



普通高等教育“十二五”规划教材
机电系列

机械制造基础



主 编 李羊林 吴明明



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

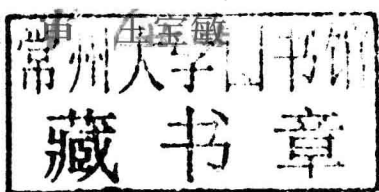
机电系列

机械制造基础

主 编 李羊林 吴明明

副主编 王 超 张晶辉

主 审 王宝敏



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍材料学、金属热处理、金属热加工、金属切削加工、主要机加工设备及工艺等内容,全书采用“任务驱动式方式编写,共分31个任务,每个任务由【任务目的】、【任务引入】、【相关知识及任务实施】等几部分组成。

本书适宜应用性本科、高职高专院校机械类及近机械类专业作为教材使用,也可供从事相关工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/李羊林,吴明明主编. —上海:上海交通大学出版社,2012

ISBN 978-7-313-08551-1

I. ①机… II. ①李… ②吴… III. ①机械制造—高等职业教育—教材
IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第106380号

机械制造基础

李羊林 吴明明主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路951号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

北京市龙展印刷有限责任公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.5 字数:312千字

2012年7月第1版 2015年5月第2次印刷

印数:3030~6030

ISBN 978-7-313-08551-1/TH 定价:29.80元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:010-88774639

前 言

本书是根据普通高等教育“十一五”规划教材修订后之成果,也是针对近来教学改革与创新要求的项目化教材。

目前,项目化教学是高职高专教学改革的不深化的结果,编写相应教材符合高职高专教育特色要求,是促进高职高专教学改革、培养适应形势要求的高等技术应用性专门人才的一项重要工作。鉴于高职高专教育人才的培养模式和教学内容体系改革对项目化的要求,在近几年高职高专教学实践中成功经验的基础上,本着高职高专基础课程教材要体现以讲清概念、强化应用为教学目的的宗旨,对传统的“工程材料”、“热处理工艺”、“热加工工艺”、“加工工艺规程”、“机械加工工艺基础”等课程内容,进行分析取舍、结构优化,以项目任务为形式,将机械制造过程中相关基础知识转化为学生易接收的课程任务,同时淘汰旧的不适合的内容,加入了现代制造体系中的“特种加工技术”和“数控制造技术”等的相关内容,形成了合理的教学内容体系。目前的“机械制造基础”教材,各章既有相对独立性,又紧密联系、互相渗透,融为一体。

本书共10项课题,31项任务,教师选用时可适当根据相关要求进进行取舍。本书内容丰富、适应性强。可供高职高专机械类或机电类各专业使用,也可作为相关工程技术人员参考读物。

本书由李羊林、吴明明主编,王宝敏主审,王超、张晶辉任副主编,全书由李羊林统稿。本书在出版过程中得到了泰州职业技术学院、安徽三联学院、无锡商业职业学院、西安航空职业技术学院自动化工程学院、山西职业技术学院等院校领导和老师的无私帮助及大力支持,谨在此表示感谢!

项目化教材是目前课程实践的一个创新,由于编者的水平有限,可能需要进一步完善与补充,请有关专家、同行、读者不吝赐教。

编 者

2012年4月

目 录

课题 1 金属材料	(1)
任务 1.1 理解金属材料的力学性能	(1)
1.1.1 强度、刚度与塑性	(1)
1.1.2 硬度	(4)
1.1.3 冲击韧性	(5)
1.1.4 疲劳强度	(6)
任务 1.2 掌握常用金属材料的特点及选用	(7)
1.2.1 常用钢材料的分类	(7)
1.2.2 铸铁	(9)
1.2.3 非铁合金	(10)
课题 2 金属的热处理	(14)
任务 2.1 理解金属及合金的晶体结构与结晶	(14)
2.1.1 金属的结晶	(14)
2.1.2 金属的同素异构转变	(15)
2.1.3 合金的结构	(16)
任务 2.2 理解铁碳合金相图	(17)
2.2.1 铁碳合金	(17)
2.2.2 铁碳合金状态图	(18)
任务 2.3 掌握钢的热处理工艺	(19)
2.3.1 钢的热处理概述	(19)
2.3.2 普通热处理	(20)
2.3.3 表面热处理	(23)
课题 3 非金属材料与新型材料	(25)
任务 3.1 熟悉常用非金属材料的性能及用途	(25)
3.1.1 高分子材料	(25)
3.1.2 陶瓷材料	(27)
3.1.3 复合材料	(27)
任务 3.2 了解新型材料的基本性质	(28)
3.2.1 纳米材料	(28)
3.2.2 智能材料	(29)
3.2.3 超导材料	(30)



3.2.4 非晶态金属	(30)
3.2.5 光纤	(30)
课题4 金属的热加工基础	(32)
任务4.1 理解铸造的基本原理、方式及种类	(32)
4.1.1 铸造概述	(32)
4.1.2 砂型铸造	(33)
4.1.3 特种铸造	(38)
任务4.2 理解锻压的基本原理、内容及种类	(40)
4.2.1 锻压成形基础知识	(41)
4.2.2 自由锻造	(42)
4.2.3 板料冲压	(45)
任务4.3 理解焊接的基本原理、过程及种类	(46)
4.3.1 电弧焊焊接基础	(47)
4.3.2 电弧焊的焊接过程	(49)
4.3.3 常见焊接方法	(51)
任务4.4 了解零件毛坯的成形方法和选择原则	(54)
4.4.1 毛坯制造方法及选择原则	(54)
4.4.2 典型零件的毛坯选择	(55)
课题5 金属切削加工概述	(57)
任务5.1 掌握切削加工的切削运动与切削要素	(57)
5.1.1 零件表面的形成及切削运动	(57)
5.1.2 切削用量	(58)
任务5.2 掌握切削机床的分类及型号编制	(59)
5.2.1 机床的分类	(59)
5.2.2 通用机床型号的编制	(60)
任务5.3 理解切削机床的刀具角度和夹具基础	(62)
5.3.1 刀具角度	(62)
5.3.2 刀具材料	(66)
5.3.3 夹具基础	(68)
任务5.4 掌握金属切削过程的规律及应用	(71)
5.4.1 切削层的变形	(71)
5.4.2 切削力	(74)
5.4.3 切削热与切削温度	(76)
5.4.4 刀具磨损与刀具耐用度	(77)
课题6 常见加工方法与装备	(81)
任务6.1 掌握车削加工与车床的基本知识	(81)
6.1.1 车削加工概述	(81)



6.1.2 车床	(82)
6.1.3 车床附件	(85)
6.1.4 车刀	(88)
任务 6.2 掌握铣削加工与铣床的基本知识	(89)
6.2.1 铣削加工概述	(89)
6.2.2 铣床	(93)
6.2.3 铣刀	(95)
任务 6.3 理解钻削与镗削的工艺特点	(98)
6.3.1 钻削	(99)
6.3.2 镗削	(102)
任务 6.4 理解磨削加工的工艺特点及应用	(106)
6.4.1 磨削加工概述	(106)
6.4.2 磨床	(106)
6.4.3 砂轮	(111)
任务 6.5 了解数控机床及数控机床刀具、夹具的特点	(115)
6.5.1 数控机床	(115)
6.5.2 数控机床的刀具与夹具概述	(117)
课题 7 其他加工方法	(118)
任务 7.1 了解精密加工的特点与方法	(118)
7.1.1 精密与超精密加工范畴及特点	(118)
7.1.2 精密与超精密加工方法	(121)
任务 7.2 了解特种加工技术的原理与方法	(125)
7.2.1 电火花加工	(125)
7.2.2 电解加工	(126)
7.2.3 超声加工	(129)
7.2.4 高能束加工简介	(130)
课题 8 机械加工工艺规程制定	(134)
任务 8.1 理解机械加工工艺过程中的基本概念	(134)
8.1.1 生产过程和工艺过程	(134)
8.1.2 生产纲领和生产类型	(136)
8.1.3 机械加工工艺规程	(138)
任务 8.2 掌握机械加工工艺规程设计的方法与步骤	(141)
8.2.1 零件图审查	(142)
8.2.2 毛坯的选择	(142)
8.2.3 定位基准的选择	(144)
8.2.4 工艺路线的拟定	(147)
8.2.5 加工余量的确定	(149)
8.2.6 工序尺寸及其公差的确定	(151)



8.2.7 机械加工生产率和技术经济分析	(153)
任务 8.3 理解数控加工工艺特点	(158)
8.3.1 数控加工工艺一般过程	(159)
8.3.2 数控加工内容的选择	(159)
8.3.3 数控加工要求分析	(159)
8.3.4 选用数控机床	(161)
8.3.5 数控加工方案	(162)
8.3.6 加工程序编写与校验	(163)
8.3.7 数控加工技术文件归档	(164)
任务 8.4 了解装配工艺规程设计	(165)
8.4.1 制定装配工艺规程的原则	(165)
8.4.2 制定装配工艺规程的方法和步骤	(165)
课题 9 典型零件的加工	(169)
任务 9.1 掌握轴类零件的加工要求与过程	(169)
9.1.1 概述	(169)
9.1.2 主轴的机械加工工艺过程	(171)
任务 9.2 理解套筒类零件的加工	(174)
9.2.1 概述	(174)
9.2.2 套筒类零件机械加工的主要工艺问题	(176)
9.2.3 内孔的加工方法	(177)
任务 9.3 理解箱体类零件的加工	(178)
9.3.1 概述	(178)
9.3.2 箱体结构工艺性	(179)
9.3.3 箱体机械加工工艺过程及工艺分析	(180)
9.3.4 箱体平面的加工方法	(180)
9.3.5 箱体孔系的加工方法	(181)
课题 10 机械加工精度及加工表面质量简介	(185)
任务 10.1 了解影响机械加工精度的因素	(185)
10.1.1 工艺系统的几何误差对加工精度的影响	(185)
10.1.2 工艺系统受力变形产生的误差	(189)
10.1.3 工艺系统受热变形产生的误差	(192)
10.1.4 加工误差的综合分析	(195)
任务 10.2 理解影响机械加工表面质量因素	(201)
10.2.1 影响零件表面粗糙度的因素	(201)
10.2.2 影响零件表面层物理力学性能的因素	(203)
参考文献	(206)

课题1 金属材料

【学习目标】

- (1) 理解金属材料的常见力学性能指标。
- (2) 理解常见金属材料的分类、特点。
- (3) 掌握常见金属材料的主要应用。

任务1.1 理解金属材料的力学性能

【任务目的】

通过本任务的学习，要求理解金属材料的几项重要的力学性能指标，如强度、硬度、冲击韧性和疲劳强度等，为后续机械零件的设计和选材提供必备的力学性能依据。

【任务引入】

金属材料在加工和使用过程中都要承受不同形式外力的作用，当外力达到或超过某一限度时，材料就会发生变形，以至发生破坏。材料在外力作用下所表现的一些性能（如强度、刚度、韧性等），称为材料的力学性能。材料的力学性能，不仅是设计零件、选择材料的重要依据，而且也是材料能否正确和合适使用的重要依据之一。对产品的生产来说，金属材料的力学性能还是改进工艺、控制产品质量的重要参数之一。

本任务主要包括：强度刚度与塑性 硬度 冲击韧性 疲劳强度

【相关知识及任务实施】

1.1.1 强度、刚度与塑性

1.1.1.1 强度

金属材料在载荷的作用下抵抗弹性变形、塑性变形和断裂与破坏的能力称为强度。

根据载荷的不同作用方式，强度可分为屈服强度、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。各种强度之间有一定的关系，通过拉伸试验可测定相关材料强度指标。

按国标（GB/T6397—1986）规定将被测金属材料制成一定形状和尺寸的拉伸试样。常用试样的截面为圆形。图1-1所示为标准拉伸试样，其中 d_0 为试样的原始直径（mm）。 l_0 为试样的原始长度（mm）。拉伸试样一般还分为长试样（ $l_0=10d_0$ ）和短试样（ $l_0=5d_0$ ）两种。

试验时, 在拉伸试验机上缓慢增加载荷, 随着载荷的不断增大, 试样的伸长量也逐渐增加, 记录拉伸试验过程中的载荷大小和对应的伸长量关系, 直至试样被拉断为止, 便可获得如图 1-2 所示的载荷与变形量之间的关系曲线, 即拉伸曲线。

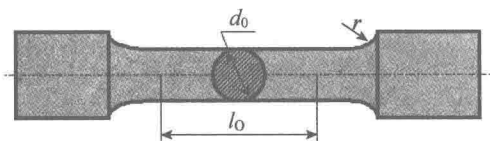


图 1-1 标准拉伸试样

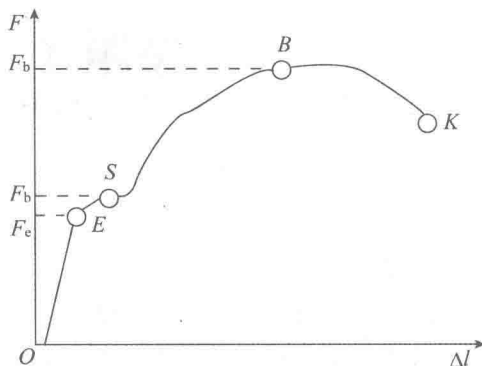


图 1-2 低碳钢拉伸曲线

如图 1-2 所示, 当载荷 F 为零时, 伸长量也为零。当载荷逐渐由零加大到 F_e 时。试样的伸长量与载荷成比例增加。此时卸除载荷。试样能完全恢复到原来的形状和尺寸, 即试样处于弹性变形阶段。

当载荷超过 F_e 时。试样除产生弹性变形外, 还开始出现塑性变形 (或称永久变形), 即卸除载荷后, 试样不能恢复到原来的形状和尺寸。

当载荷加到 F_s 时。在曲线上开始出现水平线段, 即表示载荷不增加, 试样却继续伸长。这种现象称为屈服现象。S 点称作屈服点。

载荷超过 F_s 后, 试样的伸长量又随载荷的增加而增大。此时试样已产生大量的塑性变形。当载荷继续增加到某一最大值 F_b 时, 试样的局部直径变小, 通常称为“缩颈”现象。当到达 K 点时, 试样就在缩颈处被拉断。

无论何种材料, 其内部原子之间都具有平衡的原子力相互作用, 以使其保持固定的形状。材料在外力作用下, 其内部会产生相应的作用力以抵抗变形, 此力的大小和外力相等, 方向相反。这种作用力称为内力。材料单位截面上承受的内力称为应力, 用 σ 表示。

金属材料的强度是用应力来表示的, 即

$$\sigma = F/S_0$$

式中: σ ——应力, Mpa;

F ——载荷, N;

S_0 ——试样的原始截面面积, mm^2 。

常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。

1) 屈服强度

试样屈服时的应力为材料的屈服点, 称为屈服强度, 用 σ_s 表示。 σ_s 表示金属抵抗微小量塑性变形的能力, 即

$$\sigma_s = F_s/S_0$$

式中: σ_s ——屈服强度, Mpa;



F_s ——屈服时载荷, N;

S_0 ——试样的原始截面面积, mm^2 。

有些金属材料,如铸铁、高碳钢等拉伸曲线不出现平台,即没有明显的屈服现象,因此工程上规定以试样发生某一微量塑性变形(0.2%)时的应力作为该材料的屈服强度,称为材料的条件屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

2) 抗拉强度

抗拉强度是指试样在拉断前所承受的最大拉应力,用 σ_b 表示。

$$\sigma_b = F_b / S_0$$

式中: σ_b ——抗拉强度, Mpa;

F_b ——试样断裂前最大载荷, N;

S_0 ——试样的原始截面面积, mm^2 。

σ_b 代表金属材料抵抗大量塑性变形的能力,也是零件设计的主要依据之一。

1.1.1.2 刚度

材料受力时抵抗弹性变形的能力称为刚度,它表示一定形状、尺寸的材料产生某种弹性变形的难易程度,通常用弹性模量 E (单向拉伸或压缩时)或切变模量 G (剪切或扭转时)来评价。

弹性模量 E (或切变模量 G)可理解为在弹性范围内应力与应变的比值。其值越大,材料的刚度越大,即具有特定外形尺寸的零件或构件保持其原有形状或尺寸的能力也越大,就是说弹性变形越不容易进行。弹性模量的大小主要取决于金属的本性(晶格类型和原子结构),而与金属的显微组织关系不大。温度的变化会影响弹性模量,温度升高,弹性模量减小,金属的合金化、热处理、冷变形等对它的影响很小。基体金属一经确定,其弹性模量值就基本确定了。在材料不变的情况下,只有改变零件的截面尺寸或结构,才能改变它的刚度。

常见金属的弹性模量如表 1-1 所示。

表 1-1 常见金属的弹性模量

金 属	弹性模量 E/MPa	切变模量 G/MPa
铁 (Fe)	214000	84000
镍 (Ni)	210000	84000
钛 (Ti)	118010	44670
铝 (Al)	72000	27000
铜 (Cu)	132400	49270
镁 (Mg)	45000	18000

1.1.1.3 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下产生永久变形而不被破坏的能力。

金属材料在断裂前的塑性变形越大,表示材料的塑性越好;反之,则表示材料的塑性越差。衡量塑性的指标主要有断后延伸率和断面收缩率。

1) 断后延伸率

试样通过拉伸试验断裂时,总的伸长量和原始长度比值的百分率称为断后延伸率,用符



号 δ 表示, 即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中: l_0 ——试样原始标距长度, mm;

l_1 ——试样拉断后对接的标距长度, mm。

断后延伸率的数值与试样的长度有关。长试样的断后延伸率用符号 δ_{10} 表示, 短试样的断后延伸率用符号 δ_5 表示。同一种材料的 δ_5 大于 δ_{10} , 所以相同符号的断后延伸率才能进行比较。

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 Ψ 表示:

$$\Psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中: S_0 ——试样原始横截面积, mm^2 ;

S_1 ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积, mm^2 。

断面收缩率不受试样尺寸的影响, 比较确切地反映了材料的塑性。

1.1.2 硬度

硬度是指金属材料抵抗更硬物体压入的能力。它是衡量材料软硬程度的指标, 它表征了材料抵抗表面局部弹性变形、塑性变形及破坏的能力。材料的硬度高, 其耐磨性就好。

根据测定硬度方法的不同, 可用布氏硬度 (HB)、洛氏硬度 (HR) 和维氏硬度 (HV) 等多种硬度指标来表示材料的硬度, 工业生产中常用布氏硬度和洛氏硬度。

1) 布氏硬度 (HB)

布氏硬度试验是用一定直径的钢球或硬质合金球, 以相应的试验压力压入试样表面, 经规定的保持时间后, 卸除试验力, 测量试样表面的压痕直径。之后将测得的参数代入计算公式, 即可得到布氏硬度的值。

根据金属材料的种类、试样硬度范围和厚度的不同, 按照表 1-2 的规范选择试验压头直径、试验力及保持时间。

表 1-2 布氏硬度试验规范

材料	硬度 HBS	试样厚度/mm	F/D^2	D/mm	F/N	载荷保持时间/s
钢铁材料	140~450	6~3	30	10	29400	10
		4~2		5	7350	
		<2		2.5	1837.5	
	<140	>6	10	10	9800	10
		6~3		5	2450	
		<3		2.5	612.5	
铜合金及 镁合金	36~130	>6	10	10	9800	30
		6~3		5	2450	
		<3		2.5	612.5	



(续表)

材料	硬度 HBS	试样厚度/mm	F/D^2	D/mm	F/N	载荷保持时间/s
铝合金及轴承合金	8~35	>6	10	10	2450	60
		6~3		5	612.5	
		<3		2.5	152.88	

用淬火钢球压头时,用 HBS 表示,适用于硬度小于 450HBS 的退火钢、灰铸铁、非铁金属等。用硬质合金球压头时,用 HBW 表示,适用于硬度小于 650HBW 的淬火钢。

布氏硬度试验测量压痕面积较大,受测量不均匀度影响较小。故测量误差小,结果较准确,但由于测试繁琐,不宜用于大批量的生产检验。

2) 洛氏硬度 (HR)

洛氏硬度是在初始试验力及总试验力的先后作用下,将压头(顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬硬钢球)压入试样表面,经规定保持时间后,卸除主试验力,由测量原残余压痕深度增量计算硬度值。

洛氏硬度用符号 HR 表示,如 70HRA,HR 前面为硬度数值,HR 后面为使用的标尺类型。根据被测材料的硬度和厚度等条件的不同,可选用不同的试验载荷和压头类型而得到 15 种不同的洛氏硬度的标尺。每一种标尺用一个规定的字母附在洛氏硬度符号后面加以注明,我国常用的是 HRA、HRB、HRC 三种,其试验条件及应用范围如表 1-3 所示。

表 1-3 常用的三种洛氏硬度的实验条件及应用范围

硬度符号	压头类型	总载荷 F/N	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120° 金刚石圆锥体	588	70~85	硬质合金、表面淬火钢、渗碳钢等
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 钢球	980	25~100	有色金属、退火钢、正火钢等
HRC	120° 金刚石圆锥体	1471	20~67	淬火钢、调质钢等

洛氏硬度测试操作简便迅速,可直接从洛氏硬度试验计的刻盘上读出硬度值,压痕小,在批量的成品或半成品质量检验中广泛使用。但由于压痕过小,测量误差较大,代表性、重复性差,分散度也大。

3) 维氏硬度 (HV)

维氏硬度的测量原理基本与布氏硬度相同,不同的是所加载荷较小,压头是顶角为 136° 的正四棱锥金刚石压头,在被测材料的表面得到的是四方锥形压痕。

维氏硬度测量的精度高,测量范围广(最高可达 1300HV),应用广泛,特别适用于工件的硬化层及薄片、小件产品。但由于操作复杂,不宜用于大量检测;由于压痕很小,测量重复性差,分散度大。

1.1.3 冲击韧性

上述强度、塑性、硬度都是在静载荷作用下测量的静态力学性能指标。在实际生产中,

许多零件是在冲击载荷作用下工作的，如冲床的冲头、锻锤的锤杆、风动工具等。对这类零件，不仅要满足在静载荷作用下的强度、塑性、硬度等性能要求，还应具有足够的韧性。

韧性是指材料在塑性变形和断裂过程中吸收能量的能力。韧性好的材料在使用过程中不至于发生突然的脆性断裂，从而保证零件的工作安全性。材料韧性除取决于材料的本身因素以外，还和外界条件，特别是加载速率、应力状态及温度、介质的影响有很大的关系。材料韧性的变化在静实验载荷的作用下反应不敏感。

金属材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力叫做冲击韧性。为了评定金属材料的冲击韧性，需进行冲击实验。最常见的冲击实验法（夏比冲击实验）是常温下的一次冲击弯曲实验，如图 1-3 所示。

将一定形状和尺寸的标准试样放在冲击实验机的支座上，试样的缺口背向摆锤冲击方向，然后将事先调整到规定高度 h_1 、质量为 m 的摆锤释放，利用其冲击载荷将试样冲断。摆锤一次冲断试样所消耗的能量用符号 A_k 表示，

$$A_k = mgh_1 - mgh_2 = mg(h_1 - h_2)$$

式中： A_k 称为冲击吸收功，单位为 J，其值可从冲击实验机刻度盘上直接读出。

把冲击吸收功 A_k 除以试样缺口横截面积 S_0 所得的值 a_k 称为材料的冲击韧度： $a_k = A_k/S_0$ 。

对一般常用钢材来说，所测冲击吸收功 A_k 越大，材料的韧性越好。但由于测出的冲击吸收功 A_k 的组成比较复杂，所以有时测得的值 A_k 及计算出的冲击韧度 a_k 不能真正反映材料的韧脆性质。

冲击吸收功与温度有关，由图 1-4 可知， A_k 值随温度降低而减小。在不同温度的冲击实验中，冲击吸收功急剧变化或断口韧性急剧转变的温度区域称为韧脆转变温度。韧脆转变温度越低，材料的低温抗冲击性能越好。选择金属材料时，应使该材料的韧脆转变温度低于其环境的最低温度。

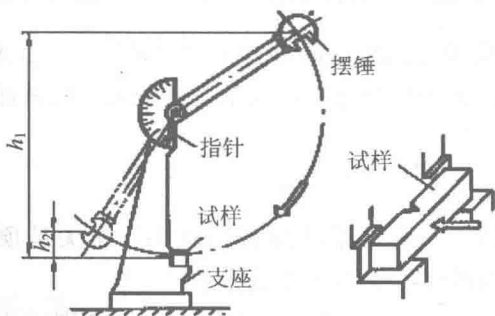


图 1-3 夏比冲击实验原理图

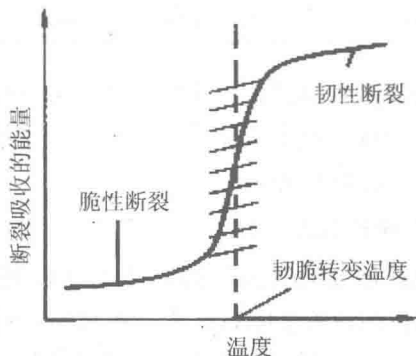


图 1-4 钢的韧脆转变温度

1.1.4 疲劳强度

疲劳强度是指材料经无数次的应力循环仍不断裂的最大应力，用以表征材料抵抗疲劳断



裂的能力。

测试材料的疲劳强度,最简单的方法是旋转变曲疲劳试验。试验测得的材料所受循环应力 σ 与其断裂前的应力循环次数 N 的关系曲线称为疲劳曲线;如图1-5所示。由图中可以看出,循环应力越小,则材料断裂前所承受的循环次数越多。当应力降低到某一值时,曲线趋于水平,即表示在该应力作用下,材料经无数次的应力作用达到某一基数而不断时,其最大应力就作为该材料的疲劳极限。一般钢铁材料的循环基数取 10^7 次。

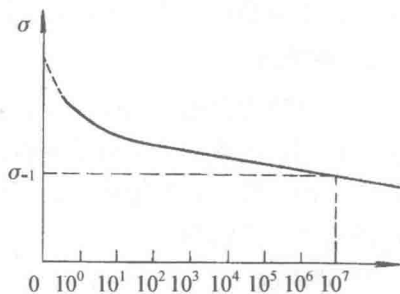


图1-5 疲劳曲线示意图

任务1.2 掌握常用金属材料的特点及选用

【任务目的】

通过本任务的学习,掌握常用钢的分类,理解铸铁的种类及特性,了解其他常用的非铁合金的种类及用途。

【任务引入】

常用的金属材料主要指碳钢(非合金钢)、合金钢、铸铁、有色金属等,它们具有优良的性能,是工业领域的主要材料。只有了解每种材料的性能特点才能做到正确、合理的选材。

本任务主要包括:常用钢材料的分类 铸铁 非铁合金

【相关知识及任务实施】

1.2.1 常用钢材料的分类

国家标准 GB/T13304—91《钢分类》比较系统、详细地规定了钢的分类及表示方法。按照用途来分,钢材料可以分为结构钢、工具钢和特殊性能钢等。

1.2.1.1 结构钢

结构钢是品种最多、用途最广、使用量最大的一类钢。凡用于各种机器零件及各种工程结构(屋架、桥梁、井架、车辆构架等)的钢都称为结构钢。

1) 一般工程结构钢

(1) 碳素结构钢。碳素结构钢的磷、硫含量较高,多用于工程结构(轧制钢板,制造型材,工字钢,钢筋等),少部分用于机械零件。碳素结构钢一般在正火状态下使用,必要时可进行锻造、焊接等热加工,亦可通过热处理调整其力学性能。

(2) 优质碳素结构钢。这类钢的磷、硫含量较低,广泛用于较重要的机械零件。优质碳素结构钢(如20, 30, 45, 50等)使用前一般都要进行热处理。

(3) 低合金结构钢。低合金结构钢是在低碳钢的基础上加入少量合金元素(合金元素总质量分数一般在3%以下)而得到的。主要用于制造桥梁、船舶、高压容器、输油输气管道、大型钢结构等。具有高的强度、足够的塑性和韧性以及良好的焊接性能。低合金结构钢



一般含碳量不超过 0.2%，并加入以锰为主的合金元素。

2) 渗碳钢

渗碳钢通常是指经渗碳淬火、低温回火后使用的钢。一般使用低碳的优质碳素结构钢和合金结构钢。渗碳钢主要用于制造高耐磨性，并承受动载荷的零件，如汽车、拖拉机中的变速齿轮，内燃机上的凸轮轴、活塞销等机器零件。渗碳钢具有高硬度、高韧性、高强度和良好的热处理工艺性能。

3) 调质钢

调质钢通常是指经调质处理后使用的钢，具有优良的综合力学性能。主要用于制造汽车、拖拉机、机床和其他机器上各种重要零件（如齿轮、轴类件、连杆、高强度螺栓等）。

常用调质钢分为碳素调质钢和合金调质钢。碳素调质钢有 35，40，45 钢和 40Mn，50Mn 等，其中以 45 钢应用最广。合金调质钢有 40MnB，40MnVB，35CrMo 及 40CrNiMoA 等。

4) 弹簧钢

弹簧钢是专用结构钢，主要制造各种弹簧和弹性元件。弹簧是机器和仪表中的重要零件，主要在冲击、振动、周期性扭转、弯曲等变化应力下工作。弹簧钢具有高的弹性极限 σ_e 。高的屈服比 σ_s/σ_b 、高的疲劳极限 σ_{-1} ，足够的塑性和韧性。弹簧钢分为碳素弹簧钢和合金弹簧钢。常用碳素弹簧钢有 55Mn 和 65Mn；常用合金弹簧钢有 55Si2Mn，50CrVA 和 60Si2Mn。

5) 滚动轴承钢

滚动轴承钢主要用来制造滚动轴承的滚动体、内外套圈等，属专用结构钢。它也用于制造精密量具、冷冲模、机床丝杠等耐磨件，具有高的接触疲劳强度，高的硬度、耐磨性，足够的韧性和淬透性。常用钢种有 GCr9，CCr15 等。

1.2.1.2 工具钢

工具钢是指制造各种刀具、模具、量具和其他耐磨工具的钢。工具钢按化学成分可分为碳素工具钢、合金工具钢和高速钢；按用途可分为刀具钢、模具钢、耐冲击工具钢、量具钢等。

1) 刀具钢

刀具钢主要用于制造车刀、铣刀、钻头 etc 切削工具，也用于制造一些手动工具、木工工具等，具有高强度、高硬度、高耐磨性、高热硬性、足够的塑性和韧性。

刀具钢主要有碳素工具钢、合金刀具钢、高速钢三种。常用碳素工具钢有 T8、T10 和 T12 等。常用合金刀具钢有 9SiCr，广泛用于制造各种低速切削的刀具，如板牙、丝锥等，也常用做冷冲模。常用高速钢有钨系 W18Cr4V2 钢，具有较高的热硬性，但韧性较差；钨钼系 W6Mo5Cr4V2 钢用钼代替了部分钨，钼的碳化物细小，韧性较好，耐磨性也较好，但热硬性稍差。

2) 模具钢

模具钢分为冷作模具钢和热作模具钢。冷作模具钢用于制造各种冷冲模、冷挤压模和拉丝模等，工作温度不超过 200~300℃。热作模具钢用于制造各种热锻模、热挤压模和压铸



模等，工作时型腔表面温度可达 600°C 以上。常用热作模具钢有 $3\text{Cr}2\text{W}8\text{V}$ ， 5CrMnMo 和 $4\text{Cr}5\text{MoSiV}$ 等。

3) 量具钢

量具钢用于制造各种测量工具，如卡尺、千分尺、螺旋测微仪、块规和塞规等，具有高的硬度、耐磨性和高的尺寸稳定性。

量具钢没有专用钢。尺寸小、形状简单、精度较低的量具，用高碳钢制造；复杂的较精密的量具一般用低合金刃具钢制造； CrWMn 的淬透性较高，淬火变形很小，可用于精度要求高且形状复杂的塞规和块规； $\text{GCr}15$ 耐磨性、尺寸稳定性较好，多用于制造高精度块规、螺旋塞头、千分尺；在腐蚀介质中工作的量具，则可用不锈钢 $9\text{Cr}18$ 、 $4\text{Cr}13$ 制造。

1.2.1.3 不锈钢、耐热钢及耐磨钢

1) 不锈钢

不锈钢是指在大气、水、酸、碱和盐溶液或其他腐蚀性介质中具有高的化学稳定性的合金钢的总称。在酸、碱、盐等侵蚀性较强的介质中能抵抗腐蚀作用的钢，又进一步称为耐蚀钢，或称耐酸钢。

不锈钢主要用来制造在各种腐蚀介质中工作的零件或构件，例如化工装置中的各种管道、阀门和泵，医疗手术器械、防锈刀具和量具等。常用不锈钢有 $1\text{Cr}13$ ， $2\text{Cr}13$ ， $1\text{Cr}17$ 及 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 。

2) 耐热钢

耐热钢是指在高温下具有热化学稳定性和热强性的特殊钢。热化学稳定性指钢在高温下对各类介质化学腐蚀的抵抗能力，热强性指钢在高温下保持一定强度的性能。

耐热钢主要用于石油化工的高温反应设备和加热炉，火力发电设备的汽轮机和锅炉，飞机的喷气发动机等设备。常用耐热钢有 $3\text{Cr}18\text{Ni}25\text{Si}2$ ， $\text{Cr}12$ ， $\text{Cr}13$ 及 $1\text{Cr}18\text{Ni}9\text{Ti}$ 。

3) 耐磨钢

耐磨钢主要用于机器运转过程中承受严重磨损和强烈冲击的零件，如车辆履带板、挖掘机铲斗、破碎机颧板和铁轨分道叉、防弹板等。耐磨钢具有很高的耐磨性和韧性。常见的耐磨钢为 $\text{ZGMn}13$ 。

1.2.2 铸铁

铸铁是 $W_c > 2.11\%$ 的铁碳合金，工业上常用铸铁的 W_c 一般为 $2.5\% \sim 4.0\%$ 。铸铁具有良好的铸造性能，力学性能不如钢，但切削加工性、减摩性及减振性好，而且生产设备简单、成本低。近年来，铸铁组织进一步改善，热处理对基体的强化作用也更明显，因此，铸铁日益成为一种物美价廉、应用广泛的结构材料。根据碳在铸铁中存在的形式的不同，常用铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁和合金铸铁等。

1) 灰铸铁

灰铸铁中的碳多以片状石墨形式存在，它是铸铁中用量最大的一种。根据国家标准规定，灰铸铁牌号冠以 HT（灰铁），后面数字表示最低抗拉强度。HT300 和 HT350 称为变质铸铁（或称孕育铸铁），适用于制造力学性能要求较高、截面尺寸变化较大的大型铸件。