



高职高专“十二五”规划教材

工程材料与成形工艺

GONGCHENGCAILIAO YU CHENGXINGGONGYI

汤 萍 主 编
方俊芳 程 玉 秦绪巍 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



高职高专“十二五”规划教材

工程材料与成形工艺

GONGCHENGCAILIAO YU CHENGXINGGONGYI

主 编 汤 萍

副主编 方俊芳 程 玉 秦绪魏

编 写 李玉琴 黄均安 王 甫 王三海 王 宣

主 审 张信群



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



内 容 简 介

本书共分十一章,紧紧围绕机械制造过程中选材和用材这一主线,遵循工程材料—毛坯成形—切削成形的脉络,将各知识点进行了有机整合。在编写中融入现代科技新进展,贯彻国家最新标准。教材内容精炼,理论联系实际,文字通俗易懂,力求体现高职高专教育的特色。内容编排以学生为本,便于教学,具有很强的课堂操作性。

本书适用于高职高专机械设计与制造类、自动化类等相关专业教学使用,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与成形工艺 / 汤萍主编. —北京: 中国电力出版社, 2013.8

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-4579-9

I. ①工… II. ①汤… III. ①工程材料—成型—工艺学—高等职业教育—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 159417 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16 印张 386 千字

定价 29.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

工程材料与成形工艺是研究工程材料和成形工艺的综合性技术基础课程。本书从机械工程材料的应用角度出发,阐明工程材料及其成形工艺的基础原理、基本知识和技能,帮助学生全面认识现代工业生产方式和生产过程,掌握选材和用材方面的基本知识和基本技能,为学习其他有关课程和今后从事相关工作奠定必要的基础。

本书内容精炼,理论联系实际,文字通俗易懂,力求体现高职高专教育的特色。内容编排以学生为本,便于教学,具有很强的课堂操作性,适用于高职高专机械设计与制造类、自动化类等相关专业教学使用,也可供有关技术人员参考。

本书共十一章,由安徽水利水电职业技术学院、安徽机电职业技术学院、阜阳职业技术学院、安徽江淮汽车有限公司、安徽合力股份有限公司等单位教师和工程技术人员联合编写。编写分工如下:汤萍编写了第四、七章,方俊芳编写了第九、十章,程玉编写了第五章,秦绪巍、王甫编写了第六章,李玉琴编写了第十一章,黄均安编写了第一、三章,王三海编写了第八章,王宣编写了第二章。

本书由汤萍担任主编,方俊芳、程玉、秦绪巍担任副主编。全书由汤萍统稿。滁州职业技术学院张信群担任全书的主审。

本书在编写过程中,参考了多本教材和技术文献,在此谨向所涉及的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2013年4月

第一章 绪论	26
第一节 工程材料的发展概况	26
第二节 工程材料的应用及局限性	26
第三节 铁基合金材料的应用及局限性	26
复习思考题	27
第二章 钢的热处理	28
第一节 钢在加热和冷却时的组织转变	29
第二节 钢的普通热处理	33
第三节 钢的表面热处理	39
第四节 热处理新工艺简介	42
复习思考题	44
第三章 常用工程材料	45
第一节 工业用钢	45
第二节 铸铁	55
第三节 有色金属	59
第四节 非金属材料	65
第五节 工程材料的选用	70
复习思考题	74

目 录

第三节 数控铣床	222
第四节 加工中心	231
第五节 数控电火花线切割加工	237
复习思考题	247
参考文献	247
前言	247
第一篇 工 程 材 料	
第一章 金属材料的性能	3
第一节 金属材料的力学性能	3
第二节 金属材料的物理、化学性能	7
第三节 金属材料的工艺性能	8
复习思考题	9
第二章 金属的晶体结构和结晶	10
第一节 金属的晶体结构	10
第二节 纯金属的结晶	11
第三节 合金的组织和结晶	15
复习思考题	18
第三章 铁碳合金	19
第一节 铁碳合金的基本组织	19
第二节 铁碳合金相图及组织转变	21
第三节 铁碳合金相图的应用及局限性	26
复习思考题	27
第四章 钢的热处理	28
第一节 钢在加热和冷却时的组织转变	29
第二节 钢的普通热处理	33
第三节 钢的表面热处理	39
第四节 热处理新工艺简介	42
复习思考题	44
第五章 常用工程材料	45
第一节 工业用钢	45
第二节 铸铁	55
第三节 有色金属	59
第四节 非金属材料	65
第五节 工程材料的选用	70
复习思考题	74

第二篇 毛坯成形

第六章 铸造成形	76
第一节 铸造成形工艺基础	76
第二节 铸造成形方法	81
第三节 铸件结构的工艺设计	104
复习思考题	109
第七章 锻压成形	111
第一节 锻压成形工艺基础	113
第二节 锻造成形	117
第三节 冲压成形	130
第四节 锻压新技术简介	137
复习思考题	140
第八章 焊接成形	141
第一节 焊接成形工艺基础	141
第二节 焊接成形方法	147
第三节 焊接件的结构工艺设计	162
复习思考题	164
第三篇 切削成形	
第九章 切削成形基础	168
第一节 切削运动与切削要素	168
第二节 切削刀具	170
第三节 切削过程的基本规律	177
第四节 切削加工机床的分类与型号	182
复习思考题	185
第十章 常用切削加工方法	187
第一节 车削加工	187
第二节 铣削加工	191
第三节 钻削和镗削加工	195
第四节 刨削、插削和拉削加工	199
第五节 磨床及其加工	203
复习思考题	207
第十一章 数控加工基础	208
第一节 数控加工概述	208
第二节 数控车削加工	214

第三节 数控铣床	222
第四节 加工中心	231
第五节 数控电火花线切割加工	237
复习思考题	245

参考文献	247
------------	-----

工程材料是指具有一定性能,在特定条件下能够承担某种功能、用来制造零件和工具的材料。正确认识各种材料的性能及其在加工过程中的变化,是合理选材和用材的重要前提。

工程材料种类繁多,按成分可分为金属材料和非金属材料两大类。

一、金属材料

金属材料是应用最广泛的工程材料,包括金属和以金属为基的合金。工业上把金属及其合金分为两大部分。

1. 黑色金属材料

黑色金属材料是指铁和以铁为基的合金(钢、铸铁和合金钢)。

2. 有色金属材料

有色金属材料是指除黑色金属材料以外的金属及其合金,主要包括铝合金、钛合金、铜合金、镁合金等。

二、非金属材料

非金属材料除金属材料以外的其他材料的统称。在机械制造中使用较多的非金属材料主要分为高分子材料、陶瓷材料及复合材料三大类。

1. 高分子材料

高分子材料为有机合成材料,也称聚合物。它具有较高的强度、良好的塑性、较强的耐腐蚀性、很好的绝缘性和质量轻等优良性能,在工程上是发展最快的一类新型结构材料。

高分子材料种类很多,工程上通常根据机械性能和使用状态将其分为三大类:

1. 塑料

塑料主要指强度、韧性和耐磨性较好,可制造某些机器零件或构件的工程塑料,一般分为热塑性塑料和热固性塑料两种。

2. 橡胶

橡胶通常指弹性模量低而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

合成纤维指由单体经化学键合强度很高,通过机械处理所获得的聚合物纤维材料。

(二) 陶瓷材料

陶瓷材料主要是指以无机非金属材料为主要成分的烧结制品。它具有结构致密、表面平整光洁、耐酸性能良好等特点。常见的有结构陶瓷、电器绝缘陶瓷、化工陶瓷、结构陶瓷和耐酸陶瓷等。

(三) 复合材料

复合材料是用两种或两种以上不同材料组合的材料,其性能是其他单一材料所不具备的。

第一篇 工程材料

工程材料是指具有一定性能,在特定条件下能够承担某种功能、用来制造零件和工具的材料。正确认识各种材料的性能及其在加工过程中的变化,是合理选材和用材的重要前提。

工程材料种类繁多,按成分可分为金属材料和非金属材料两大类。

一、金属材料

金属材料是应用最广泛的工程材料,包括金属和以金属为基的合金。工业上把金属及其合金分为两大部分。

1. 黑色金属材料

黑色金属材料是指铁和以铁为基的合金(钢、铸铁和铁合金)。

2. 有色金属材料

有色金属材料是指黑色金属以外的所有金属及其合金,主要包括铝合金、钛合金、铜合金、镍合金等。

二、非金属材料

非金属材料是除金属材料以外的其他材料的统称。在机械制造中使用较多的非金属材料主要有高分子材料、陶瓷材料及复合材料三大类。

(一) 高分子材料

高分子材料为有机合成材料,也称聚合物。它具有较高的强度、良好的塑性、较强的耐腐蚀性、很好的绝缘性和质量轻等优良性能,在工程上是发展最快的一类新型结构材料。

高分子材料种类很多,工程上通常根据机械性能和使用状态将其分为三大类:

1. 塑料

塑料主要指强度、韧性和耐磨性较好,可制造某些机器零件或构件的工程塑料,一般分为热塑性塑料和热固性塑料两种。

2. 橡胶

橡胶通常指经硫化处理后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

合成纤维指由单体聚合而成且强度很高,通过机械处理所获得的聚合物纤维材料。

(二) 陶瓷材料

陶瓷材料主要是指以黏土为主要成分的烧结制品。它具有结构致密,表面平整光洁,耐酸性能良好等特点。常用的有日用陶瓷、电器绝缘陶瓷、化工陶瓷、结构陶瓷和耐酸陶瓷等。

(三) 复合材料

复合材料是用两种或两种以上不同材料组合的材料,其性能是其他单质材料所不具备的。

金属材料是当前应用最广和用量最大的工程材料,因此,本篇将主要介绍金属材料的组织、成分、性能及其相互关系,介绍金属材料改性处理的基本途径,介绍常用金属材料的牌号、成分、组织、性能及用途,为选材和用材提供理论依据,并为后续专业课程的学习奠定必要的基础。

第一章 金属材料的性能

根据机械零件的工作条件（主要包括受力条件、工作温度和工作环境三个方面）和失效形式（主要有腐蚀、磨损和断裂三种形式），对制造机械零件的材料提出相应的性能要求。也就是说，用于制造机械零件的材料应满足工作条件所提出的各种性能要求，以保证机械零件在一定的工作条件下能够正常工作而不会失效，而且能保证一定的使用寿命。

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能两大类。使用性能是指材料在工作中为发挥正常工效和能够达到预定的使用寿命所具有的性能，包括力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指材料对某种加工工艺的适应能力，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等。

第一节 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指材料承受外力作用的能力。为满足机械零件的受力条件要求，应对制造零件的材料做各种相应的力学性能试验来测定材料的各种力学性能指标。所测得的实际力学性能指标应满足设计中对零件材料提出的力学性能指标要求。

力学性能指标包括五大项，即强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度。

一、强度

强度是指材料抵抗永久变形和断裂的能力。由于零件材料大多是在受拉时产生变形或破坏的，所以通常用受拉时的强度来代表材料的强度指标。

（一）拉伸试验

根据 GB/T 228.1—2010《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》的规定，在做材料的拉伸试验前，须从欲测材料中取出一部分，制成标准试样。拉伸试样又分圆试样与扁试样两种。图 1-1 为标准圆截面拉伸试样示意图，图中 d_0 和 L_0 分别为试样在拉伸前的计算直径和计算长度， d_1 和 L_1 分别为试样在拉伸后的断口直径和计算长度。

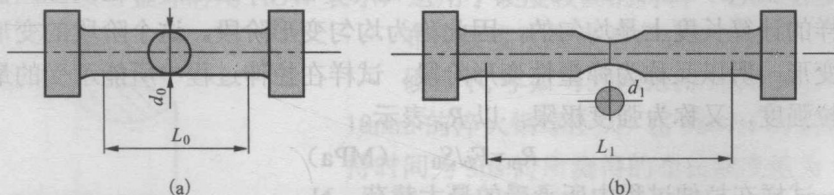
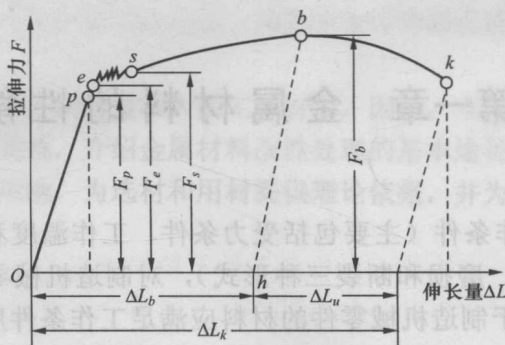


图 1-1 标准圆截面拉伸试样示意图
(a) 拉伸前；(b) 拉伸后

测试时将试样夹持在拉伸试验机的上、下夹头间，随着加在试样的拉力 F 不断增大，试样不断被拉长，直至被拉断。加在试样的拉力 F 与变量（即伸长量） ΔL 之间的关系可以用图 1-2 所示的 $F-\Delta L$ 拉伸曲线表示，这就是拉伸试验所获得的原始曲线。

图 1-2 低碳钢拉伸的 $F-\Delta L$ 曲线

Oe —弹性变形阶段； es —屈服变形阶段； sb —均匀塑性变形阶段； bk —缩颈断裂阶段

根据试样的拉伸曲线，可将变形过程分为以下四个阶段。

- (1) Oe 为弹性变形阶段。此时若卸去载荷，试样能恢复原状。
- (2) es 为屈服变形阶段。 e 点开始塑性变形，在 s 点，曲线图上出现平台或锯齿状，表现出应力几乎不增加而应变却继续增加的特点，显示了试样的屈服，这一现象称为屈服现象。
- (3) sb 为均匀塑性变形阶段。试样产生均匀的塑性变形，并出现了强化。
- (4) bk 为缩颈断裂阶段。在 b 点处产生最大载荷 F_b ，试样出现“缩颈”现象，即试样局部直径开始急剧缩小。 k 点处试样被拉断。

(二) 金属拉伸时的强度指标

强度的大小通常用应力表示，符号为 R ，单位为 MPa 。工程上常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度等。

1. 屈服强度

试样屈服时承受的最小应力称为屈服强度或屈服极限，以 R_e 表示。

$$R_e = F_s / S_0 \quad (\text{MPa})$$

式中 F_s ——试样屈服时所承受的载荷， N ；

S_0 ——试样原始横截面积， mm^2 。

屈服强度反映了材料对明显塑性变形的抗力。超过其屈服强度则发生塑性变形而导致工件失效，因此，屈服强度是工程设计与选材的重要依据之一。

2. 抗拉强度

屈服阶段结束后，试样的变形又随外力的增大而增大，直至外力达到最大值。这个阶段的变形在试样的计算长度上是均匀的，因此称为均匀变形阶段。这个阶段的变形既有弹性变形又有塑性变形，所以又称为弹塑性变形阶段。试样在拉伸过程中所能承受的最大应力值称为材料的抗拉强度，又称为强度极限，以 R_m 表示。

$$R_m = F_b / S_0 \quad (\text{MPa})$$

式中 F_b ——试样在拉伸过程中所承受的最大载荷， N ；

S_0 ——试样原始横截面积， mm^2 。

在机械制造中常用 R_m 作为评价材料强度的主要指标。当材料所承受的实际应力大于其强度极限时，就会发生破坏。

二、塑性

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。许多零件或毛坯是通过塑性变形而形

成的，要求材料具有较高的塑性；同时为防止零件在工作时发生脆性破坏，也要求有一定程度的塑性。因此塑性也是材料的主要机械性能指标之一。

通过如前所述的拉伸试验，不仅可以测得材料的强度指标，而且可以测得其塑性指标。塑性指标用断后伸长率 A 和断面收缩率 Z 来表示，即

$$A = (L - L_0) / L_0 \times 100\%$$
$$Z = (S_0 - S) / S_0 \times 100\%$$

式中 L_0 、 L ——试样原计算长度和拉断后的长度；
 S_0 、 S ——试样原横截面积和拉断后断口处的横截面积。

很显然， A 和 Z 值越大，材料的塑性就越好。一般把 $A \geq 5\%$ 的材料称为塑性材料，而把 $A < 5\%$ 的材料称为脆性材料，如铸铁是典型的脆性材料。

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，是衡量金属软硬的判据。

通常用布氏硬度、洛氏硬度、李氏硬度、肖氏硬度、维氏硬度等来表示材料的硬度。下面介绍应用最广泛的布氏硬度和洛氏硬度。

(一) 布氏硬度

将一定直径的淬火钢球或硬质合金球压头，在一定的载荷下垂直压入试样表面，保持规定的时间后卸载，试样表面出现深度为 h 的压痕。压痕表面所承受的平均应力值称为布氏硬度值，以 HB 表示。图 1-3 为布氏硬度试验原理图。

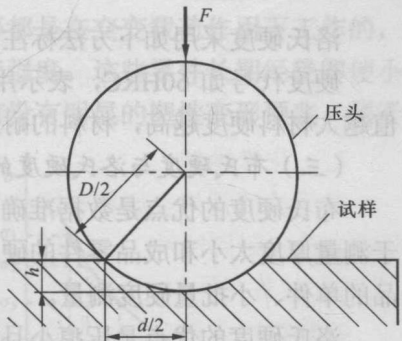


图 1-3 布氏硬度试验原理图

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

式中 F ——载荷。

在测试布氏硬度时，实际上并不需要进行上述计算。根据已知的钢球直径 D 、载荷 F 及测得的压痕直径 d 可以直接从有关表格中查出相应的布氏硬度。

对布氏硬度的符号做如下规定：

- (1) 压头为淬火钢球时用 HBS 表示，适用于硬度较低的材料 ($HB < 450$)。
- (2) 压头为硬质合金球时用 HBW 表示，适用于硬度较高的材料 ($450 \leq HB \leq 650$)。

布氏硬度采用如下方法标注：

硬度代号如 150HBS10/1000/30，表示用直径 10mm 的淬火钢球压头，在 9807N 的载荷作用下，保持时间为 30s 时所测得的布氏硬度值为 150。

布氏硬度没有单位，硬度值越大材料硬度越高，耐磨性越好。若保荷时间为 10~15s，允许不标注保荷时间。

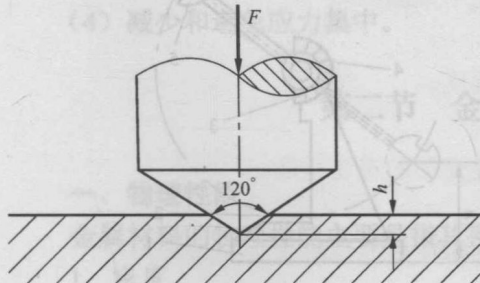


图 1-4 洛氏硬度测试原理图

(二) 洛氏硬度

如图 1-4 所示为洛氏硬度测试原理图。用规定的

载荷，将顶角为 120° 的圆锥形金刚石压头或直径为 1.588mm 的淬火钢球压入金属表面，取其压痕深度 h 计算硬度的大小，这种硬度称为洛氏硬度 HR。

根据测试压头和载荷不同，可组成几种不同的洛氏硬度标尺，每一种标尺用一个字母在洛氏硬度符号 HR 后加以说明。常用的洛氏硬度标尺为 A、B、C 三种，相应的硬度符号分别为 HRA、HRB、HRC 三种，以 HRC 应用最为广泛，它们的测量范围和应用范围如表 1-1 所示。

表 1-1 洛氏硬度试验载荷与应用范围				
硬度符号	压头类型	总载荷 (kg)	测量范围	应用举例
HRA	120° 金刚石圆锥	60	20~88HRA 以上	硬质合金、表面淬火钢
HRB	φ1.588 淬火钢球	100	20~100HRB	软钢、退火钢、铜合金
HRC	120° 金刚石圆锥	150	20~70HRC	淬火钢件

洛氏硬度采用如下方法标注：
硬度代号如 60HRC，表示用 C 标尺测得的硬度值为 60。洛氏硬度值也没有单位，硬度值越大材料硬度越高，材料的耐磨性越好。

(三) 布氏硬度与洛氏硬度的比较与选用
布氏硬度的优点是数据准确、稳定，缺点是压痕深且面积大，易损坏零件表面，不适合于测量厚度太小和成品零件的硬度，而且测量效率低。因此，主要用于原材料、毛坯和半成品的单件、小批量硬度测量。

洛氏硬度的优点是压痕小且测量效率高，缺点是数据准确性、稳定性不如布氏硬度，所以不仅可以用于测量原材料、毛坯和半成品的硬度，也可以用于测量成品的硬度。不仅可以用于单件、小批量测量，也可以用于大批量测量。

四、冲击韧度
机械产品中有许多零件是在冲击载荷作用下工作的，如汽车换挡齿轮、起重机吊钩、锻锤锤杆、飞机起落架等。冲击载荷比静载荷引起的应力和变形大很多，为了防止零件在冲击载荷作用下突然破坏，必须考虑材料的冲击韧度。冲击韧度可以通过相应的冲击试验来测定，冲击试验又分为冲击拉伸、冲击弯曲、冲击压缩、冲击扭转等，其中最常见的是冲击弯曲试验。冲击弯曲试验又分为两种：一种是大能量一次冲击，适用于飞机起落架等；另一种是小能量多次冲击，适用于锻锤锤杆等。冲击弯曲试验用试样及试验结果如图 1-5 所示。

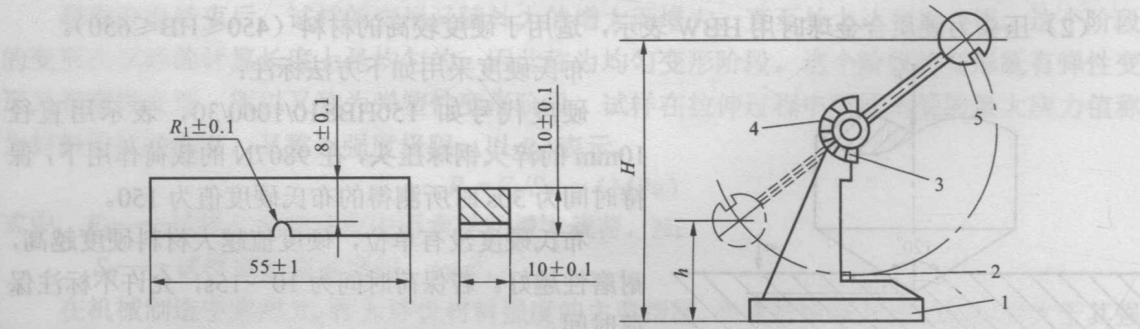


图 1-5 冲击弯曲试验用试样及试验结果
1—机架；2—试样；3—刻度盘；4—指针；5—摆锤

冲击韧度表示材料抵抗冲击载荷作用的能力,并以冲断试样每单位面积所消耗的功来表示。冲击韧度值 α_k 越大,材料韧性越好,抵抗冲击载荷作用的能力越强。

$$\alpha_k = A_k / A_0$$

式中 A_k ——冲击吸收功, J;

A_0 ——试样断口处的原始横截面积, cm^2 。

材料的冲击韧度除了取决于材料本身之外,还与环境温度及缺口的状况密切相关。所以,冲击韧度除了用来表征材料的韧性大小外,还用来测量金属材料随环境温度下降由塑性状态转变为脆性状态的韧脆转变温度,也用来考察材料对缺口的敏感性。

在生产中,在冲击载荷作用下工作的零件,往往是经受千万次小能量冲击而被破坏的,很少是受大能量一次性冲击被破坏的,因此应进行多次冲击试验以确定其多次冲击抗力。

五、疲劳强度

机械产品中的许多零件,如曲轴、连杆、齿轮、弹簧等都是受交变载荷作用下工作的,除了要考虑材料的以上一般强度之外,还要考虑材料的疲劳强度。这些零件长期经受即使小于其屈服强度的交变载荷作用也会突然断裂而破坏,破坏前没有明显的塑性变形预兆,属于低应力脆断。这种破坏的危害性很大,有相当多的零件的破坏属于疲劳破坏,应引起高度重视。

金属的疲劳曲线如图 1-6 所示,随着应力循环次数 N 不断增大,材料所能承受的最大交变应力 $\sigma_{\max}$ 不断减小。当交变应力循环次数 N 达到无限次(碳素钢 $N=10^7$, 高强度钢 $N=10^8$)时,材料仍不发生疲劳破坏所能承受的最大交变应力值为该材料的疲劳强度。

金属材料的疲劳强度用 σ_r 来表示,下标 r 表示交变应力循环系数(r =最小应力/最大应力),若为对称应力循环,则 $r=-1$,疲劳强度相应用 σ_{-1} 表示。

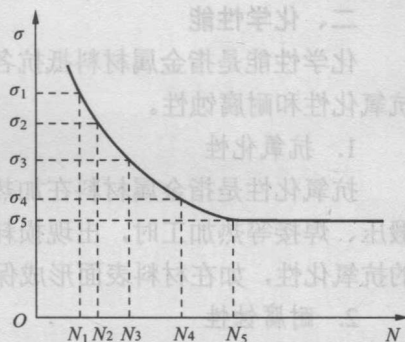


图 1-6 金属的疲劳曲线

材料内部不可避免地存在一些缺陷,如裂纹、气孔、缩松、夹渣等,这些缺陷可以充当裂纹源,在交变载荷的作用下进行扩展,达到一定程度后,工件上剩余截面积不足以抵抗外力作用时,发生突然的断裂。因此,可采用如下措施以防止疲劳破坏:

- (1) 降低工件表面粗糙度;
- (2) 减少工件内部缺陷;
- (3) 提高工件表面强度;
- (4) 减少和避免应力集中。

第二节 金属材料的物理、化学性能

一、物理性能

金属材料的物理性能主要是指其密度、熔点、导热性、导电性及热膨胀性等。

1. 密度

密度是指单位体积内物体的质量。金属的密度直接关系到由其制成的零件或构件的自重和效能。

2. 熔点

熔点是指金属材料由固态转变为液态时的熔化温度。金属都有固定的熔点，而合金的熔点取决于其成分。

3. 导热性

导热性是指金属材料传导热量的能力。材料的导热性对加工和使用都有很大的影响，在制订热加工和热处理工艺时，必须考虑金属材料的导热性，避免金属材料在加热或冷却过程中形成过大的内应力，导致金属材料发生变形和开裂的现象。

4. 导电性

导电性是指金属材料传导热量的能力。在金属中，以银的导电性最好，铜和铝次之，纯金属的导电性比合金好。

5. 热膨胀性

热膨胀性是指金属材料随温度变化体积发生膨胀或收缩的特性。在实际工程应用中，很多场合需要考虑金属材料的热膨胀性。例如，材料在铸造过程中会发生尺寸和体积收缩，如果得不到补缩就会产生缩孔、缩松等缺陷，并且容易产生较大的铸造应力。

二、化学性能

化学性能是指金属材料抵抗各种介质化学作用的能力，即化学稳定性。主要化学性能有抗氧化性和耐腐蚀性。

1. 抗氧化性

抗氧化性是指金属材料在加热时抵抗氧化作用的能力。氧化使得金属材料在进行铸造、锻压、焊接等热加工时，出现损耗严重和加工缺陷的现象。因此，需要采取措施来提高材料的抗氧化性，如在材料表面形成保护膜等。

2. 耐腐蚀性

耐腐蚀性是指金属材料在常温下抵抗氧气、水等化学介质腐蚀破坏作用的能力。根据零件的工作环境的不同，要考虑材料耐不同介质腐蚀的能力。例如，化工厂里的一些管道，须耐酸、碱、盐的腐蚀。

第三节 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指对各种加工方法的适应能力，即采用某种加工方法将金属材料制造为机械零件和工具的难易程度。它主要包括以下几个方面：

1. 铸造性能（可铸性）

铸造性能是指金属或合金经铸造形成铸件的难易程度。

2. 锻造性能（可锻性）

锻造性能主要指工件在一定的外力作用下发生塑性变形的难易程度。

3. 焊接性能（可焊性）

焊接性能主要指工件在一定的焊接工艺条件下，获得优质的焊接接头的难易程度。

4. 切削加工性能

切削加工性能主要指工件材料进行切削加工的难易程度。

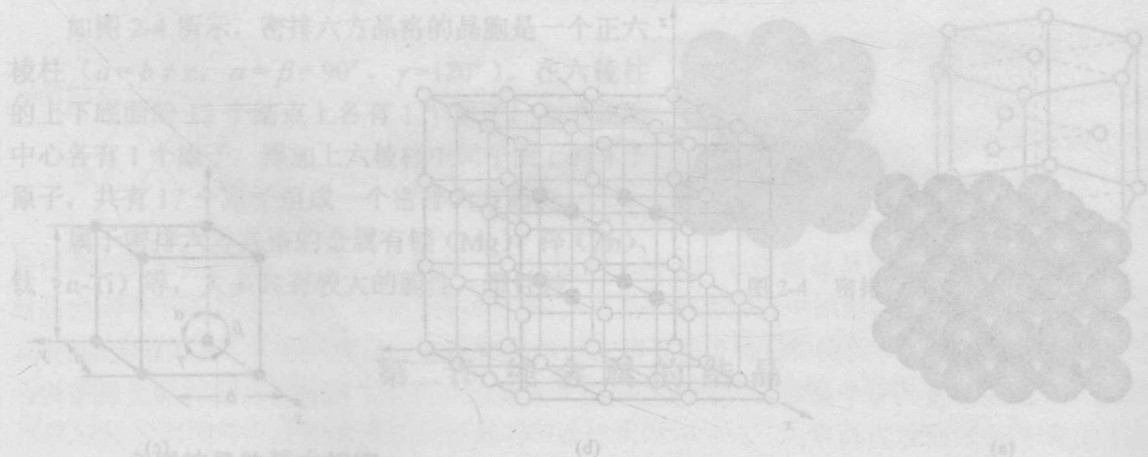
5. 热处理性能

热处理性能是指可以实施的热处理方法和材料在热处理时性能改变的程度。

工艺性能的好坏直接影响零件的加工质量和生产成本,有关此部分的内容将在后续相关章节中专门介绍。

复习思考题

1. 什么是金属的力学性能? 金属的力学性能主要包括哪些方面?
2. 材料的工艺性能包括哪些方面?
3. 金属的物理性能、化学性能各包括哪些方面?
4. 将钟表发条拉直是弹性变形还是塑性变形?
5. 说明布氏、洛氏硬度试验原理。
6. 布氏硬度试验有哪些局限性? 为什么?



一、金属结晶的基本规律

金属材料的生产,一般都是通过凝固过程。如果凝固的固态物质是晶体,则这种凝固又称为结晶。由于固态金属几乎都是晶体,所以金属凝固的过程通常也称为结晶过程。由液态金属凝固而形成的金属晶体称为金属晶体(或金属晶粒)。金属晶体的结晶过程,因此,了解金属从液态到固态的结晶过程,对于金属材料的生产、应用和性能的研究,具有重要意义。

第二章 金属的晶体结构和结晶

不同的金属材料具有不同性能，同一金属材料在不同的状态下，也有可能具有不同性能。造成上述差异的主要原因在于材料晶体结构的不同，因而，有必要研究金属的晶体结构和结晶规律，为合理选材、用材奠定理论依据。

第一节 金属的晶体结构

一、晶体

晶体是指原子（离子、分子或原子团）在三维空间作有规则的周期性重复排列的物质。在自然界中，除了少数物质（如玻璃、松香及木材等）以外，包括金属在内的绝大多数固体都是晶体。

晶体中的原子有多种排列方式，为了便于理解和描述原子的排列规律，通常将实际晶体结构简化为完整无缺的理想晶体，并近似地把原子看成是不动的等径刚球质点，且在三维空间紧密堆积，原子在空间的这种排列形式称为空间点阵，如图 2-1 (a) 所示。

用许多假想的平行直线将所有质点的中心连接起来，构成三维的几何格架，称为晶格，如图 2-1 (b) 所示，图中各直线的交点称为结点。

由于晶格中各质点的周围环境相同，故其排列具有周期重复性。为了描述金属晶格的几何规则，可以从晶格中取出由数个原子组成的并能代表整个晶格几何结构特征的最小单元，这样的最小单元称为晶胞，如图 2-1 (c) 所示。晶胞的大小和形状，常以晶胞的棱边长度 a 、 b 、 c 和棱边夹角 α 、 β 、 γ 六个参数来表示。其中 a 、 b 、 c 称为晶格常数。

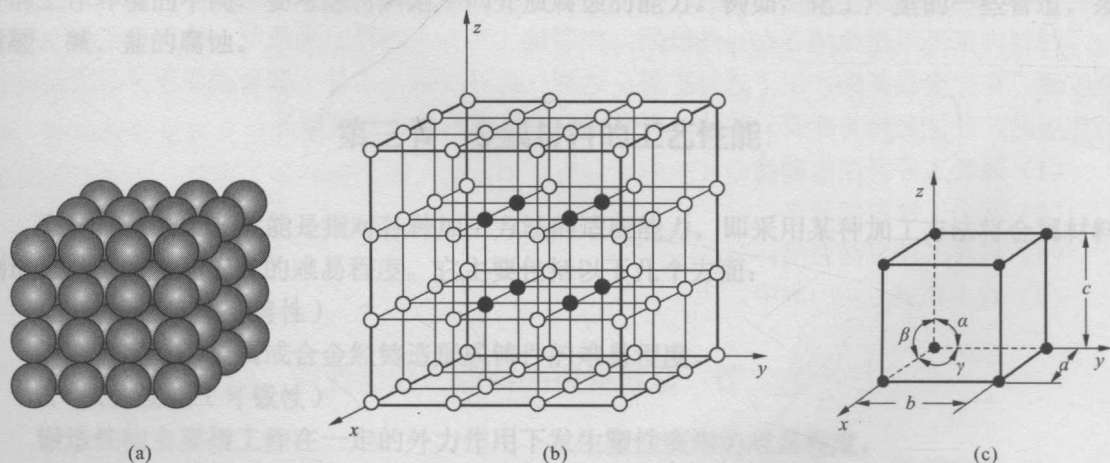


图 2-1 晶体中原子排列示意图

(a) 原子排列模型；(b) 晶格；(c) 晶胞

通常以晶胞的几何结构（晶格类型）和晶格常数来描述金属的晶体结构。各种晶体由于其晶格类型和晶格常数的不同，表现出不同的物理、化学和机械性能。