



广东省高等教育自学考试指定教材

GONG CHENG CAI LIAO JI JI XIE ZHI ZAO JI CHU

工程材料 及机械制造基础

广东省自学考试委员会组编

罗毓湘 主编



广东高等教育出版社

工

及程

机材

技术

制

同

基

础

广东省高等教育自学考试指定教材

工程材料及机械制造基础

广东省自学考试委员会组编

主 编 罗毓湘
副主编 黄翠金 黄碧珍
刘晴兴 柯庆彬

广东高等教育出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

工程材料及机械制造基础/罗毓湘主编. —广州: 广东高等教育出版社, 2001.4
广东省高等教育自学考试指定教材

ISBN 7 - 5361 - 2581 - x

I. 工… II. 罗… III. ①机械制造工艺 - 高等教育 - 自学考试 - 教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 20258 号

广东高等教育出版社出版发行

(邮政编码: 510076 电话: (020) 87550735)
地址: 广州市广州大道北广州体院内 20 栋

广东东莞粤高印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 22.875 印张 529 千字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1~2000 册

定价: 34.30 元

前 言

本教材是根据广东省自学考试委员会关于机电专业机械制造基础课程辅导基本要求编写的，属于机电专业自学考试教材。

本教材在编写过程中，注意总结了国内各院校、各层次教学改革和课程建设的实践经验，并吸取了国内外同类教材的优点，从自学应试者的实际情况出发，以“成形、改性与金属工艺全过程”为主线，把教学内容系统地贯穿起来，内容比较全面，覆盖的专业面较宽。全书分为三篇：机械工程材料；毛坯成形及其选择；机械加工基础。本书适应培养应用型人才的要求，除作为机电类、近机类、管理类自学考试教材外，各职业中学，职业高等学校都适宜选用。

本教材由华南农业大学工程技术学院组织编写，参加编写的人员有：黄翠金（第一篇）、罗毓湘（第九章），刘晴兴（第十、十一、十二章），黄碧珍、柯庆彬（第三篇）。本书由罗毓湘统稿。

由于编写水平所限，本教材中有错误和不妥之处，热诚希望有关同志和读者予以批评指教，不胜感激。

2000.12

目 录

第一篇 机械工程材料

第一章 材料的力学性能	(1)
学习指导.....	(1)
第一节 静载荷条件下材料的力学性能	(1)
一、静拉伸试验及材料的强度与塑性	(1)
二、硬度	(4)
第二节 非静载荷时材料的力学性能	(6)
一、冲击韧度	(6)
二、疲劳强度	(7)
第三节 金属材料的断裂韧度	(8)
作业一.....	(9)
第二章 金属的晶体结构	(11)
学习指导	(11)
第一节 纯金属的晶体结构	(11)
一、晶体结构的基本知识	(11)
二、纯金属的实际晶体结构	(15)
第二节 合金的晶体结构	(16)
一、基本概念	(17)
二、合金的相结构	(17)
作业二	(20)
第三章 金属的结晶与二元合金相图	(21)
学习指导	(21)
第一节 纯金属的结晶	(21)
一、冷却曲线和过冷度	(21)
二、纯金属的结晶过程	(22)
第二节 合金结晶与二元合金相图	(23)
一、二元合金相图的建立	(23)
二、匀晶相图	(23)
三、共晶相图——具有两相机械混合物的合金相图	(24)
四、具有共析反应的相图	(26)
五、形成稳定化合物的相图和其他相图	(26)
六、合金力学性能与相图的关系	(26)
作业三	(28)
第四章 铁碳合金相图及碳素钢	(29)

学习指导	(29)
第一节 铁碳合金的基本知识	(29)
一、纯铁的性能和同素异构转变	(29)
二、铁碳合金中的相	(30)
三、铁碳合金中的基本组织	(31)
第二节 铁碳合金相图	(31)
一、Fe - C 相图与 Fe - Fe ₃ C 相图	(32)
二、对 Fe - Fe ₃ C 相图的分析	(32)
三、典型铁碳合金结晶过程分析	(34)
四、碳对平衡组织和性能影响	(39)
五、Fe - Fe ₃ C 相图的应用	(40)
第三节 碳素钢	(41)
一、钢中的常存元素对钢性能影响	(41)
二、碳素钢的分类、钢号和主要用途	(41)
作业四	(49)
第五章 钢的热处理	(50)
学习指导	(50)
第一节 概述	(50)
第二节 钢在加热时的组织转变	(51)
一、奥氏体的形成	(51)
二、奥氏体晶粒度及其控制	(52)
第三节 钢在冷却时的组织转变	(53)
一、过冷奥氏体等温转变曲线	(53)
二、过冷奥氏体的连续冷却转变	(56)
三、马氏体型转变	(56)
第四节 钢的退火和正火	(58)
一、钢的退火	(58)
二、钢的正火	(59)
第五节 钢的淬火	(59)
一、淬火加热温度的选择	(59)
二、淬火冷却介质	(60)
三、常用的淬火方法	(60)
四、钢的淬透性	(61)
第六节 钢的回火	(63)
一、回火的目的	(63)
二、淬火钢在回火时组织和性能的变化	(63)
三、回火的种类及应用	(63)
第七节 钢的表面淬火	(64)
一、火焰加热表面淬火	(64)

二、感应加热表面淬火	(65)
第八节 钢的化学热处理	(66)
一、钢的渗碳	(66)
二、钢的渗氮	(68)
三、钢的碳氮共渗	(68)
第九节 热处理零件的结构工艺性	(69)
一、常见热处理缺陷	(69)
二、热处理零件的结构工艺性	(70)
作业五	(71)
第六章 合金钢	(73)
学习指导	(73)
第一节 合金元素对钢的影响	(73)
一、合金元素对钢的基本相的影响	(73)
二、合金元素对铁碳合金相图的影响	(74)
三、合金元素对钢热处理的影响	(75)
四、合金钢的分类及牌号	(77)
第二节 合金结构钢	(77)
一、低合金结构钢	(78)
二、合金渗碳钢	(79)
三、合金调质钢	(80)
四、合金弹簧钢	(82)
五、滚动轴承钢	(86)
第三节 合金工具钢	(88)
一、刃具钢	(88)
二、合金模具钢	(91)
第四节 特殊性能钢	(95)
一、不锈钢	(95)
二、耐热钢	(96)
三、耐磨钢	(100)
作业六	(101)
第七章 铸铁	(102)
学习指导	(102)
第一节 铸铁的石墨化	(102)
一、铸铁的石墨化过程	(102)
二、影响石墨化的因素	(103)
第二节 常用铸铁的特点及应用	(104)
一、铸铁的分类	(104)
二、不同石墨形态铸铁的特性及用途	(104)
作业七	(109)

第八章 有色金属及其合金	(110)
学习指导	(110)
第一节 铝及铝合金	(110)
一、工业纯铝	(110)
二、铝合金	(110)
第二节 铜及铜合金	(114)
一、工业纯铜	(114)
二、铜合金	(114)
第三节 滑动轴承合金	(119)
一、轴承合金的性能要求与组织.....	(119)
二、轴承合金的类型及应用	(120)
第四节 粉末冶金与硬质合金	(122)
一、粉末冶金简介	(122)
二、硬质合金	(123)
作业八	(124)

第二篇 毛坯成形及其选择

第九章 铸造成形	(125)
学习指导	(125)
第一节 概述	(125)
第二节 金属的铸造性能	(126)
一、金属的流动性	(126)
二、金属的收缩性	(128)
第三节 砂型铸造的工艺流程	(131)
一、造型材料	(131)
二、造型方法	(132)
三、熔炼和浇注.....	(135)
第四节 铸造工艺的基本内容	(135)
一、浇注位置的选择与确定	(135)
二、分型面的选择	(136)
三、确定主要工艺参数	(137)
四、绘制铸造工艺图和铸件图	(139)
第五节 铸造工艺对铸件结构的要求	(140)
一、铸造性能对结构的要求	(140)
二、铸造工艺对结构的要求	(142)
第六节 特种铸造	(144)
一、熔模铸造	(144)
二、金属型铸造.....	(145)
三、压力铸造	(145)

四、离心铸造	(146)
作业九	(147)
第十章 锻压成形	(148)
学习指导	(148)
第一节 概述	(148)
第二节 金属的锻造性能	(149)
一、金属塑性变形的实质	(149)
二、金属的冷变形强化、回复与再结晶	(151)
三、锻造流线 with 锻造比	(152)
四、影响金属锻造性能的因素	(153)
第三节 锻造工艺过程	(155)
一、加热	(155)
二、成形	(156)
三、锻后处理	(161)
第四节 自由锻造工艺设计简介	(162)
一、绘制锻件图	(162)
二、计算坯料的质量及尺寸	(163)
三、确定变形工序	(164)
四、确定锻造温度范围及锻后处理规范	(164)
第五节 零件结构的锻造工艺性	(166)
一、锻造性能对结构的要求	(166)
二、锻造工艺对结构的要求	(166)
第六节 板料冲压成形	(168)
一、板料冲压的特点及应用	(168)
二、冲压成形的基本工序	(169)
三、零件结构的冲压工艺性	(171)
四、冲压工艺举例	(173)
作业十	(174)
第十一章 焊接成形	(176)
学习指导	(176)
第一节 概述	(176)
一、焊接的实质	(176)
二、焊接方法的种类	(176)
三、焊接方法的应用及其特点	(177)
第二节 金属材料的焊接性能	(178)
一、金属焊接性的概念	(178)
二、钢材的焊接性	(178)
三、铸铁的焊接性	(179)
四、铝及铝合金的焊接性	(180)

五、铜及铜合金的焊接性	(180)
第三节 手工电弧焊	(181)
一、手工电弧焊的过程、特点及应用	(181)
二、焊接电弧	(182)
三、焊接冶金过程特点	(182)
四、焊条	(183)
五、熔焊接头的组织性能	(185)
第四节 手工电弧焊工艺设计的主要内容	(186)
一、接头形式与坡口形式的确定	(186)
二、焊接位置的确定	(188)
三、焊接工艺参数的确定	(188)
四、采用合理的运条方法	(189)
五、预防及消除焊接应力	(190)
六、预防及矫正焊接变形	(190)
七、绘制焊接结构图	(192)
第五节 手工电弧焊常见缺陷及其防止	(196)
一、未焊透和夹渣	(196)
二、焊接裂纹	(198)
三、气孔	(199)
四、焊瘤	(200)
五、咬边和烧穿	(200)
第六节 其他焊接方法与切割	(201)
一、气焊与气割	(201)
二、气体保护电弧焊	(202)
三、电阻焊	(203)
四、钎焊	(204)
五、埋弧焊	(205)
六、等离子弧焊接与切割	(205)
第七节 焊接结构工艺性	(206)
一、焊接结构材料的选择	(206)
二、焊缝布置	(206)
三、焊接接头设计	(208)
作业十一	(209)
第十二章 机械零件毛坯的选材	(211)
学习指导	(211)
第一节 常用毛坯制造方法的比较	(211)
第二节 选择毛坯类型和加工方法的原则	(213)
一、满足零件的使用要求	(213)
二、降低制造成本	(213)

三、考虑生产条件	(213)
第三节 常用机械零件的毛坯类别	(213)
一、轴杆类	(214)
二、饼块及盘套类	(214)
三、机架箱体类	(216)
四、毛坯选择举例	(216)
五、同一零件毛坯选择的比较	(217)
作业十二	(219)

第三篇 机械加工基础

第十三章 切削成形原理	(220)
学习指导	(220)
第一节 切削运动与切削要素	(220)
一、机械零件表面的形成	(220)
二、切削运动	(220)
三、切削要素	(222)
第二节 金属切削刀具	(223)
一、刀具材料	(223)
二、车刀切削部分的几何参数	(224)
第三节 金属切削过程中的物理现象	(225)
一、变形现象	(225)
二、力现象	(227)
三、热现象	(228)
四、刀具磨损现象	(229)
第四节 提高切削加工质量及经济性分析	(229)
一、提高工艺系统的刚度	(229)
二、合理选用刀具材料与刀具角度	(230)
三、合理选用切削用量	(230)
四、使用切削液	(231)
五、改善工件材料的切削加工性	(231)
作业十三	(232)
第十四章 刀具切削成形方法	(233)
学习指导	(233)
第一节 金属切削机床的基础知识	(233)
一、机床的分类和编号	(233)
二、机床的基本传动方法	(236)
三、机床的变速机构	(238)
第二节 车削成形	(240)
一、车床	(240)

二、工件的安装与所用附件	(244)
三、车床上的主要工作	(248)
四、车削的工艺特点及应用举例	(259)
第三节 钻削和镗削加工成形	(261)
一、麻花钻	(261)
二、钻床	(264)
三、钻床上刀具和工件的安装及所用附件	(265)
四、钻床上主要工作	(267)
五、镗削加工	(271)
第四节 刨削与铣削成形	(274)
一、刨床及刨床上主要工作	(274)
二、铣削加工成形	(280)
作业十四	(296)
第十五章 磨具切削成形方法	(299)
学习指导	(299)
第一节 砂轮及磨削过程	(300)
一、砂轮	(300)
二、磨削过程	(302)
第二节 磨床	(303)
一、外圆磨床	(303)
二、磨床液压传动原理	(304)
第三节 磨床上主要工作	(306)
一、外圆磨削	(306)
二、内圆磨削	(308)
三、圆锥面磨削	(308)
四、平面磨削	(309)
第四节 磨削加工工艺特点及应用	(310)
一、加工质量好	(310)
二、适应性好	(310)
第五节 光整加工	(310)
作业十五	(311)
第十六章 特种加工与数控加工成形	(312)
学习指导	(312)
第一节 特种加工成形	(312)
一、电火花加工	(312)
二、电解加工	(313)
三、超声波加工	(314)
四、激光加工	(315)
第二节 数控加工成形	(316)

一、数控机床的组成及其功能	(316)
二、数控加工程序编制	(317)
三、数控机床的分类	(318)
四、数控加工工艺特点及应用	(320)
作业十六	(321)
第十七章 切削加工工艺过程	(322)
学习导语	(322)
第一节 工艺过程的基本知识	(322)
一、生产过程和工艺过程	(322)
二、切削加工工艺过程	(322)
三、工艺设备和工艺装备	(323)
四、生产纲领和生产类型	(324)
第二节 工件的装夹	(325)
一、选择定位基准	(325)
二、工件的定位原理	(327)
三、装夹方法	(329)
第三节 切削加工工艺的拟定	(329)
一、技术要求分析	(329)
二、选择毛坯	(329)
三、工艺分析	(329)
四、拟定加工顺序	(330)
五、确定各工序的机床, 装夹方法、加工方法、测量方法及有关工夹量具	(331)
六、确定各工序加工余量、切削用量和时间定额	(331)
七、编制工艺卡片	(332)
第四节 基本表面的加工方案	(332)
一、外圆面	(332)
二、内圆面	(333)
三、平面	(334)
四、成形面	(335)
第五节 基本类型零件加工工艺要点	(335)
一、轴杆类零件的加工工艺要点	(335)
二、饼块盘套类零件的加工工艺要点	(336)
三、机架箱体类零件的加工工艺要点	(337)
第六节 零件结构的切削加工工艺性	(338)
一、切削加工对零件结构的基本要求	(338)
二、改进零件切削加工工艺性的基本原则	(338)
作业十七	(342)
附表	(344)
参考文献	(351)

第一篇 机械工程材料

第一章 材料的力学性能

学习指导

一、基本要求

1. 静拉伸试验中材料的变形过程。
2. 机械性能的主要指标。

二、重点和难点

1. 弹性极限、材料强度、材料塑性的测量及物理意义。
2. 布氏、洛氏硬度的测量及其表示方法。

第一节 静载荷条件下材料的力学性能

静载荷是指对材料缓慢地施加载荷，使材料相对变形速度较小（一般是小于 10^{-2} mm/s）。常见的静载荷施加方式有：拉伸、压缩、弯曲、扭转等。在生产中，静拉伸试验和硬度试验又是静载荷下材料力学性能的测试方法中应用最广的方法。

一、静拉伸试验及材料的强度与塑性

按 GB228—87《金属拉伸试验法》把待测材料加工成拉伸试样。通常试样的截面是圆形，见图 1-1。图中 l_0 为试样的原始标距长度（mm）， d_0 为试样的原始直径（mm）。通常取 $l_0 = 10d_0$ 或 $5d_0$ 。前者称长试样，后者称短试样（其中标准试样是 $l_0 = 100$ mm 或 50 mm）。对于薄板或管等不便制成圆试样时，可制成截面积（ A_0 ）满足 l_0 为 $11.3\sqrt{A_0}$ 或 $5.65\sqrt{A_0}$ 的比例试样。

把加工好的试样装夹在材料试验机上并对试样缓慢地施加拉力 F 。随着拉力逐渐加大，试样沿轴向方向被拉长，而径向直径缩小，直至试样被拉断。这时，试验机已自动画出 $F \sim \Delta l$ 之间的变化曲线——拉伸曲线，见图 1-2。 Δl 是试样的轴向伸长量。另外，在试样断口处还可以测算出径向的截面收缩量 ΔA 。

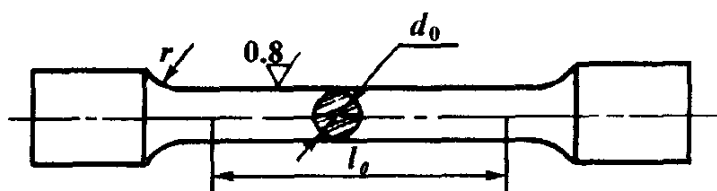


图 1-1 标准拉伸试样

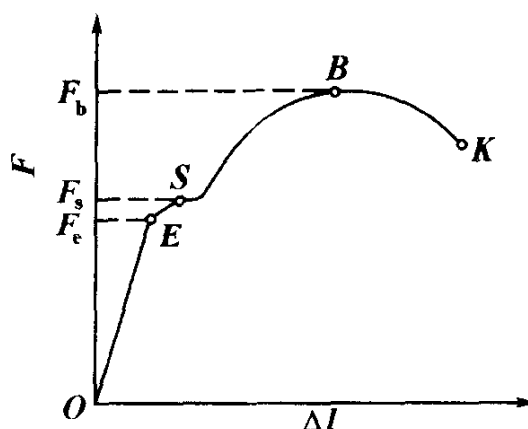


图 1-2 低碳钢拉伸曲线

(一) 弹性极限和刚度

试样受到外力作用先产生弹性变形。弹性变形是指当外力解除后变形能够全部消除恢复原状的变形。拉伸曲线 OE 段就是弹性变形阶段。材料在弹性形变阶段有两个重要的力学性能指标：弹性极限和材料刚度。

(1) 弹性极限 σ_e

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0}$$

式中 F_e ——试样保持完全弹性形变时的最大载荷（力），单位为 N（牛顿）；

A_0 ——试样的原始横截面积（ mm^2 ）；

弹性极限的含义是材料保持完全弹性变形所能承受的最大应力。

(2) 材料刚度 E

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

式中 σ ——在弹性变形范围内的应力（MPa）

ϵ ——在应力作用下产生的应变，即相对变形量（ $\Delta l/l_0$ ），（无量纲）。

材料刚度简称刚度（或刚性），即材料力学中的弹性模量。从公式中可看出它的物理意义是指金属材料产生单位弹性的相对变形所需的应力。它是表示材料抵抗弹性变形能力的力学性能指标，用符号 E 表示。

刚度主要取决于材料本身品格类型和原子间距。过渡族金属的刚度最高。如：钢的刚度在 190 000 ~ 220 000 MPa 之间。刚度是材料力学性能中对显微组织最不敏感的指标。因此，热处理、合金化、冷变形、细晶等金属强化手段对其作用不大。但随温度升高金属刚度下降。

(二) 材料强度

材料强度是指在外力作用下，材料抵抗变形和断裂的能力。对于塑性材料在拉伸力作用下先产生弹性形变，然后经过一个很小的弹——塑性变形的过渡阶段就进入了塑性变形阶段。先是均匀塑性变形阶段，然后是试样出现的局部区域“缩颈”，即非均匀塑性变形阶段，直至断裂。所谓塑性变形是指在外力作用下，材料产生了当外力解除后仍不能自动恢复原状的变形。金属材料在塑性变形阶段的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度 σ_s

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中 F_s ——试样产生明显塑性变形所承受的最小载荷，即拉伸曲线中 S 点所对应的外力 (N)；

A_0 ——试样的原始截面积 (mm^2)。

对于低碳钢与塑性好的金属材料，在塑性变形开始时常出现外力不增加而变形量继续增加的材料屈服现象。如图 1-2 拉伸曲线上的 S 点，该点通常称为屈服点。

有些塑性较低的材料没有明显的屈服点，难于确定产生塑性变形的最小应力。对这类材料人们规定：试样产生 0.2% 塑性变形量时所对应的值为该材料的条件屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

机件和金属结构件在工作时一般是不允许发生塑性形变的。所以，屈服强度或条件屈服强度是结构设计时的重要力学性能参数。

(2) 抗拉强度 σ_b

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中 F_b ——指试样被拉断前所承受的最大外力，即拉伸曲线 B 点所对应的外力 (N)；

A_0 ——试样的原始横截面积 (mm^2)。

抗拉强度的含义是：材料断裂前所承受的最大应力。故又称强度极限。

σ_s/σ_b 的比值称为屈强比。材料的屈强比愈小，构件的可靠性愈高，因为万一起载也不至于马上断裂。屈强比的大小可通过合金化、热处理等加以调整（一般情况常选用 0.85 左右）。

脆性材料的 $\sigma_{0.2}$ 也难于测出，所以在使用脆性金属材料制作机械零件时，常以 σ_b 作为选材和设计的依据。

(三) 材料的塑性

材料塑性是指材料在外力作用下产生塑性变形而不发生断裂的能力。反映材料塑性的力学性能指标有伸长率和断面收缩率。

(1) 伸长率 σ 伸长率（或近伸率）是指试样拉断后标距增长量与原始标距长度之比，即

$$\sigma = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (\text{无量纲})$$

式中 l_k ——试样断裂后的标距长度；

l_0 ——试样原始标距长度。

由于试样在拉断过程中塑性变形是由均匀塑性变形（在应力不大于 σ_b 时）和非均匀塑性变形两部分组成。其中非均匀塑性变形的相对值与原始标距 l_0 的大小有关。所以， σ 值的大小不仅取决于材料本身，还受到试样标距长度的影响。所以同一材料的短试样 ($l_0/d_0 = 5$ 的试样) 要比长试样 ($l_0/d_0 = 10$ 的试样) 所测得的伸长率大 20% 左右。因此，用长、短两种试样求得的伸长率应分别用 δ_{10} 或 δ 和 δ_5 表之。

(2) 断面收缩率 (φ) 断面收缩率是指试样拉断后断口处横截面积的量与原始横截