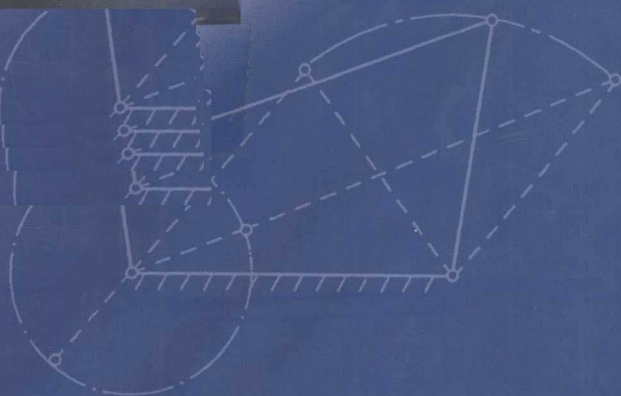
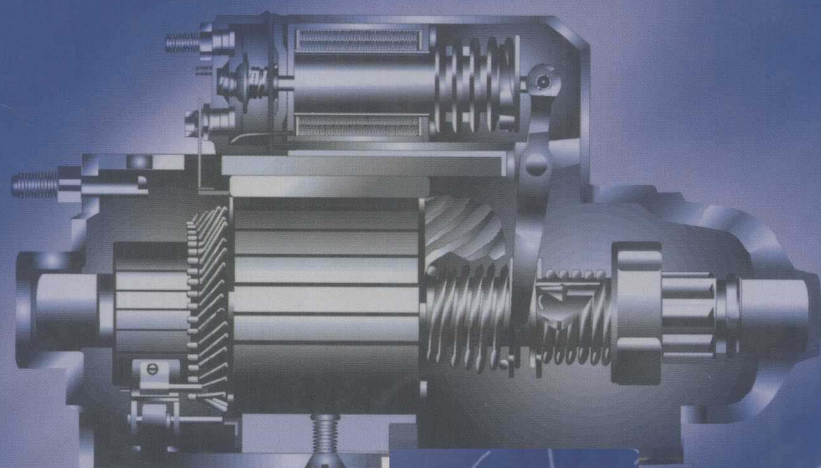


全国水利水电类高职高专统编教材

机械基础

杨化书 主编



黄河水利出版社

内 容 摘 要

本书是全国水利水电类高职高专统编教材,根据水利职业教育协会高等职业教育教研分会制定的《机械基础》教学基本要求和教材编写大纲,并参考一些高职高专院校教材改革经验编写的。主要介绍了工程材料的力学性能、凝固、强化、化学成分、使用范围、铸造、锻压、焊接,以及金属切削加工等;同时介绍了光滑圆柱体的公差与配合,测量技术基础,形状公差与位置公差,以及表面粗糙度等;对于机械零件选材原则及其工艺路线的确定,也作了细致的说明;最后,介绍了液压传动的基本原理、元件以及基本回路等。可供水利水电类高职高专院校教学用书,也可供有关专业技术人员、技工阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/杨化书主编. —郑州:黄河水利出版社,
2002.9

全国水利水电类高职高专统编教材

ISBN 7 - 80621 - 589 - 1

I. 机… II. 杨… III. 机械学 - 高等学校:技术学
校 - 教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 058918 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371 - 6022620

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会设计院印刷厂

开本:787mm × 1 092mm 1/16

印张:16.875

字数:390 千字

版次:2002 年 9 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2002 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7 - 80621 - 589 - 1/TH·11

定价:28.00 元

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定教材的编写规划,报水利部批准,用中央财政安排的“支持示范性职业技术学院建设”项目经费组织编写的水利水电类全国统编教材。

本教材是按照水利职业教育协会高等职业教育教研分会制定的《高等职业教育〈机械基础〉教学基本要求》和《高等职业教育〈机械基础〉教材编写大纲》,并参考一些高职高专院校对教材改革的经验而编写的。本教材主要适用于高职高专机械类、近机类(不含章前带 * 号部分)、非机类专业(含章前带 * 号的部分)的专科生;也可作为职工大学、业余大学、函授大学学生的教材,有关技术人员和生产第一线人员也可选用及参考。

本书编写过程中,主要考虑了以下几个问题:

(1)本教材编写过程中,首先考虑了使用问题:要不仅适用于高职高专机械类、近机类专科生,同时也要适用于非机类专业的专科生;也可作为职工大学、业余大学、函授大学学生的教材,有关技术人员和生产第一线人员也可选用及参考。

(2)在编写过程中,注意了结合实际,如第三章结尾,选择了机床和汽车的一些零件的使用;第四章选择了内燃机一些零件的配合等。

(3)在整个编写过程中,注意删掉了原来专科教材中的过多的理论部分,以高职高专培养目标中要求的够用为准。

参加本书编写者,长期从事机械类、近机类和非机类工科学生的金工实习及教学,并有几位编者在相关机械制造企业从事过实际生产技术工作,积累了丰富的编写《机械基础》教材的资料和经验。因此可以说,本书的编写是编者长期教学工作和实际生产技术工作的总结。

参加本书编写工作的有:黄河水利职业技术学院杨化书编写第一章和第三章、宋新编写第二章、谷礼新编写第八章至第十章,广西水利电力职业技术学院姜俊编写第四章至第七章、山东水利职业学院李永敏编写第十一章至第十三章、四川农业大学水利电力学院周志敏编写第十四章和第十五章。

全书由杨化书任主编并统稿,谷礼新任副主编,广西水利电力职业技术学院梁建和主审。

本书在编写过程中参考了有关教材、资料,并得到了许多同行的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2002 年 6 月

目 录

第一章 工程材料的性能	(1)
第一节 工程材料的力学性能	(1)
第二节 工程材料的物理性能	(7)
第三节 工程材料的化学性能	(8)
第四节 工程材料的工艺性能和经济性	(9)
复习题	(10)
第二章 工程材料的结构、强化与处理	(11)
第一节 金属材料的晶体结构	(11)
第二节 工程材料的凝固	(16)
第三节 材料的强化和处理	(24)
复习题	(35)
第三章 工程材料	(37)
第一节 非合金钢	(38)
第二节 合金钢	(44)
第三节 铸铁	(56)
第四节 非铁金属材料	(62)
第五节 非金属材料	(70)
第六节 常用机械装置主要零件的用材资料	(73)
复习题	(75)
第四章 光滑圆柱体的公差与配合	(77)
第一节 公差与配合的基本术语和定义	(77)
第二节 公差与配合国家标准	(81)
第三节 国家标准规定的公差带及配合	(84)
复习题	(92)
第五章 技术测量基础	(97)
第一节 技术测量的一般概念	(97)
第二节 长度单位和量值传递	(97)
第三节 测量器具和测量方法的分类	(99)
第四节 测量器具的基本度量指标	(99)
第五节 测量误差的基本知识	(100)
第六节 测量器具的选择	(102)
复习题	(105)
第六章 形状和位置公差	(106)

第一节 形状公差和误差	(106)
第二节 位置公差和误差	(110)
第三节 形位公差与尺寸公差的关系	(118)
复习题	(126)
第七章 表面粗糙度	(130)
第一节 表面粗糙度的评定标准	(130)
第二节 表面粗糙度的选用及测量	(134)
复习题	(136)
* 第八章 常用机构和常用机械传动装置	(137)
第一节 基本概念	(137)
第二节 平面连杆机构	(139)
第三节 凸轮机构	(143)
第四节 螺旋机构	(146)
第五节 间歇运动机构	(147)
第六节 带传动	(148)
第七节 链传动	(152)
第八节 齿轮传动	(154)
第九节 蜗杆传动	(163)
复习题	(164)
* 第九章 轮系	(165)
第一节 概述	(165)
第二节 定轴轮系速比的计算	(165)
第三节 周转轮系及其传动比的计算	(166)
复习题	(167)
* 第十章 轴、轴承、联轴器、离合器	(168)
第一节 轴	(168)
第二节 轴承	(169)
第三节 联轴器、离合器	(173)
复习题	(175)
第十一章 铸造	(176)
第一节 铸造基础	(176)
第二节 造型方法	(178)
第三节 铸造工艺分析	(180)
第四节 特种铸造	(182)
第五节 铸造技术发展趋势简介	(185)
复习题	(186)
第十二章 锻压	(187)
第一节 金属的塑性变形及其可锻性	(187)

第二节 锻造	(189)
第三节 板料冲压	(192)
第四节 塑料成型与加工	(195)
第五节 粉末冶金及锻压新工艺简介	(198)
复习题	(201)
第十三章 焊接	(203)
第一节 概论	(203)
第二节 焊条电弧焊	(204)
第三节 其他焊接方法	(207)
第四节 焊接接头	(212)
第五节 常用金属材料的焊接	(214)
第六节 胶接	(215)
第七节 焊接新技术简介	(217)
复习题	(221)
* 第十四章 金属切削加工基本知识	(222)
第一节 金属切削加工概述	(222)
第二节 金属切削加工基本知识	(223)
第三节 金属切削机床概述	(231)
复习题	(238)
* 第十五章 液压传动	(239)
第一节 液压传动概述	(239)
第二节 液压泵、液压马达和液压缸	(243)
第三节 液压控制阀	(247)
第四节 液压辅件	(254)
第五节 液压基本回路	(256)
复习题	(261)
参考文献	(262)

第一章 工程材料的性能

各种工程材料,按其性能不同,可以用来制作不同的结构件、机械零件、工具或其他件等。制作上述各件,工程技术人员选择工程材料,必须具有工程材料使用性能(如力学性能、物理性能和化学性能等)的基本知识,同时兼顾考虑工程材料的工艺性能和经济性。

工程材料在使用条件下所显示出来的性能称为使用性能。工程材料的使用性能包括物理性能(如密度、熔点、导热性、导电性、磁性等)、化学性能(如耐蚀性、抗氧化性、化学稳定性等)、力学性能(如强度、硬度、塑性和韧性等)。工程材料的工艺性能是指其在加工条件下成型能力的性能。如金属材料的铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能、切削加工性能等。工程材料通常分为金属材料和非金属材料两大类。

第一节 工程材料的力学性能

工程材料的力学性能是指在力的作用下所显示的性能,常用的有强度、硬度、塑性、冲击韧度、疲劳极限和断裂韧度等。

一、强度与塑性

材料的强度与塑性是一个重要指标,是通过拉伸试验测定出来的。所谓拉伸试验是指用静拉伸力对标准拉伸试样进行缓慢的轴向拉伸,直至拉断的一种试验方法。拉伸试验是在拉伸试验机上进行的。试验之前,先将被测材料制成图 1-1 所示的标准试样[参见《金属拉伸试样》(GB6397—86)]。图中 d_0 为试样直径, l_0 为测定塑性用的标距长度。试验时,在试样两端缓慢地施加轴向拉伸力。随着轴向拉伸力不断增加,试样被逐渐拉长,直至拉断。若将试样从开始加载直到断裂前所受的拉力 F ,与其所对应的试样标距 l_0 的伸长量 Δl 绘成曲线,将得到拉伸曲线。

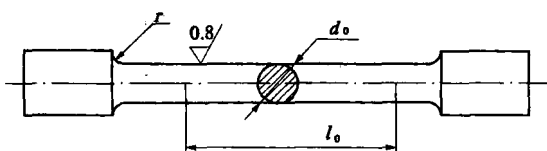


图 1-1 拉伸试样

图 1-2 所示为低碳钢的拉伸曲线。由图可见,在开始的 Oe 阶段,力 F 与伸长量 Δl 为线性关系,除去试验力后,试样将恢复到原始长度。此阶段的变形称为弹性变形。力超过 F_e 后,试样除发生弹性变形外还将发生塑性变形。此时,试验力除去后试样不能恢复到原始长度,这是由于其中的塑性变形已不能恢复,形成了永久变形

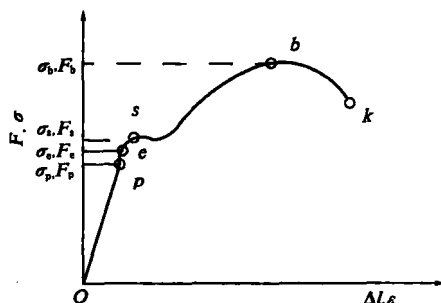


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

的原因。当试验力增大到 F_s 之后,拉伸曲线上出现了水平线段,这表明试验力虽未增加,但试样继续发生塑性变形而伸长,这种现象称为“屈服”, s 点称为屈服点。当试验力超过 F_b 以后,试样上某部分开始变细,出现了“缩颈”,由于其截面缩小,使继续变形所需试验力下降。试验力到达 F_k 时,试样在缩颈处断裂。

为使曲线能够直接反映出材料的力学性能,可用应力 σ (试样单位截面上的力, $\frac{4F}{\pi d_0^2}$) 代替试验力 F ,以应变 ϵ (试样单位长度上的伸长量, $\frac{\Delta l}{l_0}$) 取代伸长量 Δl 。由此绘成的曲线,称为应力—应变曲线。 $\sigma-\epsilon$ 曲线和 $F-\Delta l$ 曲线形状相同,仅是坐标的含义不同。

(一) 强度

强度是材料在试验力的作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力。强度有多种判据,工程上以屈服点和抗拉强度最为常用。

1. 屈服点

屈服点是指拉伸试样产生屈服现象时的应力。按下式计算:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \text{ (MPa)}$$

式中: F_s ——试样发生屈服时所承受的最大试验力, N;

A_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

对于许多没有明显屈服现象的金属材料,用“规定残余伸长应力”作为相应的强度指标。拉伸试验方法国家标准(GB228—87)规定:当试样卸除拉伸力后,其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力,作为规定残余伸长应力(σ_r)。表示此应力的符号应附以角标说明,例如 $\sigma_{r0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

$$\sigma_r = \frac{F_r}{A_0} \text{ (MPa)}$$

式中: F_r ——产生规定残余伸长时的试验力, N。

A_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

原标准 GB228—76 曾将产生 0.2% 残余伸长率的规定伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ 称为屈服强度,以 $\sigma_{0.2}$ 表示。目前一些技术资料仍沿用这一术语。

2. 抗拉强度

拉伸过程中最大力 F_b 所对应的应力称为抗拉强度(也称强度极限)。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \text{ (MPa)}$$

式中: F_b ——试样在拉断前所承受的最大力, N;

A_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

抗拉强度的物理意义是表征材料对最大均匀变形的抗力,表征材料在拉伸条件下所能承受最大力的应力值,它是设计和选材的主要依据之一,是工程技术上的主要强度指标。

(二) 塑性

断裂前材料发生不可逆永久变形的能力叫塑性。常用的塑性判据是材料断裂时最大相对塑性变形,如拉伸时的断后伸长率和断面收缩率。

1. 伸长率

试样拉断后,标距的伸长量与原始标距的百分比称为伸长率,以 δ 表示。

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

式中: l_0 ——试样原始标距长度, mm。

l_1 ——试样拉断后的标距长度, mm。

必须注意的是,伸长率的数值与试样尺寸有关,所以试验时应对所选定的试样尺寸做出规定,以便进行比较。如 $l_0 = 5d_0$ 时,用 δ_5 表示; $l_0 = 10d_0$ 时,用 δ_{10} 或 δ 表示。

2. 收缩率

材料的塑性也可用断面收缩率 Ψ 表示:

$$\Psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中: A_0 ——试样的原始截面积, mm^2 ;

A_1 ——试样拉断后,端口处截面积, mm^2 。

δ 和 Ψ 值愈大,材料的塑性愈好。良好的塑性不仅是金属材料进行轧制、锻压、冲压、焊接的必要条件,而且在使用时万一超载,由于产生塑性变形,能够避免突然断裂。

二、硬度

金属材料抵抗局部变形的能力,称为硬度。硬度是衡量金属软硬的判据。硬度直接影响到材料的耐磨性及切削加工性。机械制造中的刀具、量具、模具及工件的耐磨表面都应具有足够高的硬度,才能保证其使用性能和使用寿命。如果所加工的工件硬度过高时,肯定会给切削加工带来一定的困难。可见,硬度也是重要的力学性能指标,应用十分广泛。

金属材料的硬度是在硬度计上测定的。常用的有布氏硬度法和洛氏硬度法,有时还采用维氏硬度法。

(一) 布氏硬度

布氏硬度的测定原理是用一定大小的试验力 $F(\text{N})$,把直径为 $D(\text{mm})$ 的淬火钢球或硬质合金球压入被测工件的表面(图 1-3),保持规定时间后卸除试验力,用读数显微镜测出压痕平均直径 $d(\text{mm})$,然后按公式求出布氏硬度 HB 值,或者根据 d 从布氏硬度表中查出 HB 值。

$$\text{HBS}(\text{HBW}) = 0.102 \frac{F}{\pi D h} = 0.102 \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

由于金属材料有硬有软,被测工件有厚有薄,有大

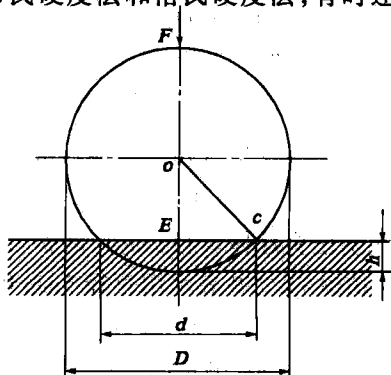


图 1-3 布氏硬度试验原理示意图

有小,如果只采用一种标准的试验力 F 和压头直径 D ,就会出现对某些材料和工件不适应的现象。对同一种材料采用不同的 F 和 D 进行试验时,能否得到同一的布氏硬度值,关键在于压痕几何形状的相似性,即应建立 F 和 D 的某种选配关系,以保证布氏硬度的不变性。

布氏硬度计的压头直径有 $\varnothing 10\text{mm}$ 、 $\varnothing 5\text{mm}$ 、 $\varnothing 2.5\text{mm}$ 三种,而试验力有 29 420N、9 807N、7 355N、2 452N、1 839N、613N、153N 等数种,供不同材料和不同厚度试样测试时选用,其中常用的压头直径为 $\varnothing 10\text{mm}$,试验力为 29 420N。布氏硬度试验规范见表 1-1。

表 1-1 布氏硬度试验规范

材料种类	布氏硬度 使用规范	球直径 $D(\text{mm})$	$0.102F/D^2$ 值	试验力 $F(\text{N})$	试验力保 持时间(s)
钢、铸铁	$\geq 140\text{HBS}$	10	30	29 420	10
		5		7 355	
		2.5		1 839	
	< 140HBS	10	10	9 807	10 ~ 15
		5		2 452	
		2.5		613	
非铁金属 材料	$\geq 130\text{HBS}$	10	30	29 420	30
		5		7 355	
		2.5		1 839	
	35 ~ 130HBS	10	10	9 807	30
		5		2 452	
		2.5		613	
	< 35HBS	10	2.5	2 452	60
		5		613	
		2.5		153	

- 注:(1)压痕中心距试样边缘距离不应小于压痕平均直径的 2.5 倍。
(2)两相邻压痕中心距离不应小于压痕平均直径的 4 倍。
(3)试样厚度至少应为压痕深度的 10 倍。试验后,试样支撑面应无可见变形痕迹。

用淬火钢球作压头测得的硬度值以符号 HBS 表示;用硬质合金球作压头测得的硬度值以符号 HBW 表示。符号 HBS 和 HBW 之前的数字为硬度值,符号后面依次用相应数值注明压头球体直径(mm)、试验力(0.102N)、试验力保持时间(s)(10 ~ 15s 不标注)。例如 550HBW5/750 表示用直径 5mm 硬质合金球在 7 355N 试验力作用下保持 10 ~ 15s 测得的布氏硬度值为 550;130HBS10/1000/30 表示用直径 10mm 的钢球压头在 9 807N 试验力作用下保持 30s 测得的布氏硬度值为 130。

布氏硬度试验法主要用于铸铁、非铁金属以及经退火、正火和调质处理的钢材的硬度测定。

(二)洛氏硬度

洛氏硬度的测试原理是以顶角为120°金刚石圆锥体(或:Ø1.588mm 淬火钢球)为压头,在规定试验力作用下,垂直地压入被测金属表面,卸载后依据压入深度 h ,由刻度盘上的指针直接指示出 HR 值(图 1-4)。

实际上,金属越硬, h 值越小。为适应人们习惯上数值越大硬度越高的观念,故人为地规定以常数 K 减去压痕深度 h 的值作为洛氏硬度指标,并规定每 0.002mm 为一个洛氏硬度单位,用符号 HR 表示,则洛氏硬度值为:

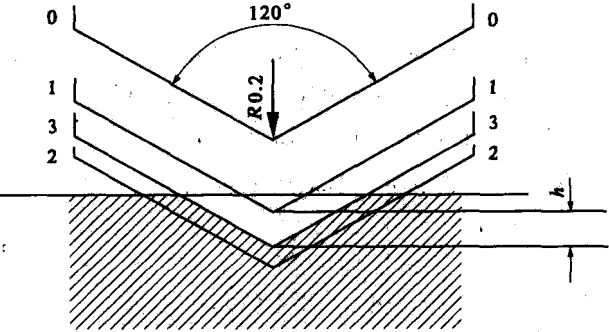


图 1-4 洛氏硬度试验原理

$$HR = \frac{K - h}{0.002}$$

可见,洛氏硬度是一个无量纲材料性能指标。使用金刚石压头时,常数 K 为 0.2mm;使用钢球压头时,常数 K 为 0.26mm。

为使洛氏硬度计能够测试从软到硬各种材料的硬度,其压头及载荷可以变更,而刻度盘上也有三个不同标尺。表 1-2 列出了各个硬度标尺的压头、总载荷及其适用材料。其中, HRC 在生产中应用最广。

表 1-2 常用的三种洛氏硬度的试验条件及应用范围

符号	压头类型	总试验力 F (kN)	硬度值有效 范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥体	0.588 4	70 ~ 85	硬质合金,表面淬硬层,渗碳层
HRB	Ø1.588mm 钢球	0.980 7	25 ~ 100	非铁金属,退火、正火钢等
HRC	120°金刚石圆锥体	1.471 1	20 ~ 67	淬火钢、调质钢等

注:总试验力 = 初始试验力 + 主试验力;初始试验力全为 98N。

洛氏硬度测试简单、迅速,因压痕小,可用于检验成品。它的缺点是测得的硬度值重复性较差,这对有偏析或组织不均匀的被测金属尤为明显。为此,需在被测工件的不同部位测量数次(至少三次),取其算术平均值方可。

硬度试验设备简单,测试迅速,不损坏被测工件。同时,硬度和强度间有一定的换算关系(可参阅有关手册,本书不叙述),故在产品零件图的技术条件中,通常标出硬度要求。

上述硬度试验方法中,布氏硬度试验力与压头直径受制约关系约束,并有钢球压头变形问题;洛氏硬度各标尺之间没有直接的简单对应关系。维氏硬度(符号为 HV)克服了上述两种硬度试验的缺点,其优点是试验力可以任意选择,特别适用于表面强化处理(如化学热处理)的机械零件和很薄的产品,但维氏硬度试验的效率不如洛氏硬度试验高,不适宜成批生产的常规检验。维氏硬度的测定原理与布氏硬度相类似,其试验方法和技术条件可参阅国家标准 GB4340—84。

三、韧性

材料断裂前吸收的变形能量称作韧性。韧性的常用指标为冲击韧度。

冲击韧度通常采用摆锤冲击试验机测定。测定时,一般是将带有缺口的标准冲击试样(参见 GB/T229—94)放在试验机上,然后用摆锤将其一次冲断,并以试样缺口处单位截面积上所吸收的冲击功表示其冲击韧度,即

$$a_k = \frac{A_k}{A} \quad (\text{J/cm}^2)$$

式中: a_k ——冲击韧度(冲击值);

A_k ——冲断试样所消耗的冲击功, J;

A ——试样缺口处的截面积, cm^2 。

对于脆性材料(如铸铁、淬火钢等)的冲击试验,试样一般不开缺口,因为开缺口的试样冲击值过低,难以比较不同材料冲击性能的差异。

冲击值的大小与很多因素有关。它不仅受试样形状、表面粗糙度、内部组织的影响,还与试验时的环境温度有关。因此,冲击值一般作为选择材料的参考,不直接用作强度计算。

必须注意:承受冲击载荷的机械零件,很少是在大能量下一次冲击而破坏的,如连杆、曲轴、齿轮等。因此,在大能量、一次冲断条件下来测定冲击韧度,虽然方法简单,但对大多数在工作中承受小能量重复冲击的机械零件不一定合适。不过试验研究表明:在冲击不太大的情况下,金属材料承受多次重复冲击的能力,主要取决于强度,而不要求过高的冲击韧度。例如,用球墨铸铁制造的曲轴,只要强度足够,其冲击韧度达到 $8 \sim 15 \text{ J/cm}^2$ 时,其使用性能就能够得到满足。

冲击值对组织缺陷很敏感,它能反映出材料品质、宏观缺陷和显微组织等方面的变化,因此,冲击试验是生产上用来检验冶炼、热加工、热处理等工艺质量的有效方法。

四、疲劳极限

许多机械零件,如曲轴、齿轮、连杆、弹簧等是在周期性或非周期性动载荷(称为疲劳载荷)的作用下工作的。这些承受疲劳载荷的机械零件发生断裂时,其应力值往往低于该材料的强度极限,这种断裂称为疲劳断裂。

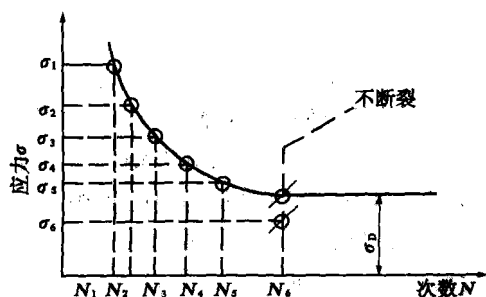


图 1-5 疲劳曲线

金属材料所承受的疲劳应力(σ)与其断裂前的应力循环次数(N),具有图 1-5 所示的疲劳曲线关系。当应力下降到某值之后,疲劳曲线成为水平线,这表示该材料可经受无数次应力循环而不发生疲劳断裂,这个应力值称为疲劳极限或疲劳强度,也就是金属材料在无数次循环载荷作用下不致引起断裂的最大应力。当应力按正弦曲线对称循环时,疲劳强度以符号 σ_{-1} 表示。

由于实际测试时不可能做到无数次应力循环,故规定各种金属材料应有一定的应力循环基数。如钢材以 10^7 为基数,即钢材的应力循环达到 10^7 仍不发生疲劳断裂,就认为不会发生疲劳断裂了。对于非铁合金和某些超高强度钢,则常取 10^8 为基数。

产生疲劳断裂的原因:一般认为是由于材料含有杂质、表面划痕及其他能引起应力集中的缺陷,导致产生微裂纹。这种微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,致使机械零件有效截面逐步缩减,直至不能承受所加载荷而突然断裂。

为了提高机械零件的疲劳强度,除应改善其结构形状、减少应力集中外,还可采取表面强化的方法,如提高机械零件的表面质量、喷丸处理、表面热处理等。同时,应控制材料的内部质量,避免气孔、夹杂等缺陷。

第二节 工程材料的物理性能

工程材料的物理性能表示的是工程材料固有的一些属性,如密度、熔点、热膨胀性、磁性、导电性与导热性等。

一、密度

材料的密度是指单位体积中材料的质量。不同材料的相对密度各不相同,如钢为 7.8 左右;陶瓷为 2.2~2.5;各种塑料的就更小。材料的相对密度直接关系到产品的重量和效能。如发动机要求质轻、运动时惯性小的活塞时,常采用密度小的铝合金制造。一般将密度小于 $5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属称为轻金属,密度大于 $5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属称为重金属。

抗拉强度 σ_b 与密度 ρ 之比称为比强度;弹性模量 E 与密度 ρ 之比称为比弹性模量。这两者也是考虑某些机械零件材料性能的重要指标。

二、熔点

熔点是指材料的熔化温度。金属都有固定的熔点。陶瓷的熔点一般都显著高于金属及合金的熔点,而高分子材料一般不是完全晶体,所以没有固定的熔点。

合金的熔点取决于它的化学成分,其对于金属与合金的冶炼、铸造和焊接等都是一个重要的工艺参数。熔点高的金属称为难熔金属(如 W、Mo、V 等),可以用来制造耐高温的机械零件,在燃气轮机、航空航天等领域有着广泛的应用。熔点低的金属称为易熔金属(如 Sn、Pb 等),可以用来制造保险丝、防火安全阀等零件。

三、热膨胀性

材料的热膨胀性通常用线膨胀系数表示。对精密仪器或机械零件,热膨胀性是一个非常重要的性能指标。在异种金属焊接时,常因材料的热膨胀性相差过大而使焊件变形或破坏。一般陶瓷的线膨胀系数最低,金属次之,高分子材料最高。

四、磁性

材料能导磁的性能称磁性。磁性材料中又分为容易磁化、导磁性良好及外磁场去掉

后磁性基本消失的软磁性材料(如电工用纯铁、硅钢片等)和去磁后保持磁场、磁性不易消失的硬磁性材料(如淬火的钴钢、稀土钴等)。许多金属(如 Fe、Ni、Co 等)均具有较高的磁性。但也有许多金属(如 Al、Cu、Pb 等)是无磁性的。非金属材料一般无磁性。

五、导热性

材料的导热性用热导率(亦称导热系数) λ 来表示。材料的热导率越大,说明导热性越好。一般来说,金属越纯,其导热能力越大,金属的导热能力以 Ag 为最好,Cu、Al 次之。金属及合金的热导率远高于非金属材料。

导热率是金属材料的重要性能之一。导热性好的材料其散热性也好,可用来制造热交换器等传热设备的零部件。在制定各类热加工工艺时,必须考虑材料的导热性,以防止材料在加热或冷却过程中,由于表面和内部产生温差膨胀不同形成过大的内应力,引起材料发生变形或开裂。

六、导电性

材料的导电性一般用电阻率来表示。通常金属的电阻率随温度升高而增加,而非金属材料则与此相反。金属一般具有良好的导电性,Ag 的导电性最好,Cu、Al 次之。导电性与导热性一样,是随合金成分的复杂化而降低的,因而纯金属的导电性总比合金要好。高分子材料都是绝缘体,但有的高分子复合材料也有良好的导电性。陶瓷材料虽然也是良好的绝缘体,但某些特殊成分的陶瓷却是有一定导电性的半导体。

第三节 工程材料的化学性能

工程材料在机械制造中,要满足其使用性能。即不仅要满足其力学性能、物理性能的要求,同时也要求具有一定的化学性能。尤其是要求耐腐蚀、耐高温的机械零件,更应重视其化学性能。

材料的化学性能是指材料在室温下抵抗各种化学介质作用的能力,一般包括耐腐蚀性与高温抗氧化性等。所谓高温抗氧化并不是指高温下材料完全不被氧化,而是指材料在迅速氧化后,能在表面形成一层连续、致密并与机体结合牢固的膜,从而阻止了材料进一步氧化。总的来说,非金属材料的耐腐蚀性远高于金属材料。

一、金属腐蚀的基本过程

根据金属腐蚀过程的不同特点,金属腐蚀可分为化学腐蚀和电化学腐蚀两类。

(一)化学腐蚀

金属与周围介质(非电解质)接触时单纯由化学作用而引起的腐蚀称为化学腐蚀。一般发生在干燥的气体或不导电的流体(润滑油或汽油)场合中。例如,金属和干燥气体 SO_2 相接触时,在金属表面生成硫化物,从而使金属零件因腐蚀而损坏。

氧化是最常见的化学腐蚀,形成的氧化膜通过扩散逐渐加厚。温度越高,高温下加热时间越长,氧化损耗越严重。

(二) 电化学腐蚀

金属与电解质溶液(如酸、碱、盐)构成原电池而引起的腐蚀,称为电化学腐蚀。如金属在海水中发生的腐蚀、地下金属管道在土壤中的腐蚀等均是电化学腐蚀。金属的腐蚀绝大多数是由电化学腐蚀引起的,电化学腐蚀比化学腐蚀快得多,危害性也更大。

二、防止金属腐蚀的途径

提高金属耐腐蚀应做到:一是尽可能使金属保持均匀的单相组织;二是尽量减少两极之间的电极电位差,并提高阴极的电极电位;三是尽量不与电解质溶液接触,减小甚至隔断腐蚀电流。

工程上经常采用的防腐蚀方法主要有:①选择合理的防腐蚀材料;②采用覆盖法防腐蚀;③改善腐蚀环境;④电化学保护法。

第四节 工程材料的工艺性能和经济性

一、工程材料的工艺性能

工程材料的工艺性能是指其在加工条件下成型能力的性能。如金属材料的铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能、切削加工性能等。工程材料的工艺性能好坏,决定着它加工成型的难易程度,会直接影响制造零件的工艺方法、质量以及制造成本。

(一) 铸造性能

铸造性能是指用金属液体浇注铸件时,金属易成型并获得优质铸件的性能。流动性好、收缩率小、偏析倾向小是表示铸造性能好的指标。在金属材料中,铸铁和青铜的铸造性较好。

(二) 锻造性能

锻造性能一般用金属材料的可锻性来衡量。可锻性是指材料是否易于进行压力加工的性能。一般钢的可锻性良好,而铸铁不能进行压力加工。

(三) 焊接性能

焊接性能一般用材料的可焊性来衡量。可焊性是指材料是否易于焊接在一起并能保证焊缝质量的性能。可焊性好坏一般用焊接处出现各种缺陷的倾向来评定。低碳钢的可焊性较好,而铸铁和铝合金的可焊性差。某些工程塑料也有良好的可焊性,但工程塑料与金属的焊接机制及工艺方法有所不同。

(四) 切削加工性能

切削加工性能是指材料在切削加工时的难易程度。它与材料的种类、成分、硬度、韧性、导热性及内部组织状态等许多因素有关。切削加工性能好的材料切削容易,对刀具磨损小,加工出的工件表面也比较光滑。铸铁、铜合金、铝合金及一般碳钢的切削加工性能较好。非金属材料与金属材料的切削加工工艺要求不同。

二、工程材料的经济性

材料的经济性,对于工程技术人员来说,是必须考虑的。据有关资料统计,在一般的工业部门中,材料价格要占产品价格的 30% ~ 70%。在考虑了材料的使用性能和工艺性能后,必须建立材料经济性概念。制造机械零件时,所选用材料的成本达到最低,使制造的机械零件的总成本较低,这样才能使你所在的企业取得较好的经济效益,使产品在市场上具有较强的竞争力。

复 习 题

1-1 什么叫应力?

1-2 什么叫应变?

1-3 拉伸试验一般可以得到哪些力学性能指标?

1-4 有一 $d_0 = 10\text{mm}$, $l_0 = 50\text{mm}$ 的低碳钢试样,做拉伸试验时测得: $F_s = 20.5\text{kN}$, $F_b = 31.5\text{kN}$, $d_1 = 6.25\text{mm}$, $l_1 = 66\text{mm}$,试确定此低碳钢的 σ_s 、 σ_b 、 Ψ 、 δ 。强度数值修正到 1MPa,塑性数值修正到 1%。

1-5 在生产中,冲击试验有何重要作用?

1-6 什么叫疲劳试验?

1-7 结合具体例子,说明选用材料时,如何综合考虑材料的物理性能、化学性能和材料的经济性。

第二章 工程材料的结构、强化与处理

工程材料的各种性能,尤其是力学性能,与其微观结构有关。物质的聚集状态有三种:气态、液态和固态。物质由液态转变为固态的过程称为凝固。大多数工程材料都是在固态下使用的。所以,应该认真分析和了解工程材料的固态结构与其形成过程。

第一节 金属材料的晶体结构

一、晶体结构的基本概念

物质都是由原子组成的,原子的排列方式和空间分布称为结构。固态物质根据其原子排列情况分为两种形式:晶体和非晶体。物质的结构可以通过外界条件加以改变,这种改变为材料性能的改善提供了可能。

组成物质的质点(原子、分子和离子)之间通过某种相互作用而联系在一起,这种作用力称为结合键。结合键对物质的性能有重大影响。通常结合键分为结合力较强的离子键、共价键、金属键和结合力较弱的分子键与氢键。

(一)晶体与非晶体

原子或分子通过结合键结合在一起,依键性的不同以及原子或分子的大小不同可在空间组成不同的排列,即形成不同的结构。

原子或分子在空间有秩序的排列形成晶体;无序排列是非晶体。

几乎所有的金属、大部分陶瓷以及一些聚合物在其凝固时都要发生结晶,形成原子在三维空间按一定几何规律周期性排列的有序结构,这种结构称为晶体。晶体具有固定的熔点(如 Fe 的熔点是 1538°C , Cu 的熔点是 1083°C 等)和各向异性等。

某些工程上常用的材料,包括玻璃、绝大多数的塑料和少数从液态快速冷却下来的金属,如人们所熟悉的松香、沥青等,其内部原子无规律地堆积在一起,这种结构称为非晶体。非晶体的共同特点是:

- (1)结构无序,物理性质表现为各向同性。
- (2)无固定熔点。
- (3)导热率和热膨胀性均小。
- (4)塑性变形大。
- (5)组成的变化范围大。

非晶体结构从整体上看是无序的,但在小范围内观察,还是具有一定的规律性,即是近程有序的;而晶体尽管从整体上看是有序的,但由于有缺陷,在很小的范围内也存在着无序性。故两者之间尚有共同特点且可互相转化。物质在不同条件下,既可形成晶体结构,也可形成非晶体结构。如金属液体在高速冷却下可以得到非晶体结构,玻璃经适当热