始屈服时所受的外力，N； S_0 为试样原始截面积， mm^2 。

对于无明显屈服现象的金属材料，按国家标准的规定，可用屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 表示，称为条件屈服强度。

b. 抗拉强度 材料在断裂前所能承受的最大应力，用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (1-2)$$

式中， F_b 为试样被拉断前所承受的最大载荷，N； A_0 为试样的原始横截面积， mm^2 。

零件在工作中所承受的应力，不应超过抗拉强度，否则会导致断裂。 σ_b 是机械零件设计和选材的依据，也是评定金属材料性能的重要参数之一。

(2) 塑性

塑性是指金属材料在静载荷作用时，在断裂前产生塑性变形的能力，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 (δ) 断后伸长率指试样拉断后其标距长度的相对伸长值。

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中， l_k 为试样断裂后的标距长度； l_0 为试样的原始标距长度。

② 断面收缩率 (ψ) 断面收缩率指试样拉断后缩颈处横截面积的最大相对收缩值。

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中， A_k 为试样断裂处的最小横截面积； A_0 为试样的原始横截面积。

金属材料的断后伸长率和断面收缩率越大，表示其塑性越好。一般将 $\delta \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料，将 $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料。塑性越好，越有利于塑性变形加工和焊接成形，零件工作时越安全可靠。

(3) 硬度

硬度是指金属材料抵抗硬物压入其表面的能力，即抵抗局部塑性变形的能力。它是衡量金属材料软硬程度的依据。工程上常用的有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。各种金属的硬度指标也是由试验测得的。

① 布氏硬度 布氏硬度试验在布氏硬度计上进行，测试原理如图 1-3 所示。用直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球作为压头，以相应的试验力 F 压入试样表面，保持一定时间后卸除试验力，试样表面留下直径为 d 的球形压痕。以试验力 F 除以球形压痕表面积 S 的商作为布氏硬度值 (MPa)，符号为 HBS (淬硬钢球压头) 或 HBW (硬质合金球压头)。

实际进行布氏硬度试验时，可根据试验力 F 、压头直径 D 和测得的压痕直径 d 查布氏硬度表得到硬度值。布氏硬度标注时，硬度值写在符号之前，如 250HBS。

布氏硬度试验的压痕大，测得的硬度值较准确，但操作不够简便。布氏硬度试验法主要用于测硬度较低 ($< 450\text{HBS}$ 或 $< 650\text{HBW}$) 且较厚的材料、毛坯或零件，如铸铁、有色金属和硬度不高的钢件。

② 洛氏硬度 洛氏硬度试验在洛氏硬度计上进行。其测试原理是在试验力作用下，将压头 (金刚石圆锥体或淬硬钢球) 压入试样表面，卸除试验力后，以残余压痕深度衡量金属的硬度。残余压痕深度越浅，金属的硬度越高；反之，金属的硬度越低。实际测试时，硬度值可直接从硬度计表盘上读出，图 1-4 所示为洛氏硬度仪器。

为了测定各种金属的硬度，洛氏硬度试验采用三种不同的硬度试验标度，它们的符号、试验条件和硬度值有效范围见表 1-1。进行洛氏硬度试验时，应根据被测材料及其大致硬度，按表 1-1 选用不同的洛氏硬度标度进行测试。在三种洛氏硬度标度中，HRC 在生产中

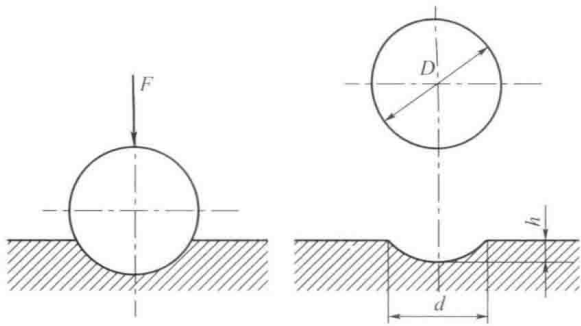


图 1-3 布氏硬度试验原理图



图 1-4 洛氏硬度仪器

应用最广。洛氏硬度标注时，硬度值写在符号之前，如 60HRC。

表 1-1 三种洛氏硬度标度

硬度符号	压头类型	总试验力/N	有效值范围	应用
HRA	120°金刚石圆锥体	60×9.8	70~85HRA	硬质合金,表面淬硬层、渗碳淬硬层
HRB	1.588mm 钢球	100×9.8	25~100HRB	有色金属,退火、正火钢
HRC	120°金刚石圆锥体	150×9.8	20~67HRC	淬硬钢,调质钢

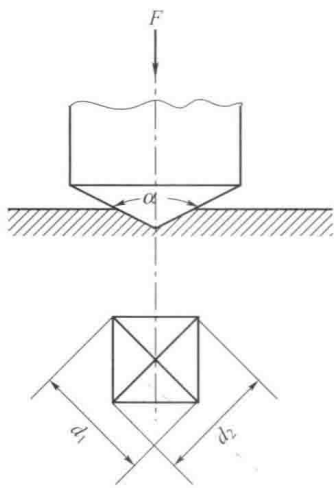


图 1-5 维氏硬度试验原理图

洛氏硬度测定设备简单，操作迅速方便，可用来测定各种金属材料的硬度。测定仅产生很小的压痕，并不损坏零件，因而适合于成品检验，但测一点无代表性，不准确，需多点测量，然后取平均值。

③ 维氏硬度 维氏硬度试验在维氏硬度计上进行，其试验原理与布氏硬度相似，如图 1-5 所示。在试验力 F 作用下，将相对面夹角为 136° 的正四棱锥体金刚石压头压入试样表面，保持一定时间后卸除试验力，在试样表面留下对角线长度为 d 的正四棱锥压痕，以试验力 F 除以压痕表面积 S 所得的商作为维氏硬度值，符号为 HV。实际进行维氏硬度试验时，可根据试验力 F 和测得的对角线长度 d 在维氏硬度表上查得硬度值。维氏硬度标注时，硬度值写在符号 HV 之前，如 640HV。

维氏硬度试验的测试精度较高，测试的硬度范围大，被测试样的厚度或表面深度几乎不受限制（如能测很薄的工件、渗氮层、金属镀层等）。但是，维氏硬度试验操作不够简便，试样表面质量要求较高，故在生产现场很少使用。

(4) 冲击韧性

许多机械零件工作时承受的并非静载荷而是动载荷。在冲击载荷（冲击力）作用下金属抵抗断裂的能力，称为冲击韧性。

冲击韧性指标由冲击试验测定，如图 1-6 所示。试验时将试样安放在试验机的机架上，使试样的缺口位于两支架中间，并背向摆锤的冲击方向。将摆锤 G 升高到规定高度 H ，使摆锤从 H 高度自由落下，冲断试样后向另一方向回升至高度 h ，产生摆锤的势能差 A_k 。 A_k 是消耗在试样断口上的冲击吸收功，其数值计算在此省略。

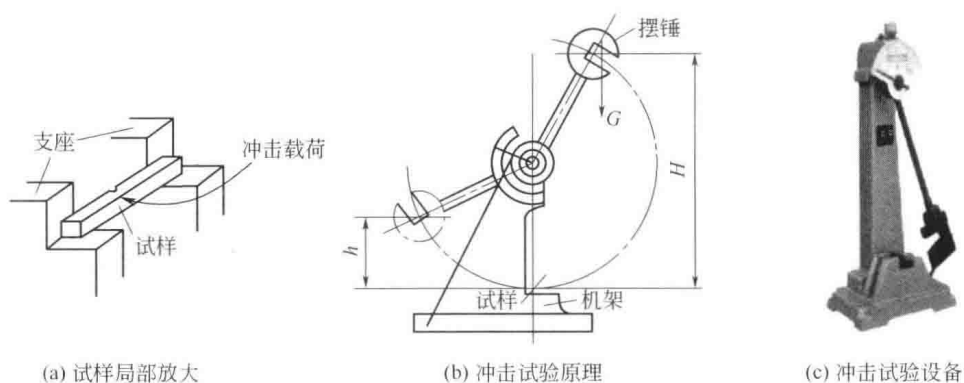


图 1-6 冲击试验

冲击韧度值可用式 (1-5) 计算。

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F} = \frac{GH - Gh}{F} \quad (1-5)$$

式中, α_k 为冲击韧性, J/cm^2 ; A_k 为冲击吸收功, J ; F 为试样缺口底部处横截面积, cm^2 ; G 为摆锤重力, N ; H 为摆锤抬升高度, m ; h 为摆锤冲击后的高度, m 。

冲击吸收功或冲击韧度越大, 材料的冲击韧性越好。冲击韧性对材料内部的缺陷和组织变化十分敏感, 且试验测定简便, 故常用于检验材料热加工和热处理的质量。

(5) 疲劳强度

① 疲劳现象 机械零件, 如轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等, 在工作过程中各点的应力随时间做周期性变化, 称为交变应力 (也称循环应力)。在交变应力的作用下, 虽然零件所承受的应力低于材料的屈服点, 但经过较长时间的工作后会产生裂纹或突然发生完全断裂的现象, 这种现象称为金属的疲劳。

据统计, 在机械零件失效中大约有 80% 以上属于疲劳破坏, 而且疲劳破坏前没有明显的变形。疲劳破坏经常造成重大事故, 所以对于轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等承受交变载荷的零件要选择疲劳强度较好的材料来制造。

② 疲劳强度 金属材料在无限多次交变载荷作用下而不破坏的最大应力称为疲劳强度或疲劳极限。实际上, 金属材料并不可能做无限多次交变载荷试验。一般试验时规定, 钢在经受 10^7 次、非铁 (有色) 金属材料经受 10^8 次交变载荷作用时不产生断裂的最大应力称为疲劳强度。

③ 疲劳的应用 金属疲劳所产生的裂纹虽会给人类带来灾难, 但也有另外的妙用。现在, 利用金属疲劳断裂特性制造的应力断裂机已经诞生, 可以使各种性能的金属和非金属在某一切口产生疲劳断裂从而进行加工。这个过程只需要 1~2s 的时间, 而且越是难以切削的材料, 越容易通过这种方法来完成加工。

1.1.2 材料的物理和化学性能

金属材料在固态时所表现出来的一系列物理现象的性能称为物理性能, 包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

① 密度 单位体积材料的质量称为材料的密度。对于运动构件, 材料的密度越小, 消耗的能量越少, 效率越高。材料的抗拉强度与密度之比称为比强度。在航空航天领域, 选用

高比强度的材料显得尤为重要。

② 熔点 熔点是指材料的熔化温度。陶瓷的熔点一般都显著高于金属及合金的熔点，而高分子材料一般不是完全晶体，所以没有固定的熔点。工业上常用的防火安全阀及熔断器等零件使用低熔点合金，而工业高温炉、火箭、导弹、燃气轮机、喷气飞机等某些零部件必须使用耐高温的难熔材料。

③ 导热性 热量会通过固体发生传递，材料的导热性用热导率（导热系数） k 来表示，其单位为 $W/(m \cdot K)$ 。

材料导热性的好坏直接影响着材料的使用性能。如果零件材料的导热性太差，则零件在加热或冷却时，由于表面和内部产生温差，膨胀不同，就会产生变形或裂纹。一般导热性好的材料（如铜、铝等）常用来制造热交换器等传热设备的零部件。

④ 导电性 材料的导电性常用电阻率表示。金属通常具有较好的导电性，其中最好的是银，铜和铝次之，高分子材料和陶瓷材料一般都是绝缘体。金属具有正的电阻温度系数，即随温度升高，电阻增大。含有杂质或受到冷变形会导致金属的电阻上升。

⑤ 磁性 材料在磁场中的性能，称为磁性。磁性材料可分为软磁性材料和硬磁性材料两种。软磁性材料（如电工用纯铁、硅钢片等）容易被磁化，导磁性能良好，但外加磁场去掉后，磁性基本消失。硬磁性材料又称为永磁材料（如铝镍钴系永磁合金、永磁铁氧体材料、稀土永磁材料等），在去除外加磁场后仍然能保持磁性，磁性也不易消失。许多金属材料如铁、镍、钴等均具有较高的磁性，而另一些金属材料如钢、铝、铅等则是无磁性的。非金属材料一般无磁性。

⑥ 耐蚀性 材料抵抗各种介质腐蚀破坏的能力称为耐腐蚀性。对金属材料而言，主要腐蚀形式为化学腐蚀和电化学腐蚀。在金属材料中，碳钢、铸铁的耐腐蚀性较差，而不锈钢、铝合金、铜合金、钛及其合金耐腐蚀性较好，非金属材料的耐腐蚀性要高于金属材料。

⑦ 抗氧化性 金属材料在高温下容易被周围环境中的氧气氧化而遭破坏，金属材料在高温下抵抗氧化作用的能力称为抗氧化性。

1.2 材料的工艺性能

材料的工艺性能是指材料对各种加工工艺的适应能力，即加工工艺性能，它表示了材料加工的难易程度。一方面材料的工艺性能影响了零件的性能和外观，还影响到零件的生产率和成本；另一方面，材料的工艺性能不仅取决于材料本身，而且还受各种加工工艺条件的影响。

金属材料的工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削性能和热处理性能。

陶瓷材料主要工艺是成形加工。按零部件的形状、尺寸精度和性能要求的不同，可采用不同的成形加工方法（粉浆、热压、挤压、可塑）。陶瓷材料的切削加工性差，除了采用碳化硅或金刚石砂轮进行磨削加工外，几乎不能进行任何其它切削加工。

高分子材料的加工工艺比较简单，主要包括注塑成形、挤出成形、真空成形、压制成形、熔融纺丝等。高分子材料的切削加工性能尚好，但由于高分子材料的导热性差，在切削过程中易使工件温度急剧升高，使热塑性塑料变软，使热固性塑料烧焦。

思考题与习题

1. 低碳钢拉伸应力-应变曲线可分为哪几个变形阶段？这些阶段各具有什么明显特征？
2. 常用哪几种硬度试验？如何选用？各有什么优缺点？
3. 什么是疲劳强度？如何防止零件产生疲劳破坏？
4. 同一种钢，经三种不同的热处理后，硬度分别为 60HRC、270HBS、9010HV，试比较它们的硬度高低。
5. 结合身边的例子，说明材料选用如何综合考虑材料的各方面性能。