

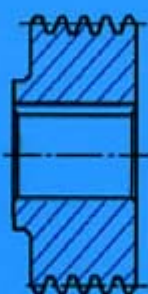
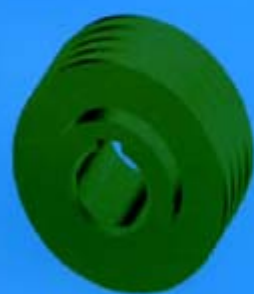
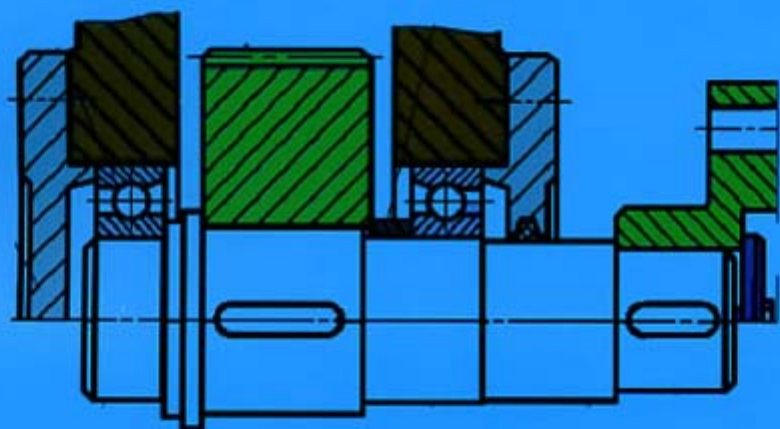


复旦卓越·高等教育21世纪规划教材·机类、近机类

机械基础

主 编 隋冬杰 谢亚青

Jixie Jichu



复旦大学出版社

复旦卓越·普通高等教育 21 世纪规划教材·机类、近机类

机械基础

主 编 隋冬杰 谢亚青
副主编 刘晓菡 王傲胜

復旦大學出版社

内 容 提 要

本书从高职教育培养应用型技术人才的定位出发,以“必需、够用”为原则构建课程教学内容,把金属材料与热处理、机械原理、机械设计、液压及气压传动等课程内容优化整合;同时,选编了机械方面较前沿的知识内容,以此来构建《机械基础》课程。学生通过对本书的学习和实践,可具备一定的机械基础理论,具有一定的机械方面高等技术应用能力。

在内容组织上,本书除绪论外共分 13 章,主要包括:机械工程材料基础,机器的组成及机构运动要素,常用机构,键联结及螺纹联结,摩擦型带传动,齿轮传动,轮系与减速器,轴、联轴器和离合器,轴承,液压传动,气压传动,机电一体化概述,新技术简介。在内容的讲解上,力求知识体系清晰完整、循序渐进,语言规范、通俗易懂,体现了高职教育课程的建设特色。在内容的创新方面,为使学生多了解现代机械方面较前沿的知识,具备一定的可持续发展能力,我们选编了机电一体化概述、新技术简介等选学内容,体现了本课程先进性的特点。

本书可作为高职院校机械类或近机械类专业的专业基础课程用教材,亦可作为机械类或近机械类专业工程技术人员和自学者的参考用书。

前 言

机械基础是高职院校机械类和近机械类专业的专业基础课程。本教材从高职教育培养应用型技术人才的定位出发,以“必需、够用”为原则构建课程教学内容,以常用机构的结构分析和通用零件的应用为课程主线,融合了材料和热处理、机械原理、机械设计、机电一体化技术、新制造技术等知识,以培养具有一定机械基础理论和应用能力的高等技术应用人才。

本教材针对高职学生的认知特点,力求知识内容清晰完整、循序渐进,语言规范、通俗易懂,结合实例、联系实际。同时该课程具有一定的趣味性和可读性,体现了高职教育课程的建设特色。为使学生多了解现代机械方面较前沿的知识,具备一定的可持续发展能力,我们选编了新制造技术等选学内容,体现了本课程先进性的特点。对于选学内容已在标题前加了*号,师生可根据专业情况选学其中的部分内容。本教材推荐教学时数为72~90学时。

本教材由隋冬杰、谢亚青任主编,刘晓菡、王傲胜任副主编。郭国选、孙迎远、王富春、李建伟、杨茹参加了部分章节的编写。具体编写分工如下:河南质量工程职业学院隋冬杰编写绪论、第2章、第3章、第7章1~5节、第13章,刘晓菡编写第1章、第5章,王傲胜编写第6章、第9章,郭国选编写第4章,孙迎远编写第8章;江苏食品职业技术学院谢亚青编写第7章第6节;四川电力职业技术学院王富春编写第10章;鹤壁职业技术学院李建伟编写第11章;河南城建学院杨茹编写第12章;全书的审稿工作由隋冬杰完成。

尽管我们在教材编写方面做了较多的努力,由于编者的水平有限,教材中难免存在一些疏漏和不妥之处,恳请使用教材的教师、学生和读者多提宝贵意见和建议,以便我们今后改正。

编 者

2010年3月

目 录

绪论	1	4.2 螺纹联结及联结件 / 77	
		思考与习题 / 92	
第 1 章 机械工程材料基础	3	第 5 章 摩擦型带传动	94
1.1 金属材料的性能 / 3		5.1 带传动的原理和特点 / 94	
1.2 钢的热处理 / 9		5.2 带传动类型及 V 带 / 95	
1.3 常用金属材料 / 12		5.3 带传动的工作情况分析 / 99	
1.4 常用非金属材料 / 28		5.4 V 带传动的设计计算 / 103	
思考与习题 / 33		思考与习题 / 107	
第 2 章 机器的组成及机构运动		第 6 章 齿轮传动	108
要素	34	6.1 齿轮传动的类型和特点 / 108	
2.1 机器的组成及其设计方法 / 34		6.2 齿轮各部分名称和基本尺寸 / 110	
2.2 机构、构件和运动副 / 38		6.3 渐开线齿轮的加工方法 / 111	
2.3 平面机构运动简图 / 40		6.4 轮齿的失效形式及齿轮材料 / 113	
2.4 平面机构自由度的计算 / 44		6.5 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算 / 116	
思考与习题 / 47		6.6 斜齿圆柱齿轮、直齿圆锥齿轮传动 / 124	
第 3 章 常用机构	49	6.7 蜗杆传动 / 129	
3.1 平面连杆机构 / 49		思考与习题 / 134	
3.2 凸轮机构 / 56			
3.3 间歇运动机构 / 63			
思考与习题 / 68			
第 4 章 键联结及螺纹联结	70		
4.1 键、花键和销联结 / 70			



第 7 章 轮系与减速器	136	10.4 液压伺服系统 / 211
7.1 轮系的类型 / 136		思考与习题 / 213
7.2 定轴轮系传动比计算 / 137		
7.3 周转轮系传动比计算 / 141		第 11 章 气压传动
7.4 混合轮系传动比计算 / 143		215
7.5 轮系的功用 / 144		11.1 气压传动概述 / 215
7.6 减速器 / 145		11.2 气动元件 / 216
思考与习题 / 150		11.3 气动基本回路 / 225
		思考与习题 / 231
第 8 章 轴、联轴器和离合器	152	* 第 12 章 机电一体化概述
8.1 轴 / 152		232
8.2 联轴器和离合器 / 158		12.1 机电一体化概念 / 232
思考与习题 / 166		12.2 机电一体化系统及技术 / 235
		12.3 机电一体化的发展 / 238
第 9 章 轴承	167	思考与习题 / 241
9.1 滑动轴承 / 167		* 第 13 章 新技术简介
9.2 滚动轴承 / 173		242
思考与习题 / 186		13.1 数控技术 / 242
		13.2 柔性制造系统 / 245
第 10 章 液压传动	187	13.3 先进制造技术 / 247
10.1 液压传动的基本知识 / 187		13.4 纳米技术与微机械 / 251
10.2 液压元件 / 191		思考与习题 / 254
10.3 基本回路 / 207		参考文献
		255

绪论

一、机械的基本概念

机械是各类机器的通称。机械始于工具,人类从制造简单工具演进到制造由多个零件、部件组成的现代机械,经历了漫长的过程。现代各种复杂精密的机械,都是从古代简单的工具逐步发展而来的。机械是现代生产和服务的5大要素(人、资金、能量、材料和机械)之一。任何现代产业和工程领域都需要应用机械,包括人们的日常生活也越来越多地应用各种机械,如汽车、自行车、钟表、照相机、洗衣机、冰箱、空调机、吸尘器等。人们通过长期的生产实践逐渐创造了这些机器,以代替人进行人能直接完成或不能直接完成的工作,减轻繁重的体力和脑力劳动,提高生产率与工作效率。机械与电工、电子、冶金、化学、物理和激光等技术相结合,使机械产品更加精密化、高效化和自动化。

图0-1所示为一机器臂,它是最常见的工业机器人。这种工业机器人由6个关节联结起来,与人类的手臂极为相似,具有相当于肩膀、肘部和腕部的部位,它的“肩膀”安装在一个固定的基座结构上。这种类型的机器人有6个自由度,它能向6个不同的方向转动。它的

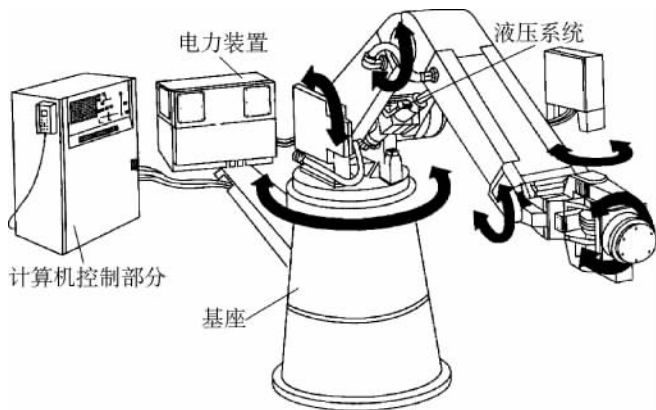


图0-1 机器臂

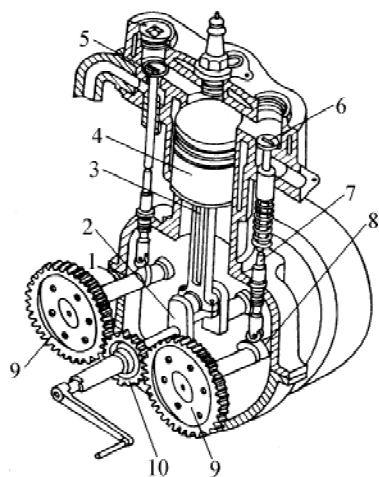


图 0-2 单缸内燃机

计算机控制部分则是工业机器人的指挥系统,控制机器臂按规定的程序运动,完成预定的动作。

图 0-2 所示为单缸内燃机,它由汽缸体 1、曲柄 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8 及齿轮 9、10 组成。当燃气推动活塞作往复移动时,通过连杆使曲柄作连续转动,从而将燃气的热能转换为曲柄的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律启闭阀门,以吸入燃气和排出废气。这种内燃机能量的转换主要由活塞 4、连杆 3、曲柄 2 和汽缸体 1 构成的曲柄滑块机构,齿轮 9、10 和汽缸体 1 组成的齿轮机构,推杆 7、凸轮 8 和汽缸体 1 组成的凸轮机构等 3 种不同的机构来实现。虽然机器的种类繁多,用途不一,但它们的作用具有共性。《现代汉语词典》对机器的定义是:“由零件装成,能运转、能变换能量或产生有用功的装置。机器可以作为生产工具,能减轻人的劳动强度,提高生产效率。”

二、本课程的主要任务和作用

机械基础课程的主要任务是:研究各种机械为完成运动的传递、能量的转换等功能而具有的共同属性,常用机构工作原理、结构特点,传动零件、支承零件、联结零件等通用零件的结构和应用,机械工程材料、金属切削加工等基本概念和基础知识。

本课程的主要作用是:为高职院校机械类或近机械类专业学生提供专业基础理论,为工程技术人员提供机械基础知识。帮助读者了解机器的构成、掌握常用机构的传动原理、熟悉通用零件的应用等,培养应用机械基础知识设计简单传动装置的能力,具备机械方面基本知识素质。

三、本课程的学习方法与基本要求

本课程是高职院校机械类或近机械类专业的专业基础课程,在学生学习过程中具有承上启下的作用,课程内容实用性较强、知识涉及面较广。学生应尽快熟悉本课程的特点,适应课程内容多元化、综合性和实践性的特点,掌握课程内容的规律和主线。要求学生必须独立完成课后作业及课程设计任务。



第1章

· 机械基础 ·

机械工程材料基础

工程材料的品种繁多,常用的有钢铁材料、有色金属材料(如铝、铜等)及非金属材料(如塑料、橡胶等)。各种材料成分不同、性能各异,特别是热处理后,性能变化很大。实践证明,合理选择材料和热处理工艺,对充分发挥材料自身的性能潜力、提高产品质量、降低生产成本有着重大影响。

1.1 金属材料的性能

现代生产中,特别是机械行业中,大量使用各种金属材料,为了合理选择和使用金属材料,充分发挥金属材料的性能潜力,必须了解金属材料的性能。

金属材料的性能,一般可以分为使用性能和工艺性能两类。使用性能是指金属材料在使用过程中应具备的性能,包括力学(机械)性能、物理性能、化学性能等。工艺性能是指金属材料在制造加工过程中所表现出来的各种特性,包括铸造性能、切削性能、焊接性能、热处理性能等。

实践表明,大部分结构件在使用的过程中,首先应考虑安全可靠性和使用寿命。除了与热、电、磁及化学腐蚀有关的特殊设备的结构件外,作为一般的结构件材料,首先要考虑的是金属材料使用过程中,在外力作用下所表现出来的特性。

1.1.1 材料的使用性能

1. 材料的机械性能

金属材料的机械性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的特性,如强度、塑性、弹性、硬度、韧性、疲劳、蠕变等。机械性能指标反映了金属材料在各种形式外力作用下抵抗变形或破坏的能力,是设计金属制件时选材和进行强度计算的主要依据。

(1) 强度 金属材料在静载荷作用下抵抗永久塑性变形和断裂的能力,称为强度。下面简要介绍拉伸曲线及由此得出的材料性能指标。

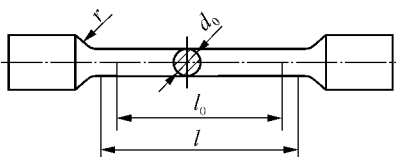


图 1-1 圆柱形拉伸试样

试验前,将金属材料制成一定形状和尺寸的标准试样(拉伸试样),常用的试样截面为圆形,称为圆柱形拉伸试样,如图 1-1 所示,图中 d_0 为试样的原始直径、 l_0 为试样的原始标距。根据 GB228—2002《金属拉伸试验试样》规定,拉伸试样可分为比例试样和定标距试样。比例试样的标距长度 l_0 与直径 d_0 之间有一定的比例关系,通常有长试样($l_0 = 10d_0$)和短试样($l_0 = 5d_0$)两种。

实验时,将标准试样装夹在拉伸实验机上,缓慢加载。随着载荷的不断增大,试样的伸长量逐渐增大,直至试样拉断为止。然后将所加载荷与试样的相应伸长量画在以载荷 F 为纵坐标、伸长量 Δl 为横坐标的坐标图上,便得到拉伸曲线,如图 1-2 所示。

从图中可以看出,试样所受拉力 F 与伸长量 Δl 之间有如下关系:

Op 段为一条直线,说明材料拉伸变形量 Δl 与拉力 F 成正比关系,完全符合胡克定律。在此拉力和变形范围内,去除拉力,材料能恢复到原来的尺寸和形状,此为弹性变形阶段。

pe 段载荷与伸长量已不成正比关系,是伸长量比载荷量增加得快的曲线,但此时变形仍为弹性变形阶段。

过了 e 点,开始有塑性变形产生,其后曲线呈现了水平或锯齿形,说明载荷不增加,伸长量却继续增加。去除载荷后,材料已不能恢复原状,此种变形称为塑性变形,该阶段为屈服阶段。

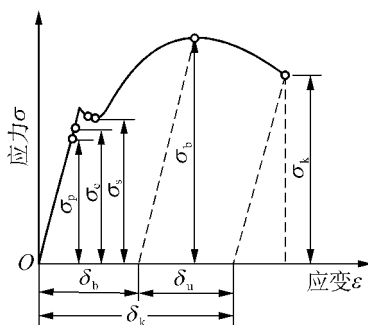


图 1-3 低碳钢应力-应变曲线

sb 段,在该区间若要使试样继续增长,则载荷也得继续增加,即经过屈服后,材料的变形抗力增加。直至 b 点时,试样某处横截面发生明显的收缩变形,出现了“缩颈”,此时的载荷达到金属材料所能抵抗破坏的最大载荷,该阶段称为强化阶段。

bk 段,当试样伸长量超过 b 点后,随着试样某处截面缩小,材料的变形抗力逐渐减小,最后在 k 点拉断。

图 1-3 所示为低碳钢的应力-应变曲线示意图。

把试样承受的载荷除以试样的原始横截面积 A_0 ,则得到试样所受的应力 σ ,即

$$\sigma = \frac{F}{A_0}; \quad (1-1)$$

把试样的伸长量除以试样的原始标距长度 l_0 ,则得到试样所受的应变 ϵ ,即

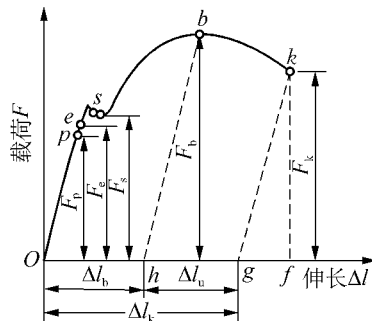


图 1-2 低碳钢拉伸曲线图



$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (1-2)$$

材料产生完全弹性变形时所能承受的最大应力,称为弹性极限 σ_e ,其计算公式为

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0}, \quad (1-3)$$

式中, F_e 为试样产生完全弹性变形时的最大载荷; A_0 为试样的原始横截面面积。

材料开始产生明显塑性变形时的最低应力,称为屈服强度 σ_s ,其计算公式为

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}, \quad (1-4)$$

式中, F_s 为试样产生屈服时的载荷。

材料承受最大均匀塑性变形的抗力称为抗拉强度 σ_b ,也表征材料断裂前的最大应力值,即

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}, \quad (1-5)$$

式中, F_b 为试样在断裂前所承受的最大载荷。

抗拉强度表示材料抵抗断裂的能力,是设计结构和零件、评定金属材料的重要指标之一。

(2) 塑性 塑性是指金属材料在载荷作用下,产生塑性变形而不破坏的能力。常用的塑性指标是延伸率 δ 和断面收缩率 ψ ,两个指标均为百分率(%)表示。

延伸率 δ 是指试样拉断后的伸长量与原始标距之比的百分数,即

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%, \quad (1-6)$$

式中, l_k 为试样断裂后的标距。

延伸率 δ 的大小与试样尺寸有关,为了便于比较,必须采用标准试样尺寸。常用短试样的延伸率用 δ_5 表示;长试样的延伸率用 δ_{10} 表示,也可以用 δ 表示。同一种材料的 δ_{10} 和 δ_5 的数值是不相等的 ($\delta_5 > \delta_{10}$)。因此,对不同材料进行延伸率比较时,必须制成同样尺寸的标准试样。

断面收缩率 ψ 是指试样被拉断后,缩颈处横截面面积的最大缩减量与原始横截面面积的百分比,即

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\%, \quad (1-7)$$

式中, A_k 为试样断裂处的最小横截面面积。断面收缩率不受试样尺寸的影响,因此能较准确地反映出材料的塑性。

塑性指标在工程技术中具有重要的实际意义。塑性好的材料,适宜于各种压力加工,如

冲压、挤压、冷拔、热轧及锻造等；制成零件在使用时，万一超载，也能由于塑性变形使材料强度提高，而避免突然断裂。

(3) 硬度 硬度是指材料抵抗其他硬物压入其表面的能力，它反映了材料抵抗局部塑性变形的能力。

常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

1) 布氏硬度(HB)。布氏硬度试验是根据 GB231—84 的规定，以直径为 D 的淬硬钢球

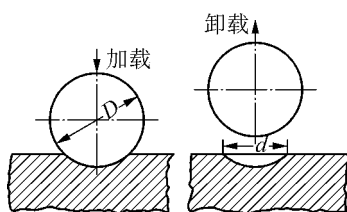


图 1-4 布氏硬度测试原理

或硬质合金作压头，在压力 F 下压入金属表面，保持一定时间后卸去载荷、移去压头，此时试样表面出现直径为 d 的压痕，如图 1-4 所示。用压力 F 除以压痕表面积所得的商，作为被测材料的布氏硬度值，单位为 kgf/mm^2 (MPa)，但习惯上不标单位。用淬火钢球作为压头测出的硬度值以 HBS 表示，适用于测退火、正火、调质钢件及铸铁、有色金属等硬度小于 450 的材料。用硬质合金球作为压头测出的硬度值以 HBW 表示，适用于测量硬度不超过 650 的材料。

布氏硬度的表示方法为：硬度值+HBS(或 HBW)+压头直径+试验力+试验力保持时间(10~15 s 不标出)。例如，120HBS10/1000/30 表示用直径 10 mm 的淬硬钢球做压头，在 1 000 kgf(9.807 kN)试验力作用下，保持 30 s 所测得的布氏硬度值为 120。一般在零件图或工艺文件上，可标出硬度值的大小和符号，如 200HBS。布氏硬度试验的优点是测定结果准确；缺点是压痕大，不适合成品检测，而且操作不够简单。

2) 洛氏硬度(HR)。洛氏硬度试验法是目前工厂中应用最广泛的试验方法，它是用一个顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 $\phi 1.588 \text{ mm}$ 的淬硬钢球为压头，以一定的压力压入材料表面，根据压头压入深度确定硬度，如图 1-5 所示。其值可直接从硬度计刻度盘读出，不必计算或查表，因此使用简单、迅速，可直接测量成品或较薄工件，但精度不如布氏硬度。

根据压头及载荷不同，洛氏硬度分为 HRA，HRB，HRC 3 种，以 HRC 应用最多。洛氏硬度的表示方法为：

硬度值+HRA(HRB，HRC)，如 62HRC，85HRA 等，如表 1-1 所示。

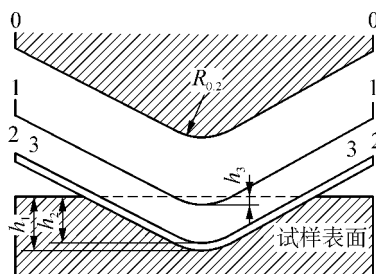


图 1-5 洛氏硬度测定

表 1-1 洛氏硬度符号、试验条件和应用举例

硬度符号	压头类型	总压力 N/kgf	硬度值有效范围	应用举例
HRC	120° 金刚石圆锥体	1 471(150)	20~67HRC(相当 225HBS 以上)	淬火钢件
HRB	$\phi 1.588 \text{ mm}$ 淬硬钢球	980.7(100)	25~100HRB(相当 60~30HBS)	软钢、退火钢、铜合金
HRA	120° 金刚石圆锥体	558.4(60)	70HRA 以上(相当 350HBS 以上)	硬质合金、表面淬火钢



3) 维氏硬度(HV)。维氏硬度测试原理基本上与布氏硬度测试原理相同,也是根据压痕单位面积上的载荷来计量硬度值。但压头是一个两相对面间夹角为 136° 的金刚石正四棱锥压头,试验用的荷载可根据试样大小、厚薄等条件进行选择。在实际应用中,维氏硬度一般不进行计算,可根据压痕对角线的长度,直接从表中查取。

维氏硬度试验时所加载荷较小,压入深度浅,常用来测量较薄材料和表面硬化层的硬度。由于其测试手段较繁,所以一般不宜用于成批生产的常规检验。

(4) 冲击韧性 冲击韧性是指金属材料抵抗冲击力而不破坏的能力。许多零件和工具在工作过程中,往往受到冲击载荷的作用,如冲床的冲头、锻锤的锤杆、内燃机的活塞箱、连杆及风动工具等,这些零件不仅要求具有足够的静载荷强度,而且要具有足够的抵抗冲击载荷的能力。冲击韧性用 α_k (J/cm^2) 表示。根据 GB/T229—1994 规定,将试件做成标准试样,在摆锤式冲击试验机上完成,如图 1-6 所示,冲击值 α_k 用下式计算,即

$$\alpha_k = \frac{A_k}{S}, \quad (1-8)$$

式中, A_k 为冲击吸收功(冲击试样破坏时所消耗的功)(J); S 为冲击试样断口处的截面积(cm^2)。 A_k 越大,冲击韧性越好。冲击值低材料即为脆性材料,铸铁的 A_k 值很低,因此不能用来制造需承受冲击载荷的零件。冲击吸收功还与试样形状、尺寸、表面粗糙度、内部组织和缺陷等有关,因此一般作为选材的参考,而不能直接用于强度计算。

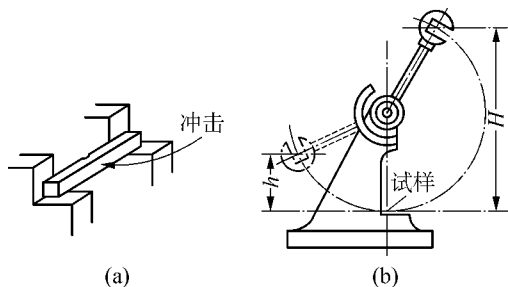


图 1-6 冲击试验简图

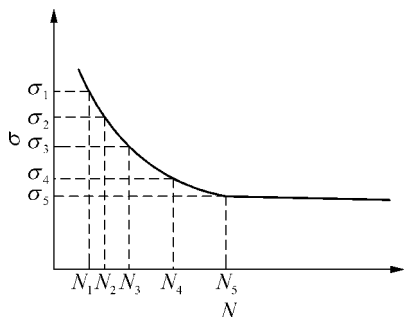


图 1-7 钢铁材料的疲劳曲线

(5) 疲劳强度 许多机械零件,如轴、齿轮、弹簧等在交变应力下工作,虽然它们所承受的应力通常低于材料的屈服点,但在交变应力的长期作用下,材料在不发生明显的塑性变形、事前无察觉的情况下突然断裂,该现象称疲劳。由于疲劳断裂是突发性的,因此具有很大的危险性。

材料抵抗疲劳断裂的能力,可通过疲劳试验测定。图 1-7 所示为钢铁材料的疲劳曲线,即 $\sigma-N$ 曲线,纵坐标为材料所受的交变应力,横坐标为应力循环次数。由图可见, σ 越小,疲劳寿命 N 越大。当应力低于某一数值时,经无数次应力循环也不会发生疲劳断裂,此应力称为材料的疲劳极限,通常用 σ_r 表示,注脚 r 表示应力循环特征系数。对称循环疲劳强度用 σ_{-1} 表示。

2. 材料的物理和化学性能

在材料的选择、保管和使用中,须了解金属材料的物理和化学性能。

(1) 导热系数 维持单位温度梯度时,在单位时间内,流经物体单位横截面积的热量,称为导热系数或热导率。它是衡量金属材料导热性能的一个主要指标。

(2) 热膨胀性 衡量金属热膨胀性的主要性能指标是线膨胀系数。线膨胀系数,就是温度每升高 1°C 时,金属材料的长度增量与长度的比值,以 $\alpha(1/^{\circ}\text{C})$ 表示,即

$$\alpha = \frac{1}{\Delta T} \times \frac{\Delta L}{L}, \quad (1-9)$$

式中, ΔT 为温度的变化量; ΔL 为相应 ΔT 的长度变化量; L 为物体的原来长度。

线膨胀系数不是一个固定不变的数值,它随温度的增高而增加,钢的线膨胀系数一般在 $(10 \sim 20) \times 10^{-6}$ 的范围内。体积膨胀系数等于线膨胀系数的 3 倍。

(3) 导电性 导电性指金属传导电流的能力。通常用电阻率、电导率(导电系数)及电阻温度系数来衡量导电性的好坏。电阻率指金属材料在 20°C 时的电阻值,电导率是电阻率的倒数。金属中,银的导电性最好,铜和铝较好,一般用作导线;合金的导电性一般比纯金属差。电阻随温度变化的比例常数,称为电阻温度系数。纯金属和大多数合金,电阻温度系数为正;碳和电解质的电阻,多因温度增高而降低;某些合金,如铜锰镍合金,其电阻不受温度变化的影响。

(4) 磁性 磁性是金属材料在磁场中被磁化,而呈现磁性强弱的性能。按磁性分,金属材料可分为:

铁磁性材料——在外加磁场中,能被强烈磁化的材料,如铁、镍、钴等。

顺磁性材料——在外加磁场中,只是被微弱地磁化的材料,如锰、铬、铜等。

抗磁性材料——能够抗拒或减弱外加磁场磁化作用的材料,如铜、金、银、铅、锌等。

铁磁性材料又分为软磁材料和硬磁材料。软磁材料在外磁场去除后,剩磁容易被消除,反复磁化和退磁后,电能损耗小,材料不易发热,如硅钢片。硬磁材料则相反,即去除外磁后,材料本身仍留有很高的磁性,且不易消除,如永久磁铁。

磁性指标包括磁导率、磁感应强度、矫顽力、铁损等。

(5) 耐磨性 磨损量是衡量金属材料耐磨性好坏的一个指标,它是用试样在规定的实验条件下,经过一定时间或一定距离的摩擦之后,以试样被磨去的重量或体积来表示。磨损量越小,说明这种材料的耐磨性越好。

(6) 耐腐蚀性 金属材料抵抗周围介质腐蚀破坏作用的能力,称为耐腐蚀性。腐蚀分为化学腐蚀和电化学腐蚀。化学腐蚀是金属与周围介质直接发生化学作用的结果;而电化学腐蚀则是金属与酸、碱、盐等电解质溶液接触时,由于产生电流而发生的腐蚀,该腐蚀危害较大,是金属材料受蚀破坏的主要形式。从腐蚀形式看,主要有一般腐蚀、晶向腐蚀、点腐蚀、应力腐蚀和腐蚀疲劳等。

(7) 抗氧化性 金属材料在室温或高温条件下抵抗氧化作用的能力,称为抗氧化性。氧化是自然界普遍存在的一种化学现象。金属的氧化过程,实质上是属于化学腐蚀的一种



形式。抗氧化性是高温材料的一项重要性能指标。

1.1.2 材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指材料在加工过程中,所呈现的加工难易程度,主要包括铸造性、可锻性、切削加工性、焊接性和热处理工艺性能等。这些工艺性能直接影响到制造零件的加工工艺和质量,也是选择金属材料时必须考虑的重要因素之一。

1. 铸造性

铸造性是指液态金属在铸造成型时,所具有的一种特性。通常用流动性、收缩率和偏析倾向,作为衡量指标。

2. 可锻性

金属的可锻性是衡量材料在经受压力加工时,获得优质零件难易程度的一个工艺性能。金属的可锻性常用塑性和变形抗力来综合衡量。塑性越大,变形抗力越小,则可锻性越好;反之,可锻性越差。

3. 切削加工性

金属材料的切削加工性是指金属切削加工的难易程度。切削加工性与很多因素有关,如材料的组织成分、硬度、强度、塑性、韧性、导热性、加工硬化及热处理等。

4. 焊接性

金属焊接性是金属材料对焊接加工的适应性。是指金属在一定的焊接方法、焊接材料、工艺参数及结构形式条件下,获得优质焊接接头的难易程度。它包括两个方面内容,一是工艺性能,即在一定工艺条件下,焊接接头产生工艺缺陷的倾向,尤其是出现裂纹的可能性;二是使用性能,即焊接接头在使用中的可靠性,包括力学性能及耐磨、耐蚀等特殊性能。金属焊接性决定于金属材料的本身性质和加工条件。

5. 热处理工艺性能

衡量热处理工艺性能的指标有淬硬性、淬透性、淬火变形及淬裂、表面氧化及脱碳、过热及过烧、回火稳定性、回火脆性等。

1.2 钢的热处理

金属材料在固体状态下进行加热、保温和冷却,以改变其内部组织,获得所需性能的方法称热处理。不同的加热温度和冷却速度,可以使金属材料的力学性能满足使用要求或加工要求,从而达到发挥材料的潜力、改善加工的性能、节约金属材料等目的。

1.2.1 铁碳合金

1. 铁碳合金的组织结构

钢和铸铁是现代化工业中应用最广泛的金属材料,形成钢和铸铁的主要元素是铁和碳,

故又称铁碳合金。不同成分的铁碳合金具有不同的组织和性能。铁碳合金的基本组织有铁素体、奥氏体(A)、渗碳体、珠光体和莱氏体。其中铁素体性能与纯铁相近,强度和硬度较低,塑性和韧性好。奥氏体具有很好的塑性和韧性,并有一定的强度和硬度,存在于 727℃ 以上。渗碳体(Fe_3C)是铁和碳形成的一种化合物,硬度很高,塑性和韧性极低,脆性大。珠光体是由铁素体与 Fe_3C 组成的两相复合物,性能介于铁素体与 Fe_3C 之间,即具有一定的强度、塑性和硬度。莱氏体是由 A 与 Fe_3C 组成的两相复合物,性能与 Fe_3C 相似,硬度很高、塑性很差。

2. 含碳量对铁碳合金平衡组织和力学性能的影响

(1) 含碳量对铁碳合金平衡组织的影响 任何成分的铁碳合金在室温下的组织,均由铁素体和渗碳体两相组成。随含碳量的增加,铁素体量相对减少,而渗碳体量相对增多,并且渗碳体的形状和分布也发生变化,因而形成不同的组织。

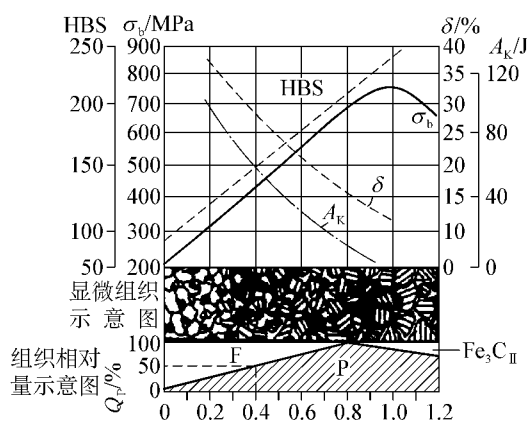


图 1-8 含碳量对钢组织和力学性能的影响

金称为钢; $w_c > 2.11\%$ 的称为白口铸铁,由于组织中渗碳体含量多,硬度高而脆性大,难于切削加工,在实际中很少直接应用。

1.2.2 钢的热处理

热处理的种类很多,但整个过程都是由加热、保温和冷却 3 个阶段组成的,如图 1-9 所示。其目的、加热和冷却方法不同,获得金属材料的组织及性能也不同,通常可以分为普通热处理、表面热处理及其他热处理方法。普通热处理有退火、正火、淬火、回火,表面热处理有表面淬火(感应加热、火焰加热等)、化学热处理(渗碳、渗氮等),其他热处理有真空热处理、变形热处理和激光热处理等。

1. 钢的普通热处理

普通热处理是钢制零件制造过程中非常重要的工序。

(1) 退火 退火是将工件加热到适当温度,保温一定

(2) 含碳量对铁碳合金力学性能的影响

如图 1-8 所示,当碳的质量分数 $w_c < 0.9\%$ 时,随含碳量增加,钢的强度和硬度直线上升,而塑性和韧性不断下降。这是由于随含碳量的增加,钢中渗碳体量增多、铁素体量减少造成的; $w_c > 0.9\%$ 以后,二次渗碳体沿晶界已形成较完整的网,因此钢的强度开始明显下降,但硬度仍在增高,塑性和韧性继续降低。

为保证钢有足够的强度和一定的塑性及韧性,机械工程中使用的钢中碳的质量分数 w_c 一般不大于 1.4% 。 $w_c < 2.11\%$ 的铁碳合

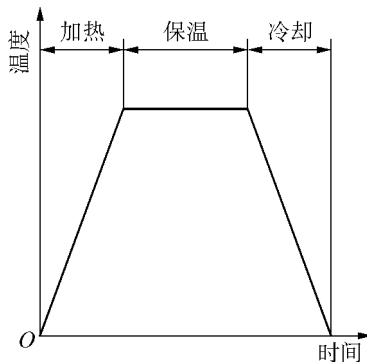


图 1-9 热处理工艺曲线图



时间,然后缓慢冷却的热处理工艺,实际生产中常采取随炉冷却的方式。

退火的主要目的是降低硬度、改善钢的成形和切削加工性能,均匀钢的化学成分和组织,消除内应力。

根据处理的目的是要求的不同,钢的退火工艺可分为完全退火、球化退火和去应力退火等。

1) 完全退火。主要用于亚共析钢的铸、锻件,有时也用于焊接结构、细化晶粒、消除过热组织、降低硬度和改善切削加工性能。

2) 球化退火。主要用于共析钢和过共析钢,使钢中的渗碳体球状化,以降低钢的硬度,改善切削加工性,并为以后的热处理做好组织准备。

3) 去应力退火。主要用于消除铸、锻、焊接件、冷冲压件等的残余应力。

(2) 正火 正火是将钢加热到适当温度,保温一定时间,出炉后在空气中冷却的热处理工艺。正火的主要目的是:

1) 对力学性能要求不高的结构、零件,可用正火作为最终热处理,以提高其强度、硬度和韧性。

2) 对低、中碳素钢,可用正火作为预备热处理,以调整硬度,改善切削加工性。

3) 对于过共析钢,正火可抑制渗碳体网的形成,为球化退火做好组织准备。

(3) 淬火 淬火是将钢件加热到奥氏体化后以适当方式冷却,获得高硬度组织马氏体或(和)贝氏体组织的热处理工艺。淬火可以显著提高钢的强度和硬度,是赋予钢件最终性能的关键性工序。由于淬火组织的不稳定性,淬火后都配合进行一定的回火工艺,以保证钢的强度、硬度、耐磨性和综合力学性能的提高,改善钢的使用性能。淬火与回火常作为零件的最终热处理。

常用淬火方法有单液淬火法、双液淬火法、分级淬火法等。

(4) 回火 回火是将钢件淬硬后再加热到某一温度,保温后冷却到室温的热处理工艺。按回火温度不同,回火分为以下几种:

1) 低温回火($150\sim 250^{\circ}\text{C}$)。回火后组织为回火马氏体。其目的是减小淬火应力和脆性,保持淬火后的高硬($58\sim 64\text{HRC}$)和耐磨性。主要用于处理量具、刀具、模具、滚动轴承,以及渗碳、表面淬火的零件。

2) 中温回火($350\sim 500^{\circ}\text{C}$)。回火后组织为回火托氏体。其目的是获得高的弹性极限、屈服点和较好的韧性。硬度一般为 $35\sim 50\text{HRC}$ 。主要用于处理各种弹簧、锻模等。

3) 高温回火($500\sim 650^{\circ}\text{C}$)。钢件淬火并高温回火的复合热处理工艺称为调质。调质后的组织,硬度一般为 $200\sim 350\text{HBS}$ 。其目的是为获得强度、塑性、韧性都较好的综合力学性能。广泛用于各种重要结构件(如轴、齿轮、连杆、螺栓等),也可作为某些精密零件的预先热处理。

2. 钢的表面热处理

齿轮、轴等这类承受弯扭交变应力及冲击载荷的零件,其表面的应力高于内部应力,并且还要承受磨损破坏,因此要求这类零件表面具有高的强度、硬度、耐磨性和抗疲劳性,而心部又要具有足够的塑性和韧性,这就需要进行表面热处理。表面热处理分为表面淬火处理