



高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

工作过程导向型教材

机械材料成型技术

● 主 编 李 英



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

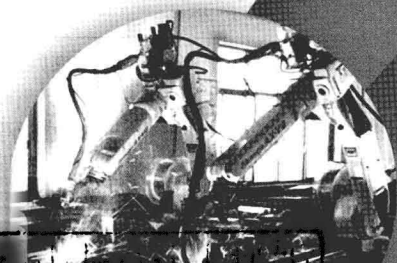


高等职业教育“十二五”规划教材
制造类专业基础平台课系列

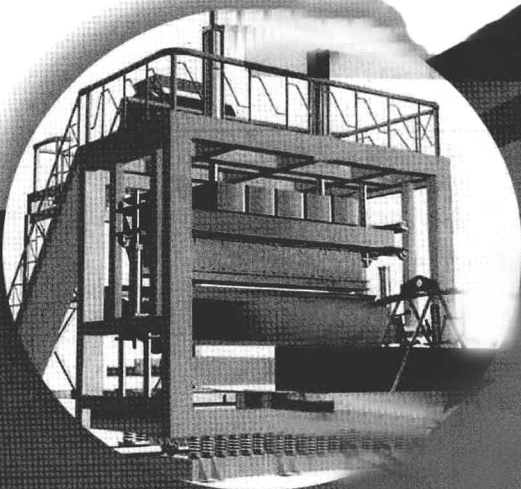
工作过程导向型教材

机械材料成型技术

● 主 编 李 英
主 审 蒋新革
副主编 蔡 恒 李先武
何冰强 董 伟
张菊红



常州大学图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械材料成型技术 / 李英主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.8

(高等职业教育 “十二五” 规划教材)

ISBN 978-7-303-13036-8

I. ①机… II. ①李… III. ①机械制造材料-成型 ②高等学校-教材 IV. ①TH14

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第 137713 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 北京市易丰印刷有限责任公司

经销: 全国新华书店

开本: 184 mm × 260 mm

印张: 23.25

字数: 480 千字

版次: 2011年 8月第 1 版

印次: 2011年 8月第 1 次印刷

定价: 39.50 元

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李菡

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的职业教育教学改革和教材建设做出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

前言

本书是依据教育部“新世纪高职高专机械基础课程教学内容体系改革、建设的研究与实践”研究成果中的教学基本要求，结合高职高专教学改革的实践经验编写的项目式教材，是高职高专教育机械类专业的通用教材。

本书主要内容以实际生产的模块、项目、工作任务的形式体现，具体四个模块包括机械成型材料的选择、机械零件的热加工成型、机械零件公差与配合的选择、机械零件的冷加工成型。

本书具有以下几个特点：

1. 全面贯彻最新国家标准。
2. 注重融入相关的职业资格标准。
3. 注重现场的实际工作情况，建立工程材料选择、热处理加工、材料成型工艺的完整格局。
4. 注重提高学生的实践知识及动手能力，理论知识以够用为原则，以培养生产第一线需要的高等技术应用型人才为目标。
5. 注重介绍新材料、新工艺、新技术，力争使我们的学生工作后能成为知识扎实、动手能力强、有所创新的受企业欢迎的新型人才。
6. 语言精练、图文并茂，形成强化应用的具有高职高专特点的新教材体系。

本书由广州铁路职业技术学院蒋新革担任主审，广州铁路职业技术学院李英担任主编，佛山职业技术学院蔡恒、广州铁路职业技术学院李先武、广东机电职业技术学院何冰强、广东技术师范学院天河学院董伟及广州铁路职业技术学院张菊红担任副主编。李英、李先武、茂湛铁路有限责任公司高级工程师茹正华负责编写模块1中的项目1、2，模块2；张菊红、佛山陶瓷机械有限公司的高级工程师王碧波董事长负责编写模块1中的项目3、4、5、6章；董伟负责编写模块3；蔡恒、何冰强负责编写模块4。参加本书编写的还有广东白云李龙根、商丘职业技术学院李新德、河南工程学院郝少祥、广州铁路职业技术学院学院的万学春、陈首元、周欢伟、周玉海、杨进、亓晓彬、广州南科铁路器材有限公司董事长蔡红星等。

本书编写过程中，得到各有关院校、科研单位和企业的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者时间仓促，书中缺点错误在所难免，诚请广大读者批评指正。

目 录

模块 1 机械成型材料的选择

项目 1 金属材料的力学性能测定	3
任务 1 金属材料强度指标和塑性指标的测定	3
任务 2 金属材料硬度指标的测定	7
任务 3 金属材料冲击韧性指标的测定	12
任务 4 金属材料疲劳强度指标的测定	14
项目 2 钢铁材料的选择	18
任务 1 铁碳合金材料的分类	18
任务 2 非合金钢的选择	27
任务 3 低合金钢的选择	33
任务 4 合金钢的选择	36
项目 3 机械零件材料热处理的选择	43
任务 1 钢的热处理分类	43
任务 2 钢的普通热处理	47
任务 3 钢的表面热处理	53
任务 4 热处理新技术	57
项目 4 铸铁的选择	60
任务 1 铸铁的分类	60
任务 2 灰铸铁的选择	63
任务 3 其他常用铸铁的选择	66
项目 5 非铁金属及粉末冶金的选择	73
任务 1 铝及铝合金材料的选择	73
任务 2 铜及铜合金材料的选择	78
任务 3 滑动轴承合金材料的选择	84
任务 4 钛及钛合金材料的选择	87

任务 5	镁及镁合金	90
任务 6	粉末冶金材料的选择	93
项目 6	非金属材料的选择及成型	97
任务 1	塑料制品的选择及成型	97
任务 2	橡胶制品的选择及成型	103
任务 3	陶瓷制品的成型	107
任务 4	常用复合材料的选择及成型	111
 模块 2 机械零件的热加工成型 		
项目 7	铸造成型	119
任务 1	砂型铸造	119
任务 2	确定铸件的结构工艺性	126
任务 3	离心铸造	130
任务 4	熔模铸造	132
任务 5	金属型铸造	134
任务 6	压力铸造	135
任务 7	消失模铸造	137
项目 8	压力加工成型	142
任务 1	压力加工成型方法的选择	142
任务 2	自由锻造成型	146
任务 3	模锻成型	153
任务 4	特种模锻成型	156
任务 5	冲压成型	161
项目 9	焊接成型及胶接成型	167
任务 1	焊条电弧焊成型	167
任务 2	其他常用的焊接成型	174
任务 3	焊接件变形及其质量控制	179
任务 4	常用金属材料的焊接成型	185
任务 5	胶接成型	188
项目 10	实际机械零件毛坯成型方法的选择	193
任务 1	零件毛坯类型及毛坯成型方法的选择	193
任务 2	齿轮零件毛坯成型方法的选择	197
任务 3	传动轴毛坯成型方法的选择	199
任务 4	液压缸毛坯成型方法的选择	201

模块3 机械零件公差与配合的选择

项目 11 机械零件配合公差的选择	205
任务 1 极限制与配合制的选择	205
任务 2 机械零件配合的选择	218
项目 12 机械零件形位公差与表面粗糙度的选择	227
任务 1 形位公差与误差的选择	227
任务 2 形位公差与尺寸公差的选择	241
任务 3 机械零件表面粗糙度的选择	249

模块4 机械零件的冷加工成型

项目 13 切削刀具	263
任务 1 刀具材料及其选用	263
任务 2 刀具几何角度及其确定	270
项目 14 机械零件加工工艺流程	280
任务 1 加工机床与工艺装备	280
任务 2 加工工艺流程制定	288
项目 15 机械零件加工质量分析	302
任务 1 机械加工误差及影响因素分析	302
任务 2 机械加工的表面质量分析	306
项目 16 圆柱形零件加工	309
任务 1 轴类零件加工工艺	309
任务 2 套筒类零件加工工艺	319
项目 17 盘形零件加工	330
任务 1 平面加工	330
任务 2 圆柱齿轮加工	333
项目 18 箱体形部件加工	338
任务 1 箱体类零件加工工艺	338
任务 2 综合加工实例	351

模块 1

机械成型材料的选择

任务1 金属材料强度指标和塑性指标的测定

实际生产产品

鸟巢一角，如图 1-1-1 所示。

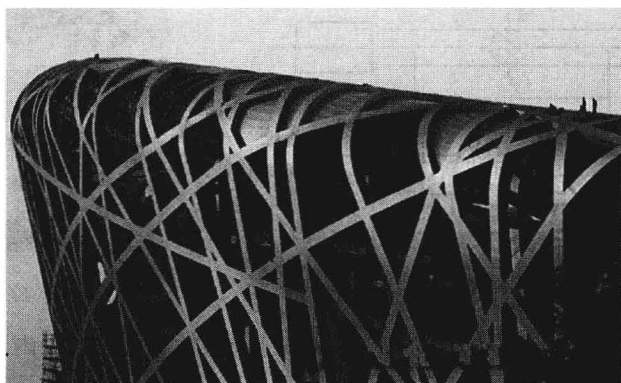


图 1-1-1 鸟巢一角

工作任务分析

机械零件的失效，机械设备的报废……我们常见的机械设备问题的存在和解决都和材料的力学性能有密切的关系。如何能让机械设备达到所要求的使用性能并保证其在使用期限内避免突然失效而产生一些灾难性后果，这是设计和使用时必须要考虑的问题。研究发现，解决这些问题的根源就在于掌握材料的力学性能。

知识背景

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中应具备的性能，它包括力学性能(强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度等)、物理性能(密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性等)和化学性能(耐蚀性、抗氧化性等)。工艺性能是金属材料从冶炼到成品的生产过程中，适应各种加工工艺(如：冶炼、铸造、冷热压力加工、焊接、切削加工、热处理等)应具备的性能。

金属材料的力学性能是指金属材料在载荷作用时所表现的性能。这些性能是材料选择、工艺评定及材料检验等的重要依据。



1. 拉伸试验

试验时,将标准试样(图 1-1-2)装在拉伸试验机(图 1-1-3)上,缓慢进行拉伸,使试样承受轴向拉力,直到拉断为止。试验机自动记录装置可将整个拉伸过程的拉伸力和伸长量描绘出来。这种在进行拉伸试验时,载荷 F (拉伸力)和试样伸长量 Δl 之间的关系曲线叫做力-伸长曲线。图 1-1-4 是低碳钢的力-伸长曲线,图中纵坐标表示力 F ,单位为 N ;横坐标表示绝对伸长 Δl ,单位为 mm 。图 1-1-4 中表现出四个变形阶段:

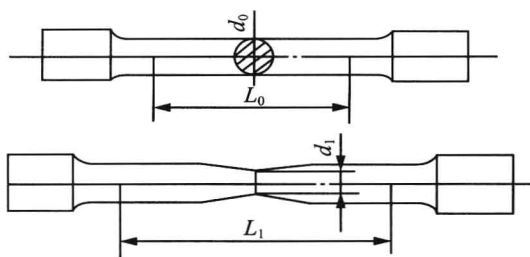


图 1-1-2 圆形拉伸试样图

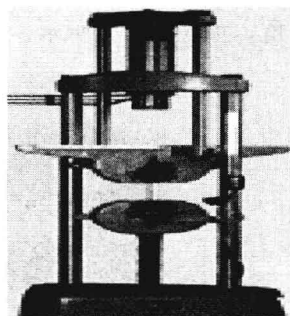


图 1-1-3 拉伸试验机

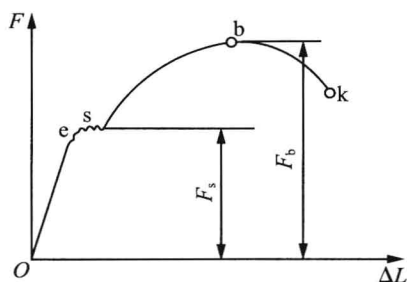


图 1-1-4 低碳钢力-伸长曲线

Oe : 弹性变形阶段。此阶段内试样变形完全是弹性的,卸载后试样即恢复原状。 F_e 是试样保持最大弹性变形的最大拉伸力。

es : 屈服阶段。当载荷超过 F_e 时,若卸载的话,试样的伸长只能部分地恢复,而保留一部分残余变形,即为塑性变形。当载荷增加到 F_s 时,图上出现平台或锯齿状,产生屈服现象。即在载荷不增加或略有减少的情况下,试样继续发生变形的现象叫做屈服。此时的载荷 F_s 称为屈服载荷。屈服后,材料将残留较大的塑性变形。

sb : 强化阶段。在屈服阶段以后,欲使试样继续伸长,必须不断加载。随着塑性变形增大,试样变形抗力也逐渐增加,这种现象称为形变强化(或称加工硬化)。 F_b 为拉伸试验时试样所能承受的最大载荷。

bk : 缩颈阶段(局部塑性变形阶段)。当载荷达到最大值 F_b 时,试样的直径发生局部收缩,称为缩颈。试样变形所需的载荷也随之降低,这时伸长主要集中于缩颈部位,直至断裂。

2. 强度

金属抵抗塑性变形或断裂的能力称为强度,强度大小通常用应力来表示。

根据载荷作用方式不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和

抗扭强度等。

金属材料抵抗拉伸载荷的强度指标一般有屈服强度(或规定残余延伸强度 $R_{p0.2}$)和抗拉强度 R_m 等。

(1) 屈服强度和规定残余延伸强度 $R_{p0.2}$

试样在试验过程中,力不增加(保持恒定)而试样仍能继续伸长(变形)时的现象称为屈服现象。当金属材料呈现屈服现象时,在试验期间达到塑性变形发生而力不增加的应力点,称为屈服强度。它分为上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} 。不同类型的曲线的上屈服强度 R_{eH} 和下屈服强度 R_{eL} 如图 1-1-5 所示。以下屈服强度为例其计算公式为

$$R_{eL} = F_{eL} / S_0 \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中, F_{eL} ——试样屈服时的载荷(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

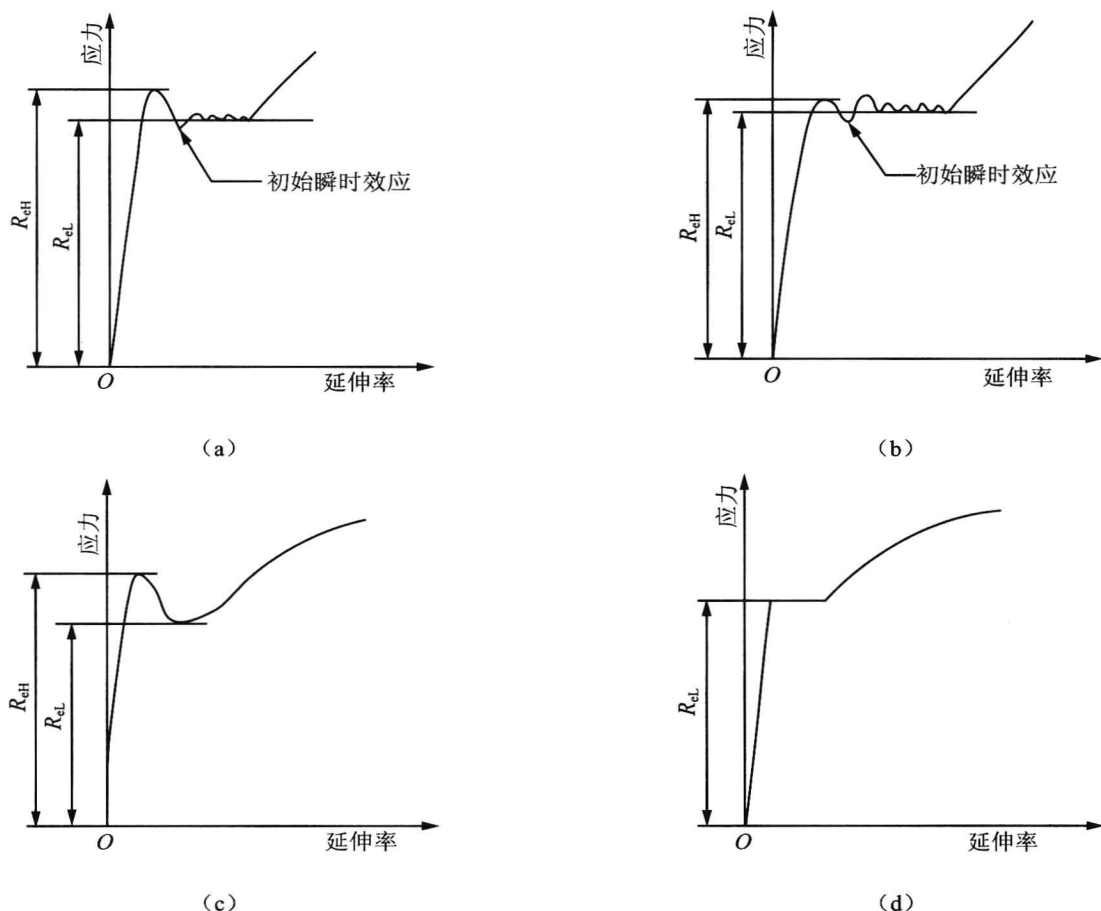


图 1-1-5 不同类型曲线的上屈服强度和下屈服强度

对于塑性很低的金属材料(如铸铁),不仅没有明显的屈服现象,而且也不产生缩颈。图 1-1-6 为铸铁的力-伸长曲线。

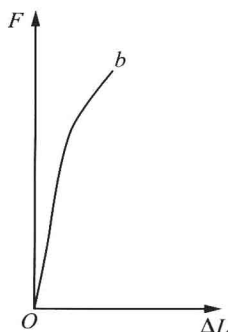


图 1-1-6 铸铁力-伸长曲线

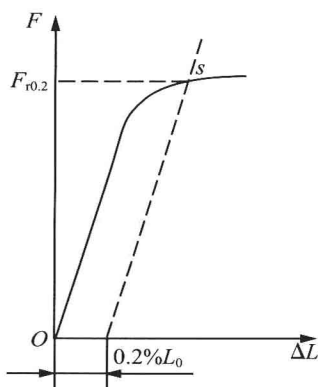


图 1-1-7 规定残余伸长应力示意图

无明显屈服现象的金属材料，一般测定其规定残余延伸强度 R_r ，如图 1-1-7 所示。规定残余伸长应力是指试样卸除拉伸力后，其标距部分的残余延伸达到规定原始标距百分比时的应力。表示此应力的符号，应附以下标说明所规定的百分率。例如 $R_{r0.2}$ 表示规定残余延伸率为 0.2% 时的应力。其计算公式为

$$R_{r0.2} = F_{r0.2} / S_0 \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中， $F_{r0.2}$ ——残余延伸率达 0.2% 时的载荷(N)；

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

(2) 抗拉强度 R_m

材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度。其计算公式为

$$R_m = F_m / S_0 \quad (\text{N/mm}^2)$$

式中， F_m ——试样承受的最大载荷(N)；

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

屈服强度是工程技术上极为重要的力学性能指标之一。因为工程中绝大部分结构件或零件在工作过程中不允许出现塑性变形。如内燃机车上的缸盖螺栓是不允许产生塑性变形的，否则后果将不堪设想。

抗拉强度表示材料在拉伸载荷作用下的最大均匀变形的抗力。也是机械零件设计和选材的主要依据之一。

3. 塑性

断裂前金属材料产生永久变形的能力称为塑性。常用拉伸试样断裂时的最大相对变形量来表示塑性指标。一般塑性衡量指标是指断后伸长率和断面收缩率，它们是通过拉伸试验测得的。

(1) 断后伸长率 A

试样拉断后，标距的伸长与原始标距的百分比称为断后伸长率。其计算公式为

$$A = (L_u - L_0) / L_0 \times 100\%$$

式中, L_u ——试样拉断后的标距(mm);

L_0 ——试样的原始标距(mm)。

注意: 在比较不同材料的伸长率时, 应采用同样尺寸规格的试样。

(2) 断面收缩率 Z

试样拉断后, 缩颈处截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比为断面收缩率。其计算公式为

$$Z = (S_0 - S_u) / S_0 \times 100\%$$

式中, S_0 ——试样的原始横截面积(mm^2);

S_u ——试样拉断处的最小横截面积(mm^2)。

断面收缩率 Z 的大小与试样尺寸因素无关。金属材料的伸长率 A 和断面收缩率 Z 数值越大, 表示材料的塑性越好, 不容易突然断裂。塑性好的金属可以通过压力加工、焊接等加工成型方法加工成复杂形状的零件。例如, 工业纯铁的 A 可达 50%, Z 可达 80%, 可以拉成细丝、轧薄板等。而白口铸铁的 A 和 Z 几乎为零, 不能进行塑性加工。



拓展知识

钢材的屈服点(屈服强度)与抗拉强度的比值, 称为屈强比。通常两者比值越高越好, 同时两者差别越大越好。屈强比越大, 结构零件的可靠性越高, 一般碳素钢屈强比为 0.6~0.65, 低合金结构钢为 0.65~0.75, 合金结构钢为 0.84~0.86。这是貌似矛盾的关系。因为抗拉强度决定钢材的断裂强度, 而屈服强度决定钢材发生塑性变形时需要的力。在结构件中, 我们当然希望屈服强度越高越好, 但是不能高到和抗拉强度一样, 否则钢材刚发生微小变形, 就发生了断裂, 这当然是不允许的。两者保持一定的差值, 可以保证我们有足够的时间去检修, 更换材料, 减少事故。

常用的钢铁材料在各种服役条件下断裂失效的表象实际是材料强度和塑性的一种外在表现。在一定服役条件下强度与塑性的适当配合可以得到一种最佳状态的失效形式和时机, 而这个最佳的失效形式和时机所要求的强度、塑性的配合随服役条件的改变而向一定的方向改变。这些变异的规律指出了一个在保证安全的条件下充分发挥材料强度潜力以达到提高材料承载能力和延长使用寿命的途径。这就是我们通常所说的材料的最优设计, 或者通俗的理解为材料性能的最佳性利用。

任务2 金属材料硬度指标的测定



实际生产产品

镶嵌了金刚石的钻头, 如图 1-1-8 所示。

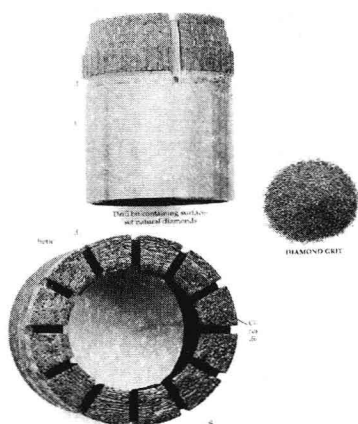


图 1-1-8 金刚石钻头

工作任务分析

机械制造业使用的刀具、量具、模具等，都应具备足够的硬度，才能保证其使用性能和寿命。有些机械零件如齿轮等，也要求有一定的硬度，以保证足够的耐磨性和使用寿命。因此硬度是金属材料重要的力学性能之一。

知识背景

硬度是材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。不同的材料有不同的硬度。在机械加工中，材料的硬度会直接影响机械加工的工艺性能、机械零件的使用性能等。

材料的硬度是通过试验测得的。硬度试验设备简单，操作方便、迅速，损伤很小(属无损检验)，可直接在成品或半成品上进行试验而不损坏被测物件，并且还可以根据硬度值估计出材料近似的强度和耐磨性。常将硬度作为技术条件标注在零件图样或写在工艺文件中。硬度试验的方法很多，有压入硬度试验法(如布氏硬度、洛氏硬度等)；划痕硬度试验法(莫氏硬度)；回跳硬度试验法(肖氏硬度)等，生产中常用的是压入硬度试验法。

相关知识

1. 布氏硬度

GB231—84 规定：布氏硬度试验是用一定直径钢球或硬质合金球，以相应的试验力 F 压入试样表面，经规定保持时间后，卸除试验力，用测量表面压痕直径 d 来计算硬度的一种压痕硬度试验。图 1-1-9 为布氏硬度的试验原理示意图及布氏硬度计。

在实际应用中，布氏硬度一般不用计算，而是用专用的刻度放大镜量出压痕直径 d ，根据压痕直径的大小，再从专门的硬度表中查出相应的布氏硬度值。

一般规定布氏硬度值在小于 450 时用淬火钢球压头，硬度值以 HBS 表示；当布氏硬度值不小于 450 时，选用硬质合金压头，以 HBW 表示。

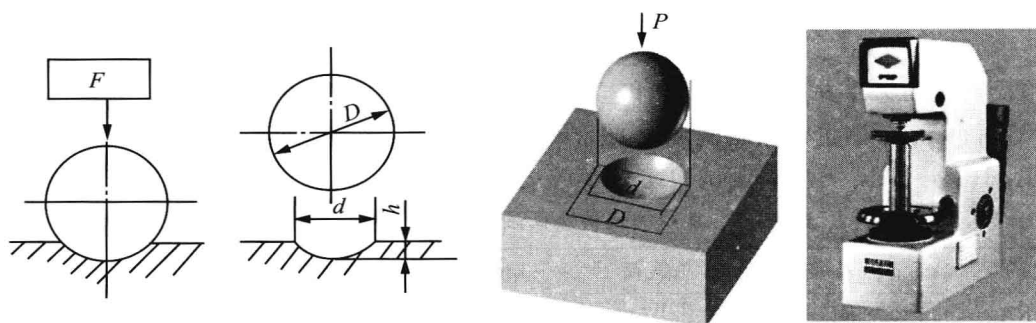


图 1-1-9 布氏硬度的试验原理示意图及布氏硬度计

布氏硬度的表示方法规定：符号 HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值，符号后面按球体直径、试验力保持时间(10~15s 不标注)的顺序用数值表示试验条件。例如：

120HBS10/1000/30 表示用直径 10mm 钢球在 9.807kN 试验力作用下保持 30s 测得的布氏硬度值为 120。

500HBW5/750 表示用 5mm 直径硬质合金球在 7.355kN 试验力作用下保持 10~15s 测得的布氏硬度值为 500。

注意：当试验条件允许时，应尽量选用直径为 10mm 球。

布氏硬度的特点是试验时金属材料表面压痕大，能在较大范围内反映材料的平均硬度，测得的硬度值也较准确，数据重复性强。布氏硬度测量法适用于铸铁、非铁合金、各种退火及调质的钢材。但由于有压头、压痕的存在，故布氏硬度测试法不宜测定太硬、太小、太薄和表面不允许有较大压痕的试样或工件。

2. 洛氏硬度

GB230—91 规定：洛氏硬度试验是在初始试验力 F_0 及总试验力 $F_0 + F_1$ 先后作用下，将压头(金刚石圆锥体或钢球)压入试样表面，经规定保持时间后卸除主试验力 F_1 ，用测量的残余压痕深度增量计算硬度。图 1-1-10 为用金刚石圆锥体压头进行洛氏硬度试验原理示意图及洛氏硬度计。

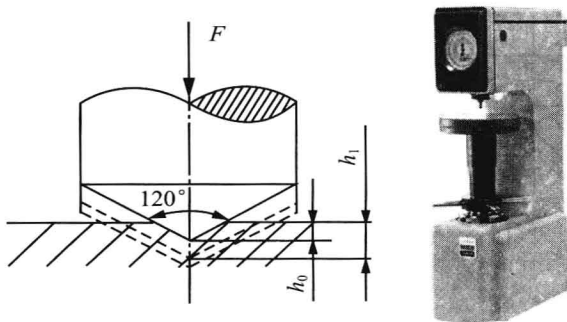


图 1-1-10 洛氏硬度试验原理示意图及洛氏硬度计