



高职高专“十一五”规划教材

机械基础

■ 常新中 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械基础

常新中 主编
黄 杉 副主编

图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 常新中主编. — 北京: 化学工业出版社, 2007.7

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-00454-6

I. ①机… II. ①常… III. ①机械学—高等学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第088082号

责任编辑: 张清海
文字编辑: 于 天

责任编辑: 张清海
文字编辑: 于 天

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区景泰里13号 邮政编码100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 北京市西城区德胜门内大街111号

787mm×1092mm 1/16 印张18 字数432千字 2007年7月北京第1版第1次印刷



化学工业出版社

· 北京 ·

定价: 28.00元

定价: 28.00元

本教材是本着职业教育课程改革的有关精神,将机械工程材料、工程力学和机械设计的经典内容及最新成果经过精简、优化、融合而成的一门课程改革综合性教材。

本书的第一篇为机械工程材料,包括了金属材料的各种性能、常用的金属材料和非金属材料;第二篇为工程力学,包括了静力学和材料力学两部分;第三篇为机械设计,包括了机械设计概述、平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构、连接与螺纹传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系及减速器、机械中的支承部件、联轴器及离合器等。

本书供高职高专机械类、机电类、电力技术类和数控技术类专业教学使用,也可作为成人高校教学用书及供相关专业的工程技术人员参考用书。

机械基础

主编 常新中
副主编 孙 颖

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/常新中主编. —北京:化学工业出版社,
2007.7

高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-00424-6

I. 机… II. 常… III. 机械学-高等学校:技术学
院-教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 068065 号

责任编辑:高 钰
责任校对:顾淑云

文字编辑:张绪瑞
装帧设计:于 兵

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张18 字数462千字 2007年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

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。

定 价:28.00 元

版权所有 违者必究

高职高专制冷与空调专业系列教材 编审委员会

主 任

王绍良

副主任

李晓东 赵玉奇 孙见君 魏 龙

杜存臣 隋继学 魏 琪

委 员

(按姓氏汉语拼音排序)

常新中	杜 垵	杜存臣	冯殿义	傅 璞
郝万新	李少华	李晓东	林慧珠	刘玉梅
潘传九	申小中	隋继学	孙见君	王绍良
魏 龙	魏 琪	杨雨松	赵晓霞	赵玉奇
郑智宏	周 皞	朱明悦		

前 言

随着职业教育改革的进一步深化,以培养技能型人才为目标的课程体系改革显得尤为重要,其显著特征是具有应用多种知识和技能解决现场实际问题的能力,即技术应用能力。为实现这一宏观培养目标,其相关的基础课、专业课程设置需要打破传统课程结构的封闭性,进行课程门类相对集中并做出相应调整,优化、组合和重构势在必行。通过课程综合,减少了课程间的不必要重复,避免了知识的相互割裂和脱节,突出了专业能力的培养,促进了理论与实践、基础课与专业课之间的紧密结合,有利于学生综合能力的培养,有助于今后发展他们的潜能。

机械工程材料、工程力学、机械设计是机械类专业的三大基础课程,内容十分丰富,是学习专业课程的基础,彼此之间衔接的地方较多,联系较为密切,很适合课程体系的融合,以达到“重在实用,淡化理论,够用为度”的指导思想。编者结合课程的实际情况和教学实践、工程实践的经验编写了本教材。

本书在编写过程中将机械工程材料、工程力学和机械设计的经典内容及最新成果,按照知识、能力、素质的内在联系和人们的认识规律,按照教学的科学性、自然适应性、可接受性和循序渐进性等教育教学规律优化组合。其主要特点是在内容上以必需、够用为度,举例尽量与工程实际相结合,文字表达上力求简单易懂。在保证基本理论的前提下,简化甚至舍去了繁琐的理论推导和复杂的数据计算,突出了实用性和综合性,侧重于学生基本技能的训练和综合能力的培养。

本书适用学时为80~100,少学时的教学内容可根据需要删去部分内容。本书供高职高专机械类、机电类、电力技术类和数控技术类专业教学使用,也可作为成人高校教学用书及供相关专业的工程技术人员参考用书。

本书由常新中任主编,黄杉任副主编。各章的编写分工为:常新中编写绪论、第一、二、五、六、七章;戴路玲编写第三、八、九章;包套图编写第四章;黄杉编写第十、十一、十二、十三、十四、十五章。

赵玉奇副教授主审了本书,并为全书的修改提出了不少宝贵意见;本书在编写过程中,还得到了魏龙、陈耀兵的大力帮助,在此一并表示感谢。

限于编者的水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2007年4月

欢迎加入化学工业出版社读者俱乐部

您可以在我们的网站 (www.cip.com.cn) 查询、购买到数千种化学、化工、机械、电气、材料、环境、生物、医药、安全、轻工等专业图书以及各类专业教材, 并可参与专业论坛讨论, 享受专业资讯服务, 享受购书优惠。欢迎您加入我们的读者俱乐部。

两种入会途径 (免费)

- ◇ 登录化学工业出版社网上书店 (www.cip.com.cn) 注册
- ◇ 填写以下会员申请表寄回 (或传真回) 化学工业出版社

四种会员级别

- ◇ 普通会员 ◇ 银卡会员 ◇ 金卡会员 ◇ VIP 会员

化学工业出版社读者俱乐部会员申请表

姓名:	性别:	学历:
邮编:	通讯地址:	
单位名称:		部门:
您从事的专业领域:		职务:
电话:	E-mail:	

- 您希望出版社给您寄送哪些专业图书信息? (可多选)

☐ 化学 ☐ 化工 ☐ 生物 ☐ 医药 ☐ 环境 ☐ 材料 ☐ 机械 ☐ 电气 ☐ 安全 ☐ 能源 ☐ 农业
☐ 轻工 (食品/印刷/纺织/造纸) ☐ 建筑 ☐ 培训 ☐ 教材 ☐ 科普 ☐ 其他 ()

- 您希望多长时间给您寄一次书目信息?

☐ 每月 1 次 ☐ 每季度 1 次 ☐ 半年 1 次 ☐ 一年 1 次 ☐ 不用寄

- 您希望我们以哪种方式给您寄送书目? ☐ 邮寄纸介质书目 ☐ E-mail 电子书目

此表可复印, 请认真填写后发传真至 **010-64519686**, 或寄信至: 北京市东城区青年湖南街 13 号化学工业出版社发行部 读者俱乐部收 (邮编 100011)

联系方法:

热线电话: 010-64518888; 64518899 电子信箱: hy64518888@126.com

目 录

绪论	1
一、本课程的性质及研究的主要内容	1
二、本课程教学的主要任务	1
三、学习本课程的基本要求	1
第一篇 机械工程材料	
第一章 金属材料基础	3
第一节 金属材料的性能	3
一、金属材料的力学性能	3
二、金属材料的物理性能和化学性能	5
三、金属材料的工艺性能	6
第二节 金属的晶体构造	6
一、金属晶体的结构	6
二、金属的结晶	7
三、金属的同素异构转变	8
四、合金的晶体结构	8
五、二元合金相图	9
第三节 铁碳合金	11
一、铁碳合金的基本组织	11
二、Fe-Fe ₃ C 状态图	11
第四节 钢的分类和编号	17
一、常存杂质元素的影响	17
二、钢的分类	17
三、钢的编号	18
第五节 常用的金属材料	21
一、合金钢	21
二、铸铁	24
三、有色金属	27
四、管材的规格及特性	31
复习思考练习题	33
第二章 非金属材料	34
第一节 高分子材料	34
一、塑料的组成	34
二、塑料的性能	34
三、常用的工程塑料	34
第二节 其他工程材料	35
一、陶瓷	35
二、复合材料	36
三、保温材料	36
复习思考练习题	39
第二篇 工程力学	
第三章 静力学	40
第一节 力的基本概念	40
一、力的概念	40
二、静力学基本公理	41
第二节 工程中常见的约束	43
一、约束与约束反力	43
二、物体的受力分析	45
第三节 平面汇交力系	48
一、平面汇交力系的合成	48
二、平面汇交力系平衡方程及应用	50
第四节 力矩和力偶	51
一、力矩	51
二、力偶	52
三、平面力偶系的合成及平衡	53
四、力的平移定理	55
第五节 平面一般力系	56
一、平面一般力系的简化	56
二、平面一般力系的平衡方程及其应用	58
第六节 空间力系	59

一、力在空间轴上的分解与投影	59	四、空间任意力系的平衡方程	63
二、力对轴的矩	60	复习思考练习题	65
三、空间任意力系的简化	61		
第四章 材料力学	69		
第一节 概述	69	二、弯曲梁的应力、变形和强度计算	89
一、构件的刚度、强度与稳定性	69	第五节 扭转的强度与刚度	96
二、标准杆件的基本变形	70	一、扭转的概念	96
第二节 构件的拉伸与压缩	71	二、扭转时横截面上的内力——扭矩、扭矩图	96
一、轴向拉伸与压缩的概念	71	三、扭转横截面上的切应力	99
二、轴向拉伸与压缩的强度计算	74	四、圆轴扭转时的强度和刚度计算	100
三、轴向拉伸与压缩的变形	77	第六节 构件组合变形时的强度计算	102
第三节 剪切和挤压	80	一、概述	102
一、剪切	80	二、拉伸与弯曲组合变形的强度计算	103
二、挤压	80	三、弯曲与扭转组合变形的强度计算	105
三、剪切与挤压强度计算	81	复习思考练习题	108
第四节 直梁的弯曲	84		
一、弯曲梁的内力和内力图	84		
		第三篇 机械设计	
第五章 机械设计概述	114		
第一节 机器的组成及特征	114	三、机械设计的标准化、系列化及通用化	116
一、机器的组成及特征	114	第三节 机械中的摩擦、磨损及润滑	116
二、构件与零件	115	一、摩擦与磨损	116
第二节 机械设计的基本概述	115	二、润滑	117
一、机械设计的基本要求	115	复习思考练习题	119
二、机械零件的失效形式和设计准则	115		
第六章 平面连杆机构	120		
第一节 平面连杆机构的概述	120	二、平面四杆机构的力学特性	128
一、机构的组成	120	三、平面四杆机构的运动特性	129
二、平面运动简图	121	四、平面四杆机构的死点	130
三、平面机构自由度	122	第四节 平面四杆机构的设计	130
第二节 平面四杆机构的基本形式及其演变	124	一、按给定连杆位置设计四杆机构	131
一、四杆机构的基本形式	124	二、按给定两连架杆的对应位置设计四杆机构	131
二、平面四杆机构的演化	126	三、按给定行程速度变化系数 K 设计四杆机构	132
第三节 平面四杆机构的基本特性	127	复习思考练习题	133
一、铰链四杆机构存在曲柄的条件	127		
第七章 凸轮、棘轮和槽轮机构	135		
第一节 凸轮机构的组成、类型及应用	135	一、反转法原理	139
一、凸轮机构的组成及应用	135	二、作图法设计凸轮轮廓曲线	139
二、凸轮机构的类型	135	三、凸轮机构基本尺寸的确定	140
第二节 常用从动件运动规律	137	第四节 棘轮、槽轮机构	142
一、凸轮与从动件的运动关系	137	一、棘轮机构	142
二、凸轮从动件的运动规律	137	二、槽轮机构	144
第三节 凸轮机构的设计	139	复习思考练习题	145
第八章 连接与螺纹传动	146		
第一节 键、销连接	146	一、键连接	146

二、销连接	149	一、螺纹连接的结构设计	155
第二节 螺纹连接的基本知识	150	二、螺纹连接的受力分析	156
一、螺纹连接的基本类型	150	三、螺纹连接的强度计算	158
二、标准螺纹连接件	151	第五节 螺旋传动简介	162
第三节 螺纹连接的预紧和防松	153	一、螺旋传动的类型	162
一、螺纹连接的预紧	153	二、滚动螺旋传动	162
二、螺纹连接的防松	153	三、滑动螺旋传动	163
第四节 螺纹连接的结构设计和强度	155	复习思考练习题	165
计算	155	二、V带传动的设计	174
第九章 带传动	167	第三节 带传动的安装、张紧与维护	180
第一节 带传动的基本知识	167	一、带传动的张紧	180
一、带传动的特点和类型	167	二、带传动的安装与维护	181
二、带传动的形式及应用	168	复习思考练习题	182
三、V带和带轮结构	169	一、链传动的概述	183
第二节 V带传动的设计	172	一、链传动的特点和类型	183
一、V带传动工作状况分析	172	二、滚子链和链轮	184
第十章 链传动	183	第二节 链传动的运动特性	185
第一节 链传动的概述	183	第三节 链传动的布置、张紧及润滑	186
一、链传动的特点和类型	183	一、链传动的布置	186
二、滚子链和链轮	184	二、链传动的张紧	187
第二节 链传动的运动特性	185	三、链传动的润滑	187
第三节 链传动的布置、张紧及润滑	186	复习思考练习题	187
第十一章 齿轮传动	188	一、链传动的布置	186
第一节 齿轮传动的特点及类型	188	二、链传动的张紧	187
一、齿轮传动的特点	188	三、链传动的润滑	187
二、齿轮传动的基本类型	188	复习思考练习题	187
第二节 渐开线齿廓的形成及啮合特性	189	五、齿轮传动的设计准则	201
一、渐开线的形成及性质	189	六、齿轮传动的设计计算步骤	201
二、渐开线齿廓的啮合特性	189	第六节 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的	202
三、渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	191	强度计算	202
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本	192	一、轮齿的受力分析	202
参数及几何尺寸	192	二、轮齿的计算载荷	203
一、渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分的	192	三、齿面接触疲劳强度计算	203
名称和符号	192	四、齿根弯曲疲劳强度计算	204
二、渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数	192	第七节 斜齿圆柱齿轮传动	205
三、渐开线标准直齿圆柱齿轮几何尺寸	193	一、齿廓曲面的形成及其啮合特点	205
计算	193	二、斜齿圆柱齿轮的基本参数与几何	206
第四节 齿轮传动的根切现象及变位	194	尺寸计算	206
传动	194	三、斜齿轮正确啮合的条件和重合度	207
一、渐开线齿轮的加工方法	194	四、斜齿圆柱齿轮的当量齿轮	208
二、根切现象及不发生根切现象的最小	196	五、斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	208
齿数	196	第八节 直齿圆锥齿轮传动	210
三、变位齿轮传动	197	一、圆锥齿轮传动的特点	210
第五节 齿轮传动的失效形式和材料	197	二、圆锥齿轮的齿廓曲线、背锥和当量	210
一、齿轮传动常见的失效形式	197	齿轮	210
二、齿轮传动常用的材料	199	三、直齿圆锥齿轮传动的几何尺寸	211
三、齿轮传动主要参数的选择	200	计算	211
四、齿轮传动的精度等级	201	四、直齿圆锥齿轮传动的强度计算	211
		第九节 齿轮的结构设计	213
		第十节 齿轮传动的润滑	215
		一、齿轮传动的润滑方式	215

二、润滑剂的选择	215	复习思考练习题	216
第十二章 蜗杆传动			218
第一节 蜗杆传动概述	218	四、蜗杆、蜗轮的结构	224
一、蜗杆传动的类型和特点	218	第三节 蜗杆传动的强度计算及热平衡	225
二、蜗杆传动的主要参数与几何尺寸	219	一、蜗杆传动的受力分析	225
第二节 蜗杆传动的失效形式、材料与结构	223	二、蜗杆传动的强度计算	226
一、蜗杆传动的失效形式	223	三、蜗杆传动的效率	226
二、蜗杆传动的材料	223	四、蜗杆传动的润滑	227
三、蜗杆传动的精度等级选择	223	五、蜗杆传动的热平衡计算	228
第十三章 轮系和减速器		复习思考练习题	229
第一节 定轴轮系传动比的计算	231	三、复合轮系传动比的计算	235
一、平面定轴轮系传动比的计算	231	第三节 减速器简介	236
二、空间定轴轮系传动比的计算	232	一、减速器的类型	236
第二节 行星轮系传动比计算	233	二、减速器传动比的分配	236
一、行星轮系的组成与类型	233	三、减速器的结构	237
二、行星轮系传动比的计算	234	复习思考练习题	238
第十四章 机械中的支承部件			240
第一节 滑动轴承	240	四、滚动轴承的选择	246
一、滑动轴承的主要类型和特点	240	五、滚动轴承的寿命计算	249
二、滑动轴承的结构	240	六、滚动轴承的组合设计	253
三、轴瓦和轴承衬	241	第三节 轴	257
四、滑动轴承的润滑	243	一、轴的作用及类型	257
第二节 滚动轴承	245	二、轴的结构设计	259
一、滚动轴承的结构	245	三、轴的强度计算	262
二、滚动轴承的主要类型	245	四、轴的设计实例	264
三、滚动轴承的代号	246	复习思考练习题	266
第十五章 联轴器、离合器			268
第一节 联轴器	268	第二节 离合器	272
一、固定式刚性联轴器	268	一、牙嵌式离合器	272
二、可移式刚性联轴器	268	二、圆盘摩擦离合器	272
三、弹性联轴器	269	三、定向离合器	273
四、联轴器的选择	271	复习思考练习题	274
参考文献			275

绪 论

在人类改造客观世界的过程中，为了减轻劳动强度，提高生产效率，人们创造出了各种各样的机械设备，如交通运输中的汽车、火车、轮船、飞机、航天飞船、起重机等，机械工业在整个国民经济中担负着为各个部门提供技术装备的重要任务。随着生产的发展，有关机械方面的知识日趋完善，机械产品正面临着更新换代的局面，要求上质量、上水平、上品种和上规模，这一切都对机械工业提出了更高的要求，提出了新的挑战，目前使用机器进行生产的水平已经成为衡量一个国家的技术水平和现代化程度的标志之一。作为新一代高素质劳动者和高、中、初级技能专门人才，学习并掌握有关的机械基础知识和基本技能，显得十分必要。

一、本课程的性质及研究的主要内容

《机械基础》是一门综合性质的专业技术基础课，是工科专业必修的一门课程，在教学中具有承上启下的作用。其内容主要包含机械工程材料、工程力学及机械设计基础知识等，研究的具体内容如下。

1. 机械工程材料

主要介绍常用的金属材料的种类、性能及应用，金属材料的热处理原理及热处理方法，介绍常用非金属材料如塑料、橡胶、陶瓷、复合材料、保温材料等的分类、特性和用途。

2. 工程力学

主要介绍构件的受力分析、力系的简化和构件的平衡条件，以及构件在外力作用下的变形、受力和破坏规律，以及构件的强度和刚度的计算方法。

3. 机械设计

主要介绍机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件的工作原理、结构特点、运动学和动力学性能、基本设计理论、计算方法以及一些零部件的选用和维护。

二、本课程教学的主要任务

本课程的任务是讲解金属材料和非金属材料性能、类型及应用；研究物体受力分析和强度计算的基础理论；介绍机械设计的基本知识，为后续课程的学习和毕业后从事技术工作提供机械方面必要的基础知识。

三、学习本课程的基本要求

通过本课程的理论学习和实训训练，要求达到以下两个目标。

1. 知识目标

① 熟悉机械设备常用材料的牌号、性能及其应用。了解热处理的种类、工艺过程及其应用。

② 具有材料力学性能和材料力学实验的初步知识，初步掌握基本实验的测试方法。

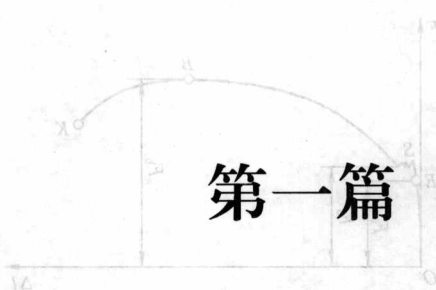
- ③ 能对简单物体进行受力分析和变形分析,并能运用平衡方程式求解未知力。
- ④ 能够分析杆件的基本变形,进行强度、刚度计算和压杆稳定校核。
- ⑤ 掌握常用机构的工作原理、特点、基本设计理论及设计方法。
- ⑥ 掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用及设计方法。

2. 能力目标

- ① 初步具有选择工程材料的能力。
- ② 初步具有分析机械零件失效的原因和提出改进措施的能力。

③ 初步具有运用机械设计手册、图册、标准规范等有关技术资料设计简单机械和机械传动装置的能力。

④ 初步具有运用设计资料和综合运用所学知识解决生产实际问题的能力。



第一篇 机械工程材料

第一章 金属材料基础

工程材料是现代工业、农业、国防和科学技术赖以存在和发展的物质基础。工程材料分金属材料和非金属材料两大类。常用的金属材料有黑色金属、有色金属及其合金、粉末冶金等。目前,我国每年钢产量达亿吨,是世界上最大的钢铁生产国。金属材料仍然是机械工程中应用的主要材料,这是因为它具有加工过程和使用过程中所需要的各种性能。为了合理地选用材料,必须研究材料的结构、组织与性能之间的关系,以充分发挥材料的潜力,改善和提高材料的性能。

第一节 金属材料的性能

金属材料的性能主要包括使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中表现出来的性能,它包括力学性能、物理性能和化学性能等;工艺性能是指金属材料对各种加工工艺适应的能力,它包括铸造、锻造、焊接、切削加工和热处理工艺性能等。为了能够正确地选择和使用金属材料,就应当了解和掌握金属材料的各种性能。

一、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的性能。力学性能是金属材料的主要性能,是机械设计、制造过程中选择材料的主要依据。其主要性能指标有强度、塑性、冲击韧性、疲劳强度等。

金属材料在加工和使用过程中所受到的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同,它又可分为静载荷、冲击载荷及疲劳载荷三种。

(一) 强度

强度是指金属材料在载荷作用下抵抗永久变形(塑性变形)和断裂的能力。根据载荷的作用形式不同,强度又分为抗拉、抗压、抗弯、抗扭和抗剪强度五种。工程上常以屈服点和抗拉强度作为强度指标。

强度指标一般是通过金属的拉伸实验来测定的。按照标准规定,把拉伸试样装夹在试验机上,在对试样逐渐施加拉伸载荷的同时连续测量力和相应的伸长量,直到拉断为止,根据测得数据绘出拉长曲线,求出相关的力学性能指标。

1. 低碳钢的力-伸长曲线

退火低碳钢的力-伸长曲线如图 1-1 所示,图中纵坐标表示力 F ,单位为 N ;横坐标表示试样伸长量 ΔL ,单位为 mm 。由图 1-1 可见,低碳钢试样在拉伸过程中,有以下几个变形阶段。

(1) OE——弹性变形阶段 这时由于载荷 F 不超过 F_e , 伸长量与拉力成正比, 试样只产生弹性变形, 当外力去除后, 试样能恢复到原来的长度。 F_e 为能恢复原状的最大拉力。

(2) ES——屈服阶段 当载荷超过 F_e 时, 试样除产生弹性变形外, 还产生部分塑性变形。此时若卸载, 试样则不能恢复原来的长度。当外力达到 F_s 时, 力-伸长曲线上会出现一段水平或锯齿形线段, 表示当 F_s 不变或略有变化的情况下, 试样继续发生明显的塑性变形, 这种现象称屈服, F_s 称为屈服载荷。

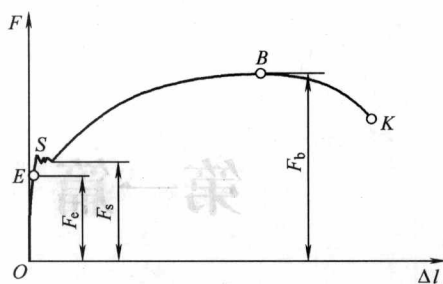


图 1-1 低碳钢的力-伸长曲线

(3) SB——强化阶段 当载荷超过 F_s 后, 试样的伸长量与载荷又成曲线关系上升。由图 1-1 可看出, 在载荷增加不大的情况下, 而变形量却很大, 表明当载荷超过 F_s 值后, 试样开始产生大量的塑性变形。图中 F_b 为拉长试验时的最大载荷。

(4) BK——缩颈阶段 当载荷达到 F_b 时, 试样的局部截面缩小, 这种现象称为“缩颈”。由于试样局部截面逐渐减小, 故载荷也逐渐降低, 当达到曲线上的 K 点时, 试样被拉断。

2. 强度指标

工程上常用的强度指标为屈服点和抗拉强度。

(1) 屈服点 材料产生屈服时的最小应力值称为屈服点, 用符号 σ_s 表示。

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

式中, σ_s 是屈服点, MPa; F_s 是试样产生屈服时的最小载荷, N; S_0 是试样原始横截面积, mm^2 。

(2) 抗拉强度 材料在拉断前所承受的最大拉应力称抗拉强度, 用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \quad (1-2)$$

式中, σ_b 是抗拉强度, MPa; F_b 是试样断裂前所产生的最大载荷, N; S_0 是试样原始横截面积, mm^2 。

σ_b 越大, 说明材料抵抗破坏的能力越强。因此, σ_b 也是一个重要的强度指标。

(二) 塑性

塑性是指材料在载荷作用下, 产生永久变形而不断裂的能力。常用的塑性指标是拉断后的断后伸长率和断面收缩率。

1. 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比, 用符号 δ 表示。其计算公式如下:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中, l_1 是试样拉断后的标距, mm; l_0 是试样的原始标距, mm。当原始标距 $l_0 = 10d_0$ 时, 伸长率用 δ_{10} 表示; $l_0 = 5d_0$ 时, 伸长率用 δ_5 表示。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比,用符号 ψ 表示。其计算公式如下:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中, S_0 是试样的原始横截面积, mm^2 ; S_1 是试样拉断处的最小横截面积, mm^2 。

(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。硬度是衡量金属软硬的重要性能指标,硬度越高,材料的耐磨性能越好。

硬度的测量方法有压入硬度试验法、划痕硬度试验法、回跳硬度试验法、超声波试验法等。在压入试验法中最常用的是布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法。

(四) 冲击韧性

许多机器的零件在实际工作中往往要受到冲击载荷作用。其瞬时冲击引起的应力和变形都要比静载荷大得多,此时其材料的性能指标不能单纯用静载荷作用下的指标来衡量,而必须考虑材料抵抗冲击载荷的能力。

冲击韧性是指材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力。

目前,金属材料的冲击韧性是通过冲击试验来测定的。

(五) 疲劳强度

金属材料的疲劳(又称疲劳断裂)是指金属材料在循环应力作用下,经过一定循环次数后产生裂纹或突然发生断裂的过程。据统计,金属零件断裂的原因 80% 是由于疲劳造成的。

疲劳强度是指材料经无数次交变载荷作用而不发生断裂的最大应力。其指标是通过疲劳试验而得到的。

二、金属材料的物理性能和化学性能

1. 金属材料的物理性能

金属材料的物理性能主要包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

(1) 密度 表示单位体积金属的质量。是金属的特性之一,材料不同其密度也各不相同。利用这一特性,可以通过测量金属的密度来鉴别金属或确定某些金属零件的致密度。

(2) 熔点 金属材料由固态向液态转变时的温度。表征金属材料的耐热性能,其熔点的高低由金属材料的成分所决定。

(3) 导热性 金属材料传导热量的能力。热导率是衡量金属材料导热性的主要指标,热导率越大导热性就越好,其散热性也越好。

(4) 导电性 金属材料传导电流的能力。电导率是衡量金属材料导电性的主要指标。

(5) 热膨胀性 随着温度的变化金属体积发生膨胀或收缩的特性。一般金属材料是受热膨胀而冷却收缩。

(6) 磁性 金属材料在磁场中受到磁化的能力。

2. 金属材料的化学性能

金属材料的化学性能主要包括耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

(1) 耐腐蚀性 金属材料在高温下抵抗氧、水蒸气等化学介质腐蚀破坏作用的能力。腐蚀对金属的危害性很大,每年都有大量的金属材料因腐蚀而损耗掉。因此提高金属的耐腐蚀性,对于节约材料、延长零件使用寿命具有十分重要的意义。

(2) 抗氧化性 金属材料在高温条件下抵抗氧化作用的能力。金属材料的氧化性随温度升高而加速,为避免金属材料被氧化常在金属材料周围形成一种保护气氛。

(3) 化学稳定性 化学稳定性是金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性的总称。

三、金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指对金属材料进行某种加工以获得优质产品的可能性或难易程度,是金属材料力学性能、物理性能、化学性能的综合。它包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。工艺性能的好坏直接影响零件加工质量和生产成本,所以它是选择材料和制定零件加工工艺必须考虑的因素之一。

第二节 金属的晶体构造

一、金属晶体的结构

不同的金属材料具有不同的力学性能和某些物理、化学性能,即使是同一种金属材料,不同化学成分和不同状态下的性能也会有很大差异,差异的原因是材料内部结构的不同。

自然界中的固体物质按原子在其内部排列的特征不同可分为晶体和非晶体两大类。固态下原子按一定几何形式作有规律排列的物质称为晶体,食盐、金刚石、石墨、多数金属及合金都是晶体。晶体中原子排列情况的模型如图 1-2 (a) 所示。而原子杂乱无序,作无规则排列的物质则称为非晶体,如普通玻璃、松香和塑料等。

1. 晶格和晶胞

(1) 晶格 为了形象地表示晶体中原子的排列规律,可将原子看成是一个几何质点,用假想的线将这些点连接起来,就构成了一个具有一定几何形式的空间格子。这种表示原子在晶体中排列规律的空间格子称晶格,如图 1-2 (b) 所示。

(2) 晶胞 人们把晶格中能代表原子排列规则的最小几何单元称为晶胞。晶胞的各棱边长为 a 、 b 、 c ,称为晶格常数,各棱边所夹的角分别为 α 、 β 、 γ 。当 $a=b=c$ 时, $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$,这种晶胞称为简单立方晶胞,如图 1-2 (c) 所示。

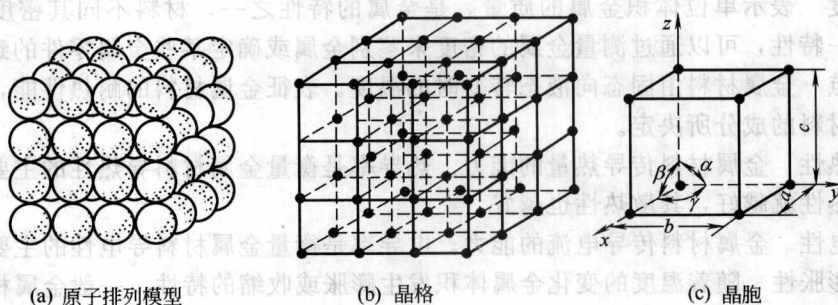


图 1-2 简单立方晶体结构示意图

2. 金属晶格的类型

金属晶格的类型很多,但大部分金属属于下列三种晶格类型。

(1) 体心立方晶格 它的晶胞是一个立方体,立方体的八个顶角和中心各有一个原子,晶胞示意图如图 1-3 (a) 所示。属于该晶格类型的金属有铬 (Cr)、钒 (V)、钨 (W)、钼 (Mo)、 α -铁 (α -Fe) 等金属。

(2) 面心立方晶格 它的晶胞也是一个立方体,原子位于立方体的八个顶角及六个面的中心,如图 1-3 (b) 所示。属于该晶格类型的金属有铝 (Al)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、镍

(Ni) 及 γ -铁 (γ -Fe) 等金属。

(3) 密排六方晶格 它的晶胞是一个正六方柱体, 原子排列在柱体的每个角顶上下和上、下底面的中心, 另外三个原子排列在柱体内, 如图 1-3 (c) 所示。属于该晶格类型的金属有镁 (Mg)、锌 (Zn)、铍 (Be)、镉 (Cd)、 α -钛 (α -Ti) 等。

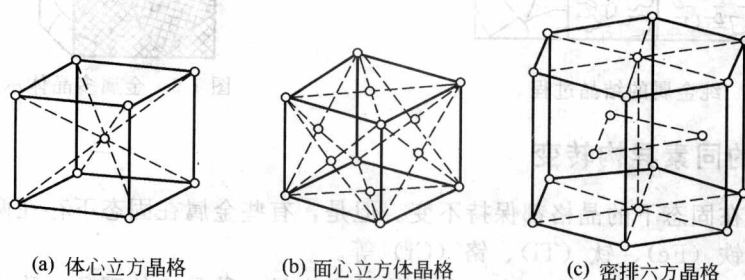


图 1-3 常见金属晶格的类型

二、金属的结晶

1. 金属的结晶

金属由液体状态冷却后转变为晶体状态的过程称为结晶。

2. 纯金属的冷却曲线

纯金属的结晶过程可以用热分析法来研究。当金属液缓慢冷却时, 观察并记录温度随时间而变化的数据, 并将数据描绘在温度-时间坐标系上, 得到如图 1-4 所示的纯金属的冷却曲线。从冷却曲线看出, 纯金属液温度随时间而下降, 冷却到一定时间, 出现一个水平线段, 这是由于结晶时放出大量结晶潜热, 补偿了金属液向周围散失的热量, 使温度保持不变。

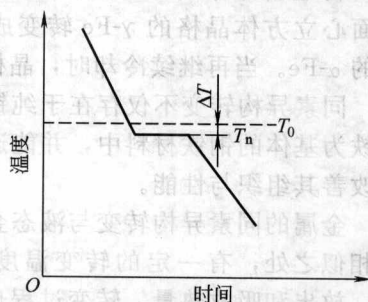


图 1-4 纯金属结晶的冷却曲线

3. 过冷现象

从图 1-4 中可以看出, 在缓慢冷却状态下, 纯金属的结晶温度称为理论结晶温度 (T_0)。在实际结晶过程中, 金属液都是冷却到理论结晶温度 T_0 以下某个温度 T_n 时才结晶, 这种现象称为过冷现象。而理论结晶温度与实际结晶温度之差则称为过冷度。用 ΔT 表示, $\Delta T = T_0 - T_n$ 。

4. 纯金属的结晶过程

金属的结晶过程由晶核的形成和晶核的长大两个基本过程组成。纯金属的结晶过程如图 1-5 所示。金属液冷却到结晶温度时, 首先在金属液内部有一些原子自发地聚集在一起, 并按金属晶体的规则排列起来, 形成规则排列的原子集团而成为结晶核心, 称为晶核。然后, 晶核周围的原子不断地向晶核聚集, 并按固有的规律排列, 使晶核长大, 形成许多小晶体。在小晶体长大的同时, 新的晶核又继续产生。在整个结晶过程中, 形核和成长不断地进行, 直至金属液耗尽为止, 晶体相互接触, 结晶过程结束。金属结晶后, 形成许多外形规则、大小不等、排列方向不相同的小颗粒晶体。这些小颗粒晶体称为晶粒, 晶粒与晶粒之间的界面称为晶界。固态金属就是由许多小颗粒晶体组成的多晶体, 如图 1-6 所示。

金属结晶后晶粒的大小对金属的力学性能有重大影响, 晶粒越细, 金属的强度和硬度越高、塑性和韧性越好。工业上为了提高金属的力学性能, 常用增加过冷度、变质处理和振动的方法来细化晶粒。