

高等纺织院校教材

工程材料 及机械制造基础

刘烈元 主编



纺织工业出版社

内 容 提 要

本书是高等纺织院校近机械类专业教材。

全书包括工程材料、毛坯生产和切削加工三篇。第一篇重点讲述常用的金属材料知识。并根据需要简要地介绍了常用非金属材料知识。第二篇重点讲述毛坯及零件成形工艺、改善材料性能与零件结构工艺性的选择,还介绍了部分新工艺新技术,并着重强调少无切削加工的推广应用。第三篇着重介绍切削加工工艺对零件加工精度与生产率的影响,并简要讨论了常用的切削加工工艺与零件的结构工艺性。工艺与加工设备方面的知识大部分已移入金工实习教材,该教材与本书配合使用。

本书亦可作为非机械类专业各类成人高校参考教材,并可供从事近机械类专业工作的工程技术人员参考。

责任编辑:王颖

高等纺织院校教材
工程材料及机械制造基础

刘烈元 主编

*

纺织工业出版社出版

(北京东直门南大街4号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

850×1168毫米 1/32 印张:9 4/32 字数:238千字

1991年6月 第一版第一次印刷

印数:1—6,500 定价:2.85元

ISBN 7-5064-0550-4/TH·0001(课)

前 言

工程材料及机械制造基础（以下简称金工）是各类工程专业必修的综合性技术基础课，它包括课堂教学与金工实习两主要环节。本书为便于学生获得机械使用与维修工作中常用的工程材料选用、毛坯成形方法选用、零件加工工艺和结构工艺性方面的基本知识，注意了以下各方面的问题：

1. 金属材料性能是机件设计与使用中选材的基础，本教材内适当加强，并介绍了主要机械性能指标与常见失效形式的关系。

2. 本教材适当强调了材料成分、组织与性能间的联系，并介绍了常用材料的牌号与应用实例和常用的材料强化方法。

3. 对工程非金属材料的发展与应用也做了简要介绍。

4. 实践性较突出的内容已编入金工实习教材。本书中工艺设备的结构与工作原理和操作内容适当简化，并在实习教材中给予相应的补充。

5. 零件结构工艺性分析只限于基本原则的介绍与应用实例，为后继课与今后的实践打下基础。

本教材适用于工科大专院校不单独开设工程材料课和机制工艺课的近机械类专业，以及有使用、维修和工艺改革并承担部件或零件设计任务的非机械类专业，包括大专院校、电大、职大和函授教育。本书也可供机械运转工程技术人员参考。本书与唐裕源主编的金工实习教材配套使用。

本书由中国纺织大学刘烈元编写第一篇；天津纺院陈万卿编写第二篇；山东纺院高士驹编写第三篇，李兰基参加该篇部分章节的初稿审阅工作。全书由苏州丝绸工学院唐裕源主审，工程材料篇得到中国纺大王宠武教授与蒋柏春教授提供部分资料，在此

一并致谢。

由于编写水平有限，本书中有不妥之处望读者批评指正。

编者

1988年8月

目 录

第一篇 工程材料基础知识

第一章 金属材料的机械性能	(1)
第一节 零件和材料常见的失效形式.....	(2)
第二节 静载荷下的机械性能.....	(2)
第三节 动载荷下的机械性能.....	(11)
第二章 金属材料基础	(14)
第一节 金属的结晶.....	(15)
第二节 塑性变形与再结晶.....	(22)
第三节 钢的固态转变.....	(27)
第四节 钢的热处理.....	(39)
第五节 金属强化方法比较.....	(53)
第三章 钢	(55)
第一节 碳素钢.....	(55)
第二节 合金钢.....	(61)
第四章 有色金属	(67)
第一节 铝及铝合金.....	(67)
第二节 铜及铜合金.....	(73)
第三节 轴承合金.....	(76)
第五章 工程非金属材料	(79)
第一节 工程塑料.....	(79)
第二节 工业陶瓷和复合材料.....	(86)

第二篇 毛坯制造

第六章 液态成形	(88)
第一节 合金的铸造性能	(89)
一、合金的流动性.....	(89)
二、合金的收缩.....	(90)
第二节 铸造合金	(93)
一、灰铸铁.....	(94)
二、高强度铸铁.....	(99)
第三节 液态成形方法比较	(104)
一、砂型铸造方法的特点与应用.....	(104)
二、特种铸造的分类、特点与应用.....	(104)
第四节 铸件结构工艺性	(111)
一、铸造工艺对铸件结构的要求.....	(111)
二、铸造合金对铸件结构的要求.....	(120)
习题.....	(127)
第七章 塑性成形	(129)
第一节 塑性成形的基本概念	(129)
一、加工硬化.....	(129)
二、冷变形和热变形.....	(130)
三、纤维组织的应用.....	(132)
四、金属的可锻性.....	(133)
第二节 塑性成形方法与应用	(135)
一、轧制、拉拔和挤压生产.....	(136)
二、锻造生产.....	(142)
三、板料冲压.....	(147)
四、粉末冶金.....	(153)
第三节 塑性成形工艺对零件结构的要求	(155)
一、自由锻件的结构工艺性.....	(155)

二、板料冲压件的结构工艺性.....	(155)
习题.....	(158)
第八章 金属的连接.....	(160)
第一节 焊接简介.....	(160)
第二节 熔化焊接.....	(162)
一、气焊和手工电弧焊.....	(162)
二、焊接接头金属组织和性能的变化.....	(163)
三、热影响区.....	(163)
四、焊接应力与变形.....	(165)
五、其他熔化焊的特点与应用.....	(168)
第三节 不熔化焊接.....	(173)
一、软钎焊.....	(173)
二、硬钎焊.....	(174)
第四节 压力焊.....	(175)
一、接触焊.....	(175)
二、摩擦焊.....	(178)
第五节 各种材料的焊接.....	(179)
一、可焊性概念.....	(179)
二、焊接方法选择.....	(188)
第六节 焊接结构工艺性.....	(188)
习题.....	(194)
第七节 金属的粘接.....	(195)
一、粘接的特点.....	(195)
二、常用粘接剂.....	(196)

第三篇 金属切削加工

第九章 金属切削加工的基本知识.....	(205)
第一节 切削运动和切削用量三要素.....	(205)
一、切削运动.....	(205)

二、切削用量三要素·····	(208)
第二节 切削过程中的切削力、切削热·····	(208)
一、切削力·····	(208)
二、切削热·····	(212)
第三节 刀具角度和切削用量对加工质量和生产率的影响·····	(213)
一、加工质量和生产率·····	(213)
二、刀具角度对加工质量和生产率的影响·····	(215)
三、切削用量对加工质量的影响·····	(217)
第四节 工件材料的切削加工性·····	(217)
习题·····	(219)
第十章 各种机床的加工特点和应用范围·····	(221)
第一节 车床加工·····	(221)
一、各种车床的适应范围和特点·····	(221)
二、车床加工和应用范围·····	(222)
三、车床加工的应用举例·····	(226)
第二节 钻床加工·····	(230)
一、钻床加工范围和加工方法·····	(231)
二、钻、扩、铰加工特点·····	(232)
三、钻床加工应用举例·····	(233)
第三节 镗床加工·····	(233)
一、镗床及其工作范围·····	(233)
二、镗床加工特点·····	(234)
第四节 刨床、插床及拉床加工·····	(236)
一、刨床加工·····	(236)
二、插床及拉床加工·····	(237)
三、刨、插、拉加工比较·····	(240)
第五节 铣床加工·····	(240)
一、铣床及其加工·····	(240)

二、铣削方式.....	(241)
三、铣削特点和应用.....	(243)
第六节 磨床加工.....	(245)
一、磨削加工范围.....	(245)
二、砂轮.....	(245)
三、砂轮特性表示方法.....	(248)
四、磨削运动及磨削用量.....	(249)
五、磨削的工艺特点.....	(250)
习题.....	(250)
第十一章 毛坯及典型表面加工方法的选择.....	(253)
第一节 毛坯选择原则及应用举例.....	(253)
一、毛坯选择原则.....	(253)
二、毛坯选择应用.....	(254)
第二节 表面加工方法的选择.....	(256)
一、外圆面加工.....	(256)
二、孔加工.....	(256)
三、平面加工.....	(258)
四、齿轮加工.....	(258)
习题.....	(262)
第十二章 零件结构工艺性.....	(265)
一、考虑零件结构工艺性的一般原则.....	(267)
二、不同切削加工方法对零件结构工艺性的 要求.....	(268)
习题.....	(272)
第十三章 特种加工简介及数控机床.....	(275)
一、电火花加工.....	(275)
二、超声波加工.....	(276)
三、激光加工.....	(277)
四、数字程序控制机床简介.....	(278)
习题.....	(279)

第一篇 工程材料基础知识

第一章 金属材料的机械性能

为了合理地使用和加工金属材料，必须了解其使用性能与工艺性能。使用性能中包括材料的机械性能、物理性能和化学性能。若零件的材料不能满足使用中要求的某项性能时，就不能正常地工作，称为“失效”。所谓工艺性能，是指材料在加工过程中适应冷、热加工工艺的性能，包括材料的铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能和切削性能等。

在通常的机械零件设计中选择材料时，往往以其机械性能为主要依据。材料的机械性能又称力学性能，即材料在外力作用下所显示的性能，常用的如强度、硬度、塑性和韧性等。

材料在外力作用下都会发生变形。根据其表现形式可分为两种。一种是在作用力去除后，变形可随之消失的，称弹性变形；另一种是在外力去除后残余的变形，称塑性变形或永久变形。材料受力逐渐增大，变形也随之发生和发展，通常变形可分为三个阶段。第一阶段为弹性变形，变形量与外力大小成正比；第二阶段为塑性变形，外力超过材料屈服点时的变形不能消失；第三阶段为断裂，外力继续增大，材料塑性变形到一定极限时发生断裂。

第一节 零件和材料常见的失效形式

零件及材料失效是指因外力作用使它失去正常的使用性能。常见的失效有以下几种：

(1) 断裂：有拉伸（静载荷）断裂和冲击断裂两种。抵抗静载荷拉断的抗力称抗拉强度；抵抗冲击断裂的能力称冲击韧性。

(2) 塑性变形：抵抗塑性变形的指标为屈服强度。材料产生塑性变形后即失去工作所需精确性，不能使用。

(3) 过量弹性变形：外力过大时零件材料必然产生过大的弹性变形，使零件在受力状态不能正常地工作。当车刀伸出刀架过长时，会因过量弹性变形而不能正常地切削。

(4) 磨损：往往因材料硬度不够或其它原因，使工作表面磨损，相对尺寸精度降低，不能继续使用。

第二节 静载荷下的机械性能

静载荷下材料的机械性能主要包括刚度、强度、弹性、塑性和硬度。除硬度可用硬度计等仪器测试外，其余皆可通过静拉伸试验测得。

材料拉伸试验是用图1-1所示标准试棒在拉伸试验机上拉伸，试样受力从零开始，随着载荷逐步增大，试棒有规律地伸长，直至被拉断。利用拉力和试棒伸长的数值变化可绘制出拉力-变形图，见图1-2所示。当外力低于 P_0 时，变形与拉力成正比，属弹性变形范围。达到 P_0 时，变形大大增加，而外力并无明显变化，称屈服。以后产生的变形为塑性变形，而且变形量与外力不成正比关系，达到 P_b ，即最大负载时，试样局部截面上直径缩小，称缩颈。由于缩颈部位明显地伸长，总拉力开始下降，直至缩颈区断裂。

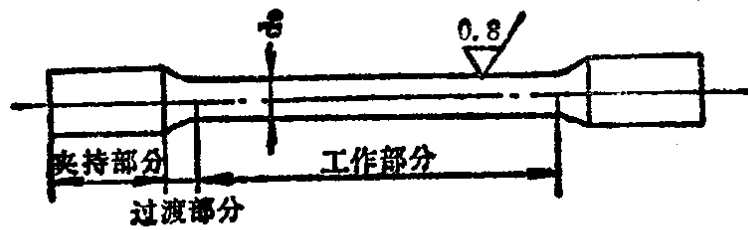


图1-1 拉伸试棒

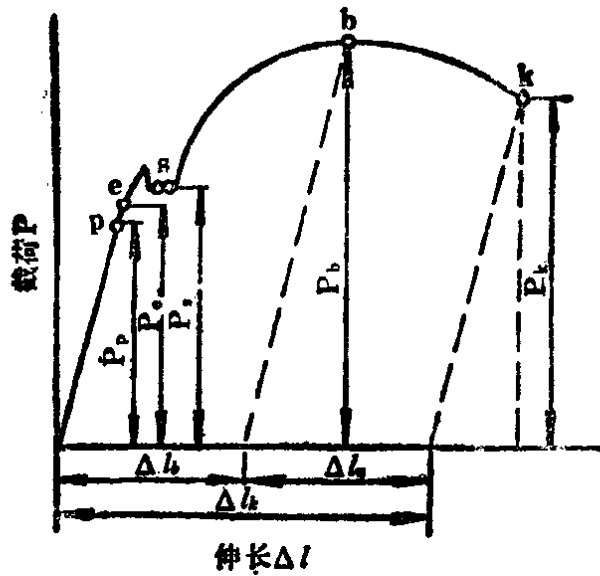


图1-2 低碳钢拉伸曲线

一、应力-应变曲线

试棒在拉伸过程中截面随载荷而变，为排除试棒的尺寸因素，取单位截面上受力（即应力 σ ）的大小与单位长度上的伸长量（即应变 e ）的相应变化绘制成应力-应变曲线，如图1-3所示。

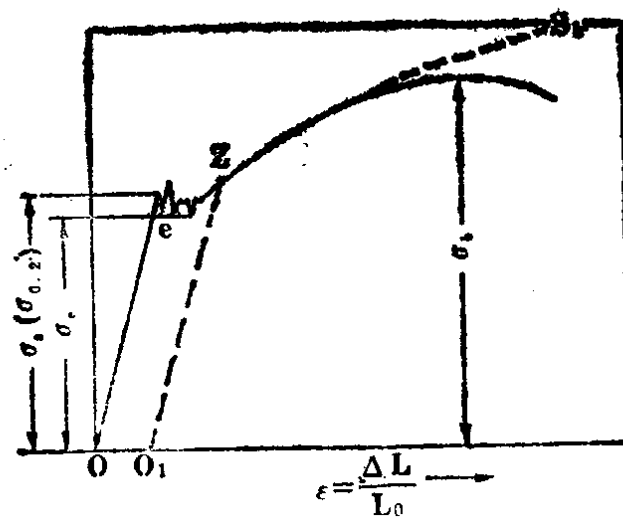


图1-3 应力-应变曲线

应力 σ 可从下式求得:

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \text{ (MPa)}$$

式中 F_0 为试棒拉伸前的原始截面积(mm^2), P 为拉伸的载荷(N)。

应变 ε 可从下式求得:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_0 为试棒原始标距长度 (mm); Δl 为试样拉伸后的总伸长量 (mm)。

二、弹性与刚度

材料在弹性范围内应力与应变成正比关系, 服从虎克定律。其比值 E 称弹性模量。

即
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

弹性模量 E 也可理解为应力与应变的比值, 它是衡量材料抵抗弹性变形能力的一项重要指标。

零件抵抗弹性变形的能力也称零件的刚度。零件的刚度决定于零件的形状、尺寸和材料的弹性模量 E 。 E 的大小主要决定于材料原子间作用力的大小, 它与原子本性、原子间距密切相关。合金化、热处理和冷、热变形对材料原子间的作用力影响很小, 因此用这些方法都无法改变材料的弹性模量 E 。

由表1-1可知, 各种钢的 E 值都与纯铁相近, 即常量 21×10^4 (MPa)。因此, 当碳钢零件的刚度不足时, 不能靠变换钢种去解决, 而应该放大零件的尺寸或改变结构形状。

弹性是材料产生弹性变形的能力。对应于弹性极限 σ_e 的应变

表1-1

各种材料的E值

材 料	E × (10 ⁴ MPa)
镁	4.5
铝	7.2
锌	10
铜	12
铁	21
碳钢	21
合金钢	21
铸铁	11.5~16
钼	33
钨	41

值 ε_0 是衡量材料弹性的指标之一。

$$\varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{E}$$

提高材料的弹性有两个途径，即提高材料的弹性极限 σ_0 和降低材料的弹性模量 E 。 σ_0 可通过合金化、热处理和冷、热变形来提高，所以工业上往往通过提高材料的 σ_0 来提高弹性。由于钢的 E 值皆相近，因此， σ_0 就成为衡量钢材弹性的重要指标。对于受力较大的硬弹簧可采用 σ_0 高的弹簧钢制造；而对受力不大而要求弹性变形量大的软弹簧则采用 σ_0 高而 E 较小的铍青铜和磷青铜制造。

三、强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。材料抵抗少量塑性变形的能力称屈服极限或屈服强度，即图1-3中的 σ_s 。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \text{ (MPa)}$$

有些金属材料的屈服现象不明显（例如高强度钢等），所以工程上规定以材料拉伸试棒塑性应变量达到0.2%时的应力作为屈服强度值，以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

当试棒拉伸超过屈服点后，必须增加外力才能使试棒继续变形。若在中途任一点z卸除外力时， σ - ϵ 曲线将沿平行于eO线的zO₁降低到O₁点。当再次增加外力时， σ - ϵ 又沿O₁z线上升，在应力到达 σ_z 以前一直为弹性变形，直到应力超过 σ_z 后才再次出现塑性变形。材料经过z点以前这段塑性变形后，屈服强度从原来的 σ_s 提高到 σ_z ，这种现象称形变强化，它是工业生产中常用的材料强化方法。

试棒被拉断前所能承受的最大应力 σ_b 代表材料的强度极限，称抗拉强度，也是材料对大量塑性变形的抗力。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{ (MPa)}$$

σ_s 和 σ_b 都是材料的强度指标，对于塑性材料的零件设计，应以屈服强度 σ_s 作为强度依据，在零件正常使用中不允许产生明显的塑性变形，而抗拉强度 σ_b 只能作为脆性材料的零件设计依据。

影响强度的因素很多，除与金属原子间结合力有关外，主要与化学成分、组织结构和变形程度有关。因此，生产中可以用合金化、热处理及冷、热变形等方法改善材料的强度。

图1-4表示5种材料的拉伸曲线，由图可以看出金属原子本性及其加入合金元素对材料机械性能的影响。

上述材料拉伸过程中所表述的机械性能指标，皆以试棒原始截面积 F_0 作为应力计算的依据，因此称条件应力。实际上，在整个拉伸过程中，试棒的横截面积随拉力的增大而逐渐减小。

四、塑性

塑性是材料在外力作用下断裂前产生塑性变形的能力。塑性指标以试棒拉伸过程中的延伸率 δ 及断面收缩率 ψ 表示。延伸率是

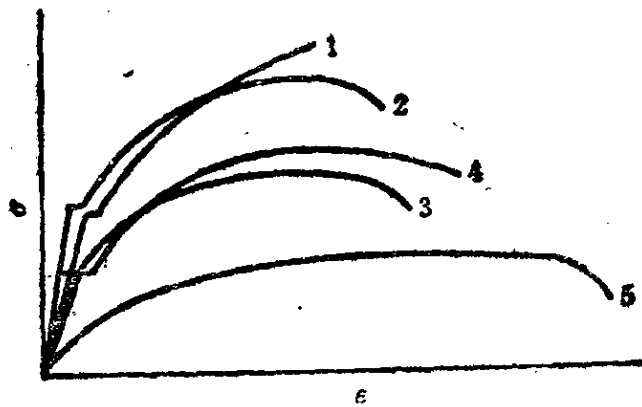


图1-4 五种材料的拉伸曲线

1—铝青铜 2—35钢 3—硬铝 4—15钢 5—纯铜

指试棒拉断后标距长度范围的伸长量 Δl 与标距间原始长度 L_0 比值的百分率。

$$\delta_s = \frac{\Delta l}{L_0} \times 100\% = \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100\%$$

δ_s 指试棒标距长度 L_0 为试棒直径 d_0 的5倍。

截面收缩率是试棒拉断处横截面积的减缩量 ΔF 与原始横截面积 F_0 比值的百分率。

$$\psi = \frac{\Delta F}{F_0} \times 100\% = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \times 100\%$$

材料的延伸率 δ 与截面收缩率 ψ 越大则塑性越好，也越有利于锻造、冲压、拉伸与轧制等变形加工。低碳钢的截面收缩率达60%，延伸率达35%，而灰铸铁的塑性几乎为零，因此只能铸造成形。

五、硬度

硬度是材料被更硬的物体压入时表现出的抵抗能力。压痕深度或压痕单位面积上所承受的载荷可作为衡量硬度的指标。广泛应用的有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种。

1.布氏硬度 用规定的载荷P把直径为D的淬硬钢球压入试样表面,如图1-5 (a)所示。保持一定时间再卸除载荷后,以压痕单位球面积上所承受的压力表示材料的硬度,用符号HB表示,习惯用单位为 $\text{kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$,但不需要标出。

$$\text{HB} = \frac{P}{F}$$

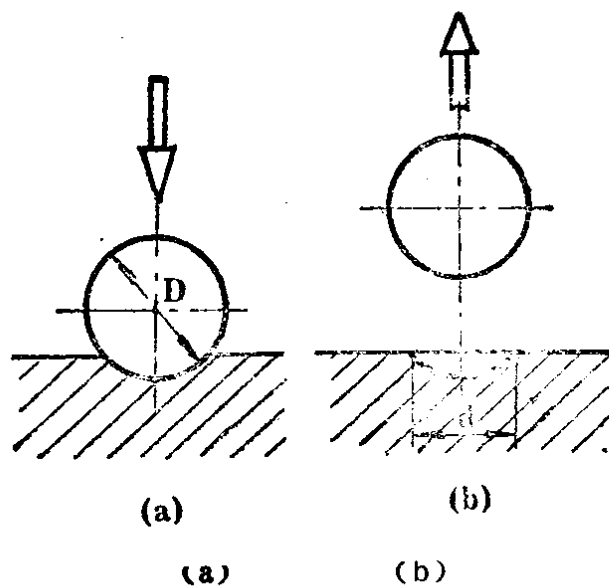


图1-5 布氏硬度的测试

式中 F 为压痕球面积。

应根据被测金属的种类、性质和厚度按标准选择钢球与载荷的规格。通常用读数放大镜测量压痕直径,从硬度换算表上可查得相应的硬度值。

布氏硬度的实质是代表材料对于局部表面产生塑性变形的抗力。它与抗拉强度 σ_b 的物理意义相同,都是表示材料塑性变形的抗力,在未淬硬钢的性能上两者存在一定的比例关系,经验数据如下:

$$\sigma_b \approx (3.4 \sim 3.6) \text{HB} \quad (\text{MPa})$$

布氏硬度的特点是:(1)压痕较大,硬度值较准确;(2)与抗拉强度之间有一定对应关系,硬度测定比拉伸试验要方便得多;(3)用淬硬钢球做压头,不宜测试太硬的材料,测试的硬度