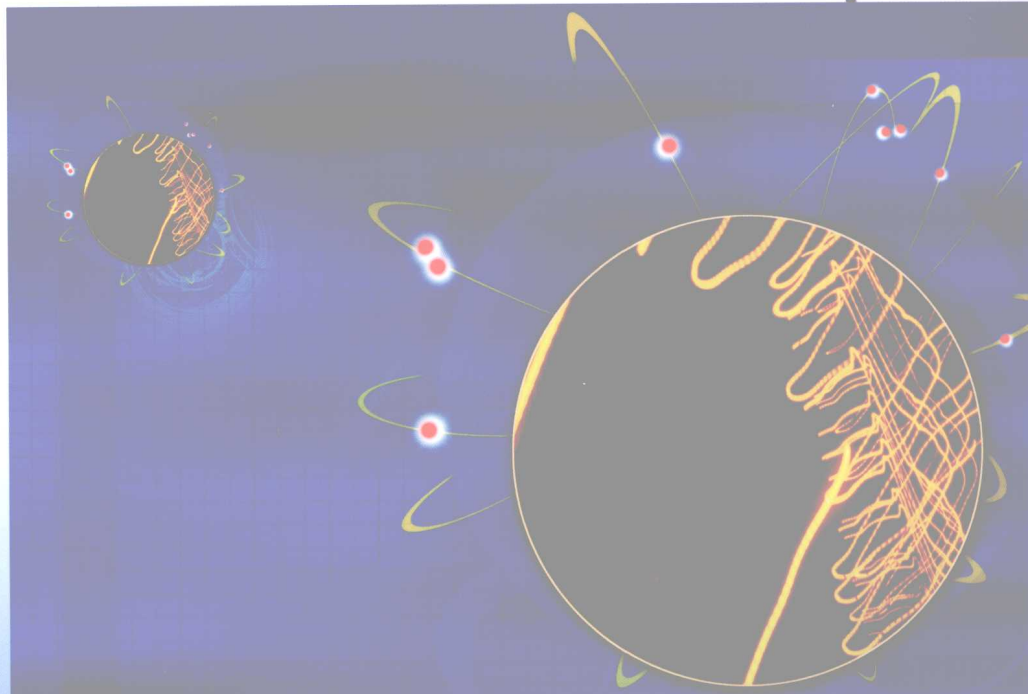


GONGCHENG CAILIAO JI REJIAGONG

工程材料及热加工

◎ 主 编 袁江顺 刘全锋



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

工程材料及热加工

第 1 章 绪论

1.1 工程材料的发展概况

1.2 工程材料的分类

1.3 工程材料的选择

1.4 工程材料的热加工

1.5 工程材料的性能测试

1.6 工程材料的应用

1.7 工程材料的发展趋势

1.8 工程材料的环境影响

1.9 工程材料的回收与再利用

21 世纪高职高专机电系列规划教材

工程材料及热加工

主 编 袁江顺 刘全锋

副主编 任红军 严俊杰

主 审 严有为

华中科技大学出版社
(中国·武汉)

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及热加工/袁江顺 刘全锋 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2006年3月
ISBN 978-7-5609-3672-7

I.工… II.①袁… ②刘… III.工程材料-热处理 IV.TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第022739号

工程材料及热加工

袁江顺 刘全锋 主编

责任编辑:陈源远

封面设计:刘 卉

责任校对:代晓莺

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉万卷鸿图科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:18

字数:414 000

版次:2006年3月第1版

印次:2007年8月第2次印刷

定价:26.60元

ISBN 979-7-5609-3672-7/TB·84

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求,针对从事机械类专业的工程技术应用性人才的实际要求,在总结高职高专机械类专业人才培养模式的教改经验基础上进行编写的。

本书主要内容包括金属的力学性能、金属与合金的结构与结晶、金属的塑性变形与再结晶、铁碳合金状态图、钢的热处理、碳钢及合金钢、铸铁、非铁金属及其合金、典型零件的选材及热处理工艺的应用、铸造、锻压、焊接、零件毛坯的选择。各章后面均附有复习题。

本书可作为高职高专学校机械类专业的教材,也可作为各类成人教育和中等职业教育机械类专业的教材和相关工程技术人员的参考书。

前 言

本教材是根据《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，在充分汲取高职高专探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验、总结教学实践和教材使用现状的基础上编写而成。

本书编写的主要特点如下。

1. 在教学内容的组织安排上，尽可能符合认知规律，力求简明、重点突出、深入浅出，较合理地处理系统性与实践性、先进性与针对性之间的关系，既注重体系的完整性，又兼顾学生的需要。

2. 以应用型能力培养为主线，全书紧紧抓住材料的化学成分、加工工艺、组织、结构、性能和应用之间的相互关系及其变化规律这个“主干”。

3. 将材料的性能、结构、凝固、变形、热处理和热加工融为一体，为加工工艺提供了理论基础。

4. 书中的名词、术语、牌号均采用最新的国家标准，使用了法定计量单位。

本书由袁江顺副教授、刘全锋副教授主编，任红军、严俊杰、潘世超参与编写。由华中科技大学博士生导师严有为教授主审。

由于编写者水平有限，书中难免存在缺点、错误，恳请读者批评指正。

编 者

2005年12月

目 录

第一篇 金属学及热处理

第一章 金属材料的性能	(3)
第一节 金属的力学性能	(3)
一、强度	(3)
二、塑性	(4)
三、硬度	(5)
四、韧性	(7)
五、疲劳强度	(8)
第二节 金属的工艺性能	(10)
一、铸造性能	(10)
二、锻造性能	(10)
三、焊接性能	(10)
四、切削加工性能	(10)
复习思考题	(10)
第二章 金属与合金的结构与结晶	(12)
第一节 金属的晶体结构	(12)
一、金属的特性	(12)
二、晶体结构的基本概念	(12)
三、三种常见的晶格类型	(14)
第二节 实际金属的晶体结构	(15)
一、多晶体结构	(15)
二、实际金属中的晶体缺陷	(15)
第三节 金属的结晶	(17)
一、理论结晶温度与过冷度	(17)
二、结晶过程	(18)
三、晶粒大小	(18)
四、金属的同素异晶转变	(19)
第四节 合金中的相	(20)
一、相的概念	(21)
二、固溶体	(21)
三、金属化合物	(22)
第五节 二元合金状态图	(23)
一、状态图基本概念	(23)
二、匀晶状态图	(25)
三、共晶状态图	(26)
四、共析状态图	(28)
复习思考题	(28)

第三章 金属的塑性变形与再结晶	(30)
第一节 金属的塑性变形	(30)
一、金属塑性变形的形式.....	(30)
二、实际金属的塑性变形.....	(32)
第二节 塑性变形对金属组织和性能的影响	(33)
一、塑性变形对金属组织结构的影响.....	(33)
二、加工硬化.....	(33)
三、回复与再结晶.....	(34)
四、再结晶温度与晶粒度.....	(35)
第三节 金属的热加工	(36)
一、热加工的概念.....	(36)
二、热加工时组织和性能的变化.....	(36)
复习思考题.....	(37)
第四章 铁碳合金状态图	(38)
第一节 铁碳合金的基本相	(39)
一、铁素体.....	(39)
二、奥氏体.....	(39)
三、渗碳体.....	(39)
第二节 铁碳合金状态图的分析	(39)
一、铁碳合金状态图中的共晶反应和共析反应.....	(39)
二、钢中典型铁碳合金的平衡结晶过程.....	(41)
第三节 铁碳合金的性能与组织、成分间的关系及其状态图的应用	(44)
一、碳对平衡组织的影响.....	(44)
二、碳对力学性能的影响.....	(45)
三、铁碳合金状态图的应用.....	(45)
复习思考题.....	(46)
第五章 钢的热处理	(48)
第一节 钢在加热时的转变	(48)
一、奥氏体的形成过程.....	(49)
二、奥氏体晶粒的长大及其控制.....	(50)
第二节 钢在冷却时的转变	(51)
一、过冷奥氏体的等温冷却转变.....	(52)
二、过冷奥氏体连续冷却转变.....	(56)
第三节 钢的退火与正火	(58)
一、钢的退火.....	(58)
二、钢的正火.....	(60)
第四节 钢的淬火	(61)
一、淬火工艺.....	(61)
二、淬火的方法.....	(63)
三、淬火缺陷及防止方法.....	(64)

第五节 钢的回火	(65)
一、钢在回火时的组织转变	(65)
二、回火钢的性能	(66)
三、回火的种类和应用	(67)
四、回火脆性	(68)
五、淬火-回火得到的组织与过冷奥氏体直接得到组织的比较	(69)
第六节 钢的淬透性	(69)
一、淬透性的概念	(69)
二、影响淬透性的因素	(70)
三、淬透性的表示方法	(70)
四、钢的淬透性在零件选材与设计中的应用	(71)
第七节 钢的表面淬火	(72)
一、感应加热表面淬火	(72)
二、火焰加热表面淬火	(74)
第八节 钢的化学热处理	(74)
一、化学热处理的三个基本过程	(74)
二、钢的渗碳	(75)
三、钢的渗氮	(78)
四、其他化学热处理简介	(78)
复习思考题	(79)

第二篇 工程材料

第六章 碳钢及合金钢	(85)
第一节 钢的分类和编号	(85)
一、钢的分类	(85)
二、钢的编号	(86)
第二节 碳、杂质及合金元素在钢中的作用	(88)
一、碳及常存杂质对钢性能的影响	(88)
二、合金元素在钢中的作用	(89)
第三节 结构钢	(93)
一、工程构件用钢	(94)
二、机器零件用钢	(96)
第四节 工具钢	(108)
一、刃具钢	(108)
二、模具钢	(113)
三、量具用钢	(115)
第五节 特殊性能钢	(116)
一、不锈钢	(116)
二、耐热钢	(119)
三、耐磨钢	(122)
复习思考题	(123)

第七章 铸铁	(125)
第一节 铸铁的分类与铸铁的石墨化	(125)
一、铸铁的分类.....	(125)
二、铸铁的石墨化及其影响因素.....	(125)
第二节 常用铸铁	(127)
一、灰铸铁.....	(127)
二、球墨铸铁.....	(130)
三、蠕墨铸铁.....	(133)
四、可锻铸铁.....	(133)
第三节 合金铸铁简介	(135)
一、耐磨铸铁.....	(136)
二、耐热铸铁.....	(136)
三、耐蚀铸铁.....	(136)
复习思考题	(137)
第八章 非铁金属及其合金	(139)
第一节 铝及其合金	(139)
一、纯铝.....	(139)
二、铝合金的分类和时效.....	(140)
三、变形铝合金.....	(142)
四、铸造铝合金.....	(144)
第二节 铜及其合金	(147)
一、工业纯铜.....	(147)
二、铜合金.....	(147)
第三节 钛合金	(153)
一、工业纯钛.....	(153)
二、钛合金.....	(153)
第四节 滑动轴承合金	(154)
一、锡基轴承合金(锡巴氏合金).....	(155)
二、铅基轴承合金(铅巴氏合金).....	(155)
三、铝基轴承合金.....	(156)
第五节 粉末冶金与硬质合金	(156)
一、粉末冶金.....	(157)
二、粉末冶金的特点与应用.....	(157)
三、硬质合金分类、牌号、主要性能与应用.....	(158)
第六节 高分子材料	(161)
一、高分子材料.....	(161)
二、高分子材料的分类和命名.....	(162)
三、工程塑料.....	(163)
四、橡胶.....	(168)
五、胶粘剂.....	(170)

第七节 陶瓷	(172)
一、陶瓷的概念与特点	(172)
二、陶瓷的分类	(172)
三、组成陶瓷的基本相	(173)
四、陶瓷的性能	(173)
五、工程陶瓷简介	(175)
第八节 复合材料	(175)
一、复合材料的分类	(176)
二、复合材料的性能	(176)
三、常用复合材料简介	(177)
复习思考题	(178)
第九章 典型零件的选材及热处理工艺的应用	(179)
第一节 概述	(179)
一、材料的使用性能	(179)
二、材料的工艺性能	(180)
三、材料的经济性	(181)
四、选用金属材料的基本步骤	(181)
第二节 零件的失效分析简介	(182)
一、零件失效的原因	(182)
二、零件失效方式的分类	(183)
三、失效分析的一般方法	(185)
第三节 热处理技术条件标注和工序位置	(186)
一、热处理技术条件标注	(186)
二、热处理工序位置的安排	(188)
第四节 制定热处理工艺的原则及热处理结构工艺性	(189)
一、制定热处理工艺的原则	(189)
二、热处理零件的结构工艺性	(189)
第五节 典型零件(或工具)的选材及热处理	(191)
一、齿轮	(191)
二、轴类	(194)
三、手工用丝锥	(195)
四、冷变形模具(或称冷作模具)	(196)
复习思考题	(199)

第三篇 热加工基础

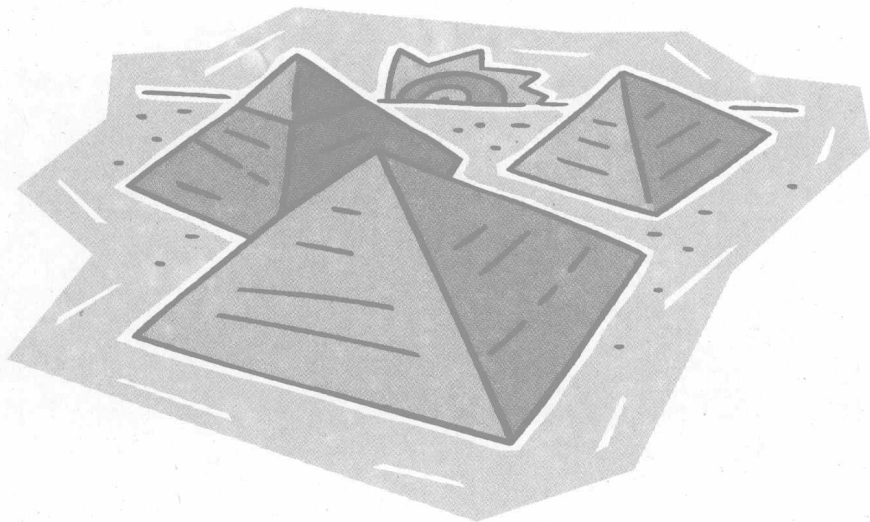
第十章 铸造	(203)
第一节 砂型铸造	(203)
一、模型和芯盒	(204)
二、造型材料	(204)
三、造型	(204)

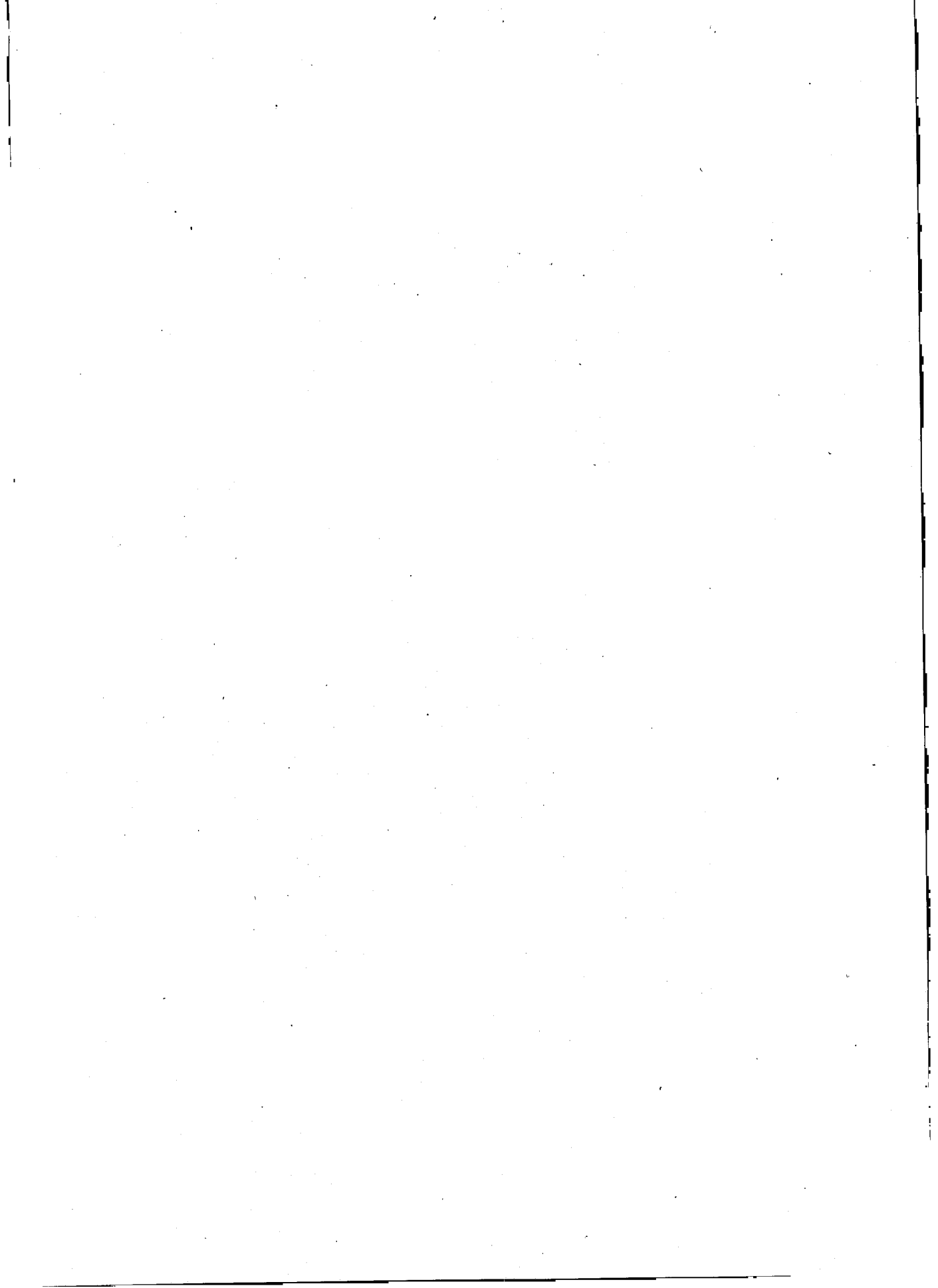
四、制芯	(207)
五、铸型的烘干和合箱	(207)
六、合金的熔炼	(207)
七、浇注及清理	(209)
八、铸件质量和常见缺陷	(209)
第二节 常用合金的铸造性能	(212)
一、合金的铸造性能	(212)
二、铸造合金的铸造特点	(216)
第三节 铸件的结构工艺性	(217)
一、合金铸造性能对铸件结构的要求	(217)
二、铸造工艺过程对铸件结构的要求	(219)
三、组合铸件的应用	(221)
第四节 特种铸造	(221)
一、金属型铸造	(222)
二、压力铸造	(223)
三、熔模铸造	(225)
四、离心铸造	(226)
五、各种铸造方法的比较	(227)
复习思考题	(228)
第十一章 锻压	(230)
第一节 概述	(230)
一、锻压的特点、分类及应用	(230)
二、锻造的基本知识	(231)
第二节 自由锻	(232)
一、自由锻设备	(232)
二、自由锻基本工序	(233)
三、自由锻件的结构工艺性	(234)
四、锻件的加热和冷却	(235)
第三节 模锻	(236)
一、锤上模锻	(236)
二、胎模锻	(237)
第四节 板料冲压	(239)
一、冲压设备	(239)
二、冲压基本工序	(240)
三、冲压模具	(241)
第五节 压力加工先进工艺简介	(243)
一、精密模锻	(243)
二、高速锤锻	(243)
三、液态模锻	(243)

四、超塑性成形.....	(243)
复习思考题.....	(244)
第十二章 焊接	(245)
第一节 熔化焊.....	(246)
一、手工电弧焊.....	(246)
二、埋弧自动焊.....	(249)
三、气体保护电弧焊.....	(250)
四、气焊与气割.....	(251)
五、其他熔化焊简介.....	(252)
第二节 其他焊接方法.....	(254)
一、电阻焊.....	(254)
二、摩擦焊.....	(255)
三、钎焊.....	(255)
第三节 常用金属材料的焊接.....	(256)
一、金属材料的焊接性.....	(256)
二、焊接接头组织与性能.....	(257)
三、常用金属的焊接.....	(258)
第四节 焊件质量分析.....	(259)
一、焊接应力与变形.....	(259)
二、焊接接头的缺陷.....	(261)
三、焊接接头质量检查方法.....	(262)
第五节 焊接件的结构工艺性.....	(263)
一、焊接结构设计的工艺原则.....	(263)
二、焊件材料的选择.....	(264)
三、焊接方法选择.....	(264)
四、焊缝布置.....	(264)
第六节 课堂讨论简单焊接件的结构工艺性、焊接工艺分析.....	(265)
一、目的.....	(265)
二、讨论题.....	(266)
复习思考题.....	(266)
第十三章 材料和毛坯的选择	(268)
第一节 材料的选择.....	(268)
一、选材的基本原则.....	(268)
二、典型零件的选材.....	(270)
第二节 毛坯的选择.....	(271)
一、毛坯的类型.....	(271)
二、毛坯选择的原则.....	(272)
三、典型零件的毛坯选用.....	(272)
复习思考题.....	(272)
参考文献	(274)

第一篇

金属学及热处理





第一章 金属材料的性能

要正确选用材料，就必须充分了解材料的性能。材料应具备的性能包括工艺性能和力学性能。工艺性能是指机械零件或工具在制造过程中应具备的铸造性能、压力加工性能、焊接性能、热处理性能以及切削加工性能等。

力学性能是指材料抵抗载荷(外力)作用的能力，包括强度、刚度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度。力学性能是设计和选材的主要依据。

第一节 金属的力学性能

一、强度

强度是指材料在载荷作用下抵抗产生塑性变形和断裂的能力。拉伸试验是测定强度最常用的方法。

拉伸试验是把被测定的材料制成一定尺寸的试样，如图 1-1 所示。常用的截面是圆形的，根据国家标准 GB228—1976 的规定，试样分为长试样($l_0=10d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)两种。

把标准试样装在材料试样机上，缓慢增加拉伸载荷，可获得变形直到断裂的曲线，即拉伸曲线，如图 1-2 所示。图中在 e 点以前，若卸去载荷，试样即恢复原状，而 e 点的载荷是试样不产生永久变形时所能承受的最大载荷。 OP 段是直线，表示载荷与伸长量成正比关系。当载荷超过 P_e 点时，载荷卸除后仍有极少量的永久变形被保留下来，当载荷超过 P_s 点时，材料发生屈服现象，即载荷不增加，试样继续伸长。当屈服现象停止后，要继续增加载荷，试样才会继续伸长。当载荷超过拉伸曲线上的最大值 P_b 后，材料发生“颈缩”现象，即试样不再是均匀变形而出现局部直径变细的现象，最后试样在 k 点断裂。



图1-1 标准拉伸试样

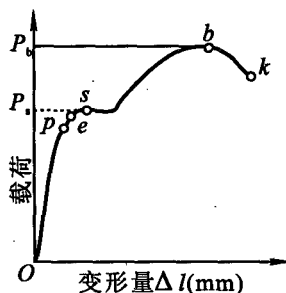


图1-2 退火低碳钢的拉伸曲线

单位面积上承受的载荷称为应力，用符号 σ 表示，即

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ (MN/mm}^2\text{, 即 MPa)}$$

式中， P ——载荷(MN)； F ——试样的原始横截面面积(mm^2)；MPa——兆帕。

屈服强度(即屈服点)是材料开始发生屈服现象时的应力，用符号 σ_s 表示，工程上用来表示材料抵抗微量塑性变形的抗力。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F} \text{ (MPa)}$$

式中， P_s ——试样在屈服时的载荷(N)； F ——试样的原始横截面面积(mm^2)。

屈服强度是评定材料质量的重要力学性能指标。许多机器零件在使用中是不允许发生永久变形的，例如，汽缸螺栓发生塑性变形后，就会使汽缸漏气。

抗拉强度(即强度极限)是试样被拉断前所能承受最大载荷时的应力，用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F} \text{ (MPa)}$$

式中， P_b ——试样在断裂前的最大载荷(N)； F ——试样的原始横截面面积(mm^2)。

抗拉强度的物理意义是反映材料最大均匀变形时的应力。

工程上把屈服强度与抗拉强度的比值称为屈强比(σ_s/σ_b)。材料不同，屈强比也不同，例如，碳素结构钢的屈强比为 0.6 左右；普通低合金钢的屈强比为 0.65~0.75；合金结构钢的屈强比为 0.85 左右。屈强比愈小，工程构件的可靠性愈强高，一旦超载也不至于马上断裂，但屈强比过小材料的利用率太低。

刚度是抵抗弹性变形的能力，衡量刚度大小的指标是弹性模量，用 E 来表示。弹性模量是材料在弹性变形范围内，应力与应变(即试样的相对伸长量 $\Delta l/l_0$)的比值，即

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\text{弹}}} \text{ (MPa)}$$

式中， σ ——在弹性范围内的应力(MPa)； $\varepsilon_{\text{弹}}$ ——在弹性范围内的应变。

由于 $\sigma = P/F$ ，可得 $\varepsilon_{\text{弹}} = \frac{P}{EF}$ 。

从上式可知，在相同载荷作用下，材料的弹性模量愈大，材料的刚度就愈大。必须指出的是：材料的弹性模量与材料原子间的结合力有关，常用的强化手段，如热处理、冷压力加工等不能改变其弹性模量，要提高刚度，可以增大横截面 F 或更换弹性模量 E 更高的材料。

二、塑性

塑性是材料在断裂前发生永久变形的能力。常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率两种，分别用符号 δ 和 ψ 表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad \psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$