



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果



机械材料与公差

JIXIE CAILIAO YU GONGCHA

◎ 主 编 胡立炜 杨淑珍

◎ 副主编 马凤岚 卢其宜 陈毅培

◎ 主 审 陈舒拉 陈根琴

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

机械材料与公差

主 编 胡立炜 杨淑珍

副主编 马凤岚 卢其宜 陈毅培

主 审 陈舒拉 陈根琴

北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书依据机械类专业高技能型人才的培训要求,以模块构建教学体系,以任务驱动教学内容,主要包括:常用工程材料及选用;工程力学基础;尺寸公差与配合;形位公差与识读;表面粗糙度与检测;渐开线圆柱齿轮的公差与检测。本书概念清晰,内容紧凑,结合实际,强化应用。本书注重标准与实际的联系和衔接。

本书适用于高等院校机械类、机电相结合类的学生作为专业学历教材,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械材料与公差/胡立炜,杨淑珍主编. —北京:北京理工大学出版社,2010. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3296 - 8

I. ①机… II. ①胡…②杨… III. ①机械制造材料-高等学校:技术学校-教材②公差-配合-高等学校:技术学校-教材 IV. ① TH14②TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 117025 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市文通印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 18. 5

字 数 / 348 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑 / 廖宏欢

印 数 / 1~1 500 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 38. 00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

“机械材料与公差”是一门综合性的技术基础课程,它融合了《金属材料与热处理》、《工程力学》和《公差配合与检测技术》等课程的相关内容,按照新的人才培养目标为新的专业教学标准,以工作任务为线索,本着强调基础、注重能力、突出应用、力求创新的总体思路,优化整合课程内容,是机械类、机电相结合类各专业的主干技术课,具有较强的理论性和实践性,在基础课与专业课之间起着桥梁作用,在生产中具有广泛的实用性。

本教材共分为六个模块,分别为:常用工程材料及选用;工程力学基础;尺寸公差与配合;形位公差与识读;表面粗糙度与检测;渐开线圆柱齿轮的公差及检测。本课程的主要任务是使学生熟悉常用金属材料的牌号及性能特点;掌握物体的受力分析及强度校核计算;掌握公差与配合方面的知识及有关国家标准,并具有查阅有关资料的能力。

本教材在编写过程中突出以下特色:

1. 理论适度,以够用为准则。在讲清基础理论的同时,特别加强了实际应用以及工程实例的介绍,做到理论联系实际,学以致用。在案例的选择上更加注重贴近工厂实际,使学生有亲临工程现场的感觉。

2. 以工学结合为核心,以任务驱动为导向。根据读者的认知规律,用感性引导理性,从实践导入理论,从形象过渡到抽象,从整体渗透到细节,以能力为本位,以应用为目的,手脑并用,知行结合,尽最大可能实现教学目标。

3. 采用“模块化”教材结构,兼顾不同层次的需求。每个模块为一个知识单元,每项任务为一个知识点,主题鲜明,重点突出,以其良好的弹性和便于综合的特点适应教学环节的需求。在具体授课时既可满足多学时(56学时)的教学需要,也可用于少学时(20~30学时)的教学安排,亦可根据具体教学计划适当取舍内容。

4. 本书的编写,遵循新一代 GPS 思想,以国家标准为指南,既保证书中内容新鲜和权威,又充分照顾到新旧国家标准的衔接。

5. 创新编排方式,以学习者的新视角展开教材编写。同时为了扩大学生的知识面,每个模块后面还安排了“拓展知识”,可供教师根据专业特点有选择的安排教学。

本教材模块一由胡立炜编写,模块二由卢其宜编写,模块三和模块六由杨淑珍编写,模块四由马凤岚编写,模块五由陈毅培编写。全书由胡立炜和杨淑珍担任主编,由陈舒拉负责统稿,并与陈根琴教授共同担任主审。本书在编写过程中得到了

李源捧、殷立君、胡凤翔、舒翔、章力等同志的大力支持和帮助,并参考了有关老师提出的宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。

尽管我们在教材的特色建设方面作出了探索与努力,由于编者水平所限,本书难免存在疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

模块一 常用工程材料及选用	1
任务 1-1 认识金属材料的性能	1
任务 1-2 了解金属材料的知识	8
任务 1-3 探析钢的热处理工艺	17
任务 1-4 识别常用的工程材料	22
任务 1-5 掌握典型零件的选材	34
任务 1-6 拓展知识:钢铁冶炼及质量检验	46
任务 1-7 案例教学:归纳工程材料的应用	54
模块二 工程力学基础	57
任务 2-1 了解静力学的基础知识	57
任务 2-2 学习平面力系的计算方法	66
任务 2-3 拓展知识:静力学奠基人——阿基米德	70
任务 2-4 掌握杆件的内力计算	74
任务 2-5 掌握杆件的强度计算	84
任务 2-6 拓展知识:材料力学发展大事记	88
模块三 尺寸公差与配合	97
任务 3-1 识读液压缸与活塞零件图	97
任务 3-2 识读液压缸与活塞装配图	104
任务 3-3 认识零件图中尺寸公差的标注形式	110
任务 3-4 比较两种基准制的异同点	120
任务 3-5 掌握公差与配合的选用	125
任务 3-6 案例教学:公差与配合综合应用	145
模块四 形位公差与识读	153
任务 4-1 识读法兰盘零件图的形位公差	153
任务 4-2 了解形位公差与位置公差概念	154
任务 4-3 学习形位公差的标注	165
任务 4-4 探析公差原则及其应用特点	171

任务 4-5 掌握形位公差的选用	184
任务 4-6 拓展知识:形位误差的检测	197
任务 4-7 案例教学:齿轮泵形位公差标注	218
模块五 表面粗糙度	226
任务 5-1 了解表面粗糙度	226
任务 5-2 介绍表面粗糙度国家标准	227
任务 5-3 选用表面粗糙度参数及其数值	232
任务 5-4 掌握表面粗糙度代号及其标注	235
任务 5-5 学习表面粗糙度的检测	239
任务 5-6 拓展知识:表面粗糙度新国家标准	242
任务 5-7 案例教学:阶梯轴表面粗糙度的测量	256
模块六 渐开线圆柱齿轮的公差与检测	259
任务 6-1 了解齿轮的使用要求及三个公差组	259
任务 6-2 掌握单个齿轮的评定指标及其检测	261
任务 6-3 掌握齿轮副的评定指标及其检测	273
任务 6-4 掌握渐开线圆柱齿轮精度指标	275
任务 6-5 案例教学:减速器中圆柱齿轮的精度设计	285
参考文献	290

模块一 常用工程材料及选用

任务说明 >>>

由实例或要求引入工程材料(金属材料)的性能、金属材料的知识、钢的热处理工艺、常用工程材料的识别及选用。

基本知识 >>>

工程材料(金属材料)的性能及金属材料的知识。

重点知识 >>>

常用工程材料的识别。

难点知识 >>>

常用工程材料的选用及热处理工艺。

任务1-1 认识金属材料的性能

一、认识金属材料及性能要求

材料是人类用来制作各种产品的物质。人类生活与生产都离不开材料,它的品种、数量和质量是衡量一个国家现代化程度的重要标志。现代材料种类繁多,据粗略统计,目前世界上材料种类总和已达40多万种,并且每年还以5%的速率增加。

工程材料通常可分为金属材料、非金属材料和复合材料三大类。虽然现代工业中新型非金属材料、复合材料的应用范围在不断扩大,并在工程材料中占越来越重要的地位,但工业生产中常用的工程材料仍然是金属材料。在各种机器设备所用材料中,金属材料约占90%以上。这是由于金属材料不仅来源丰富,而且使用性能与其成分、组织及加工工艺密切相关,可通过不同的处理方法来改变金属的表面成分和内部组织结构,以获得不同的性能,从而满足不同的使用要求。

因此,机械设计和制造的重要任务之一,就是合理地选用材料和正确制定材料的加工工艺。

如图1-1所示为用合金钢制造的柴油机连杆螺栓实物图,因为对其力学性能要求较高,故提出下列技术要求:抗拉强度 $\sigma_b \geq 931\text{MPa}$;

屈服强度 $\sigma_s \geq 784\text{MPa}$;断后伸长率 $\delta \geq 12\%$;冲击韧度 $\alpha_k \geq 78.4\text{J/cm}^2$;硬度300~350HBW。

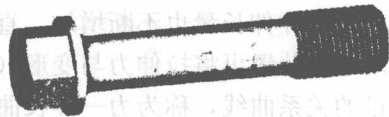


图1-1 连杆螺栓实物图

技术要求包括强度(σ_b, σ_s)、塑性(δ, ψ)、冲击韧性(α_k)和硬度(HBW)等力学性能指标。通过测定该零件试样的力学性能,得到这些性能指标值,从而判断零件是否达到了技术要求。

如前所述,柴油机连杆螺栓使用了合金材料。一般情况下,纯金属应用较少(价格贵且强度较低)。所谓合金,是指由两种或两种以上的元素(其中至少有一种是金属元素)所组成的具有金属性质的物质。最常用的合金,有以铁为基础的铁碳合金,如碳素钢、合金钢、灰口铸铁等;还有以铜或铝为基础的铜合金和铝合金,如青铜、黄铜等。纯金属与合金统称为金属材料。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两大类。使用性能包括力学性能、物理性能和化学性能等;工艺性能是指铸造性、锻造性、焊接性、热处理性能和切削加工性等。

在设计机器零件时,必须首先熟悉金属材料的各种性能,才能根据零件的技术要求,合理地选用所需的金属材料。

二、金属材料的使用性能

1. 金属材料的力学性能

力学性能是指金属在外力作用下所显示的,与弹性和非弹性反应相关或涉及应力—应变关系的性能,主要有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。用于表征和判定金属力学性能所用的指标和依据,称为金属力学性能判据。判据的高低表征了金属抵抗各种损伤作用能力的大小,也是金属制件设计时选材和进行强度计算的主要依据。

(1) 强度

强度是指金属抵抗永久变形(塑性变形)和断裂的能力。工程上常用屈服点、抗拉强度作为强度判据。测定金属强度判据的常用方法是拉伸试验。

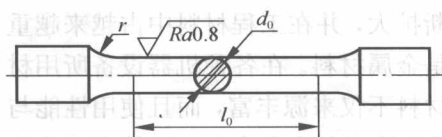


图 1-2 圆形拉伸试样简图

试验前,将被测金属材料制成标准拉伸试样(GB/T 6397—1986)。比较常用的试样截面为圆形,称为圆形拉伸试样,如图 1-2 所示。图中 d_0 为试样的原始直径(mm), l_0 为试样的原始长度(mm)。

试验时,将拉伸试样夹在拉伸试验机上,缓慢增大拉伸力。随拉伸力不断增加,试样伸长量也不断增加,直至试样被拉断。在整个拉伸过程中,试验机的自动记录装置可将拉伸力与变形(伸长)量描绘在坐标图上,即得到拉伸力和伸长量的关系曲线,称为力—伸长曲线(或拉伸曲线),如图 1-3 所示。

由图 1-3 可见,OE 段为一斜直线,表示伸长量与拉伸力成正比,试样随拉力的增加而均匀伸长,此时若去掉拉伸力,试样可完全恢复到原来的形状和尺寸,即材料处于弹性变形阶段。当拉伸力超过 F_e 后,试样除产生弹性变形外,还开始产生塑

图 1-3 低碳钢的力—伸长曲线

金属材料拉伸时的强度用应力来度量。受外力作用后，导致物体内部之间的相互作用力，称为内力，单位面积上的内力称为应力，用符号 σ 表示。强度的主要判据有弹性极限、屈服点（或屈服强度）和抗拉强度。

弹性极限是指试样产生完全弹性变形时所能承受的最大拉应力，用符号 σ_e 表示，单位为 MPa。

式中 F_e ——试样产生完全弹性变形时的最大拉伸力 (N);

2) 屈服点

屈服点是指试样在试验中力保持恒定仍能继续伸长(变形)时的应力,用符号 σ_s 表示,单位为MPa。

式中 F_s ——产生屈服时的拉伸力 (N);

A_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

零件工作时，一般不允许产生塑性变形。因此，屈服点是设计和选材时的主要参数。

抗拉强度是指试样被拉断前所能承受的最大拉应力,用符号 σ_b 表示,单位为MPa。

式中 F_b ——试样拉断时的最大拉伸力 (N)。

σ_b 表征了材料对最大均匀塑性变形或断裂的抵抗能力。屈强比(σ_s/σ_b)越小, 零件可靠性越高, 若超载也不会立即断裂。但屈强比太小, 则材料强度的有效利用率降低。 σ_b 也是设计和选材时的主要参数。

(2) 塑性

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力,其主要判据为断后伸长率和断面收缩率。它们也是通过拉伸试验测得的。

1) 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉断后标距伸长与原始标距的百分比,用符号 δ 表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 l_1 ——试样拉断后的长度 (mm);
 l_0 ——试样的原始标距长度 (mm)。

同一材料标距长度不同,其断后伸长率数值不同,而且不能直接比较。长试样的伸长率用符号 δ_{10} 表示,短试样用 δ_5 表示。

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,用符号 ψ 表示。

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 A_1 ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积 (mm²);

A_0 ——试样最初最小横堆面积 (mm²)。

断面收缩率不受试样尺寸影响,因此能比较确切地反映材料的塑性。

一般情况 δ 或 ψ 的值越大,表明材料塑性越好。塑性好的材料可用轧制、锻造、冲压等方法加工成形。塑性好的零件若超载,也可因其塑性变形而避免突然断裂,提高了工作的安全性。

(3) 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量材料软硬程度的判据。

材料的硬度可用硬度试验测定。硬度试验设备简单,操作简便、迅速,可直接在半成品或成品件上进行试验而不损坏被测件,并且还可根据硬度值估计出材料的近似程度和耐磨性,因此,硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能,应用很广。常将硬度作为技术要求标注在零件图样和工艺文件中。

硬度试验的方法较多,最常用的是布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法。这里主要介绍布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法的有关知识。

1) 布氏硬度

布氏硬度试验原理如图 1-4 所示,用直径为 D 的硬质合金(或淬火钢)球作压头,以相应试验力 F 压入试件表面,经规定的保持时间后,卸除试验力,得到一直径为 d 的压痕。用试验力除以压痕表面积,所得值即为布氏硬度值,用符号 HBW (或 HBS) 表示。

$$HBW = \frac{F}{A_{\text{压}}} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-6)$$

式中 F ——试验力 (N);

$A_{\text{压}}$ ——压痕表面积 (mm^2);

D ——压头直径 (mm);

d ——压痕平均直径 (mm)。

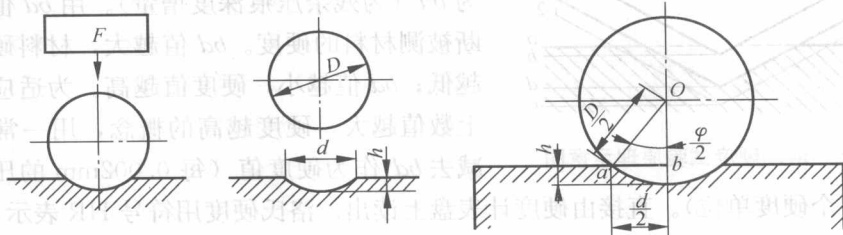


图 1-4 布氏硬度试验原理示意图

式 (1-6) 中只有 d 是变量, 实际应用中可通过计算或查布氏硬度表得出相应的硬度值。

由于各种材料软硬程度不同, 工件薄厚、大小不同, 因此在布氏硬度试验时, 应选用不同的试验力、不同直径的压头和试验力保持时间。通常采用的压头为 10mm 的硬质合金球, 试验力保持时间为: 钢铁材料 10~15s; 非铁金属 30s。

实际试验时, 布氏硬度只需根据测出的压痕平均直径 d 查表即可得到硬度值。 d 值越大, 硬度值越小; d 值越小, 硬度值越大。布氏硬度一般不标单位, 其表示方法为: 在符号 HBW 前写出硬度值, 符号后面依次用相应数字注明压头直径、试验力和保持时间 (10~15s 时不标注)。例如, 350HBW5/750 表示用直径为 5mm 的硬质合金球作压头, 在 7.355kN (750kgf)^① 试验力作用下保持 10~15s 所测得的布氏硬度值为 350。

布氏硬度压痕面积较大, 能反映较大范围内材料的平均硬度, 测定的结果较稳定、准确。但布氏硬度试验不够简便, 压痕大, 对金属表面损伤较大, 不宜测试薄件或成品件。HBW 适于测量硬度值小于 650 的材料。目前使用布氏硬度主要用来测定灰铸铁、非铁金属以及经退火、正火和调质处理的钢材等。

2) 洛氏硬度

洛氏硬度试验是采用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588mm 的淬火钢球作压头, 在初始试验力及总试验力先后作用下, 将压头压入试样表面, 应按规定的保持时间后卸除主试验力, 用测量的残余压痕深度增量计算硬度的一种压痕硬度试验方法。

^① 图 1-4 图例为布氏硬度试验示意图, 是 (1-6) 图例的示意图。

^① kgf 为非常用单位, 1kgf=9.807N。

如图 1-5 所示, 1-1 为加上初始试验力后, 压头经试件表面 a 压入到 b 处, b 处为测量压入深度的起点 (可防止试件表面不平引起的误差); 2-2 为在初始试验力和主试验力共同作用下, 压头压入到 c 处; 3-3 为卸除主试验力而保持初始试验力的条件下, 因试件弹性变形的恢复使压头回升的位置。因此, 压头在主试验力作用下, 实际压入试件产生塑性变形的压痕深度为 bd (为残余压痕深度增量)。用 bd 值可判断被测材料的硬度。 bd 值越大, 材料硬度值越低; bd 值越小, 硬度值越高。为适应习惯上数值越大, 硬度越高的概念, 用一常数 K 减去 bd 作为硬度值 (每 0.002mm 的压痕深度为一个硬度单位)。直接由硬度计表盘上读出。洛氏硬度用符号 HR 表示, 即

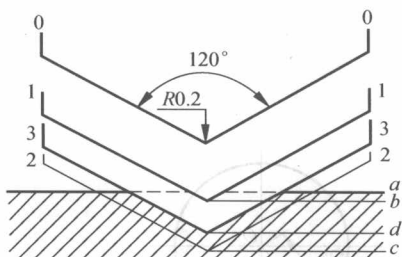


图 1-5 洛氏硬度试验原理示意图

硬度计表盘上读出。洛氏硬度用符号 HR 表示, 即

$$HR = K - bd / 0.002 \quad (1-7)$$

其中当金刚石作压头时, K 为 100; 淬火钢球作压头时, K 为 130。

为使同一硬度计能测试不同硬度范围的试件, 可采用不同的压头和试验力。根据压头和试验力不同, 洛氏硬度有不同的标尺, 常用的有 HRA、HRB 和 HRC 三种, 其中 HRC 应用最广。洛氏硬度的表示方法为: 在符号前面写硬度值, 如 62HRC、80HRA 等。洛氏硬度的试验条件和应用范围见表 1-1。

表 1-1 常用洛氏硬度的试验条件和应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 F/N (kgf)	硬度有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥	588.4 (60)	20~88	硬质合金、表面淬火钢等
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 钢球	980.7 (100)	20~100	非铁金属、退火钢、软钢
HRC	120°金刚石圆锥	1 471.1 (150)	20~70	淬火钢、调质钢

洛氏硬度试验操作简便、迅速, 压痕小, 对试件表面损伤小, 可直接测量成品或较薄工件。但因压痕小, 对组织和硬度不均匀的材料, 所测结果不够准确。因此, 需在试件上测定多点取平均值。通常多用于测定较硬材料的硬度。

洛氏硬度与布氏硬度 ($>220\text{HBS}$ 时) 有以下近似关系:

$$1\text{HRC} \approx 10\text{HBS}$$

(4) 冲击韧度

强度、塑性、硬度等力学性能指标是在静载荷下测定的, 但机械设备中有很多零件要承受冲击载荷。这些载荷比静载荷的破坏能力要大得多, 除具有足够的静载荷作用下的力学性能指标外, 还必须具有足够抵抗冲击载荷的能力。

冲击韧度是在冲击载荷作用下, 金属材料抵抗破坏的能力。常用试样破坏时所消耗的功来表示。

冲击韧度的测定方法 (图 1-6) 是: 将待测材料制成标准缺口试样图 (图 1-6 (a))。把试样放入试验机支座 C 处, 使一定重量 G 的摆锤自高度 h_1 自由落下,

冲断试样后摆锤升到高度 h_2 ，则冲断试样所消耗的冲击功 $W_k = G(h_1 - h_2)$ 。这可在冲击试验机的刻度盘上指示出来。

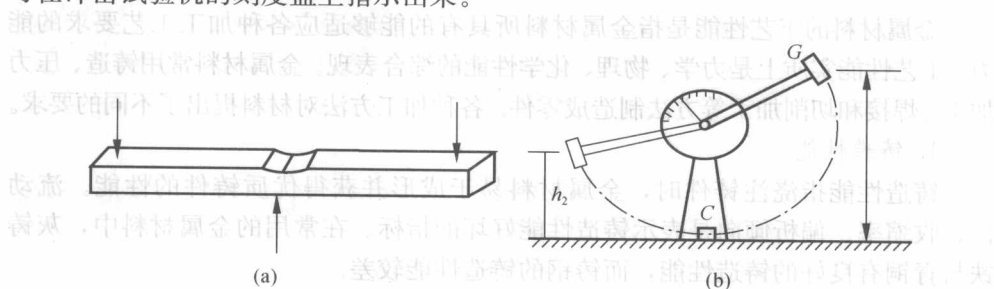


图 1-6 冲击试验原理图

(a) 冲击试样；(b) 冲击实验示意图

冲击韧度的大小用 α_k 表示， α_k 是试样缺口处单位面积 A 所消耗的冲击功，即

$$\alpha_k = W_k / A \quad (1-8)$$

其中， α_k (单位为 J/cm^2) 值越大，表示材料的韧性越好，在受到冲击时越不容易断裂。

(5) 疲劳强度

许多机械零件都是在循环载荷的作用下工作的，虽然其工作应力低于材料的屈服强度，仍然会产生疲劳裂纹，发生突然断裂，故具有很大的危险性。

疲劳强度是在规律性变化应力的长期作用下，材料抵抗破坏的能力。显然，材料的疲劳强度的大小与应力的变化次数有关。

疲劳强度用 σ_{-1} 表示，它与强度极限大致有如下的经验关系：钢 $\sigma_{-1} \approx 0.5\sigma_b$ ；铸铁 $\sigma_{-1} \approx 0.4\sigma_b$ ；非铁金属 $\sigma_{-1} \approx (0.3 \sim 0.4)\sigma_b$ 。

2. 金属材料的物理和化学性能

(1) 物理性能

金属材料的物理性能主要有密度、熔点，热膨胀性、导热性和导电性等。由于机械零件的用途不同，其物理性能的要求也不同。例如，飞机零件要选用密度小的材料来制造；设计电机、电器零件时，常要考虑其导电性等。同时，材料的物理性能对加工工艺也有一定的影响。例如，锡基轴承合金、铸铁和铸钢的熔点各不相同，因此这三者的熔炼工艺就有很大的不同；高速钢的导热性较差，锻造、热处理时加热速度应很慢，否则将产生裂纹。

(2) 化学性能

化学性能是金属材料在常温或高温时抵抗各种化学作用的能力，如耐酸性、耐碱性和抗氧化性。

对于在腐蚀介质中或在高温下工作的零件，由于其腐蚀作用比在空气中或室温下工作时更为强烈，因此在设计这类零件时，应特别注意金属材料的化学性能，并采用化学稳定性良好的合金，如化工设备、医疗机械可采用不锈钢。

三、金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属材料所具有的能够适应各种加工工艺要求的能力。工艺性能实质上是力学、物理、化学性能的综合表现。金属材料常用铸造、压力加工、焊接和切削加工等方法制造成零件。各种加工方法对材料提出了不同的要求。

1. 铸造性能

铸造性能指浇注铸件时,金属材料易于成形并获得优质铸件的性能。流动性、收缩率、偏析倾向是表示铸造性能好坏的指标。在常用的金属材料中,灰铸铁与青铜有良好的铸造性能,而铸钢的铸造性能较差。

2. 锻造性能

锻造性能一般用材料的可锻性来衡量。金属材料的可锻性是指材料在压力加工时,能改变形状而不产生裂纹的性能。它实质上是材料塑性好坏的表现。钢能承受锻造、轧制、冷拉和挤压等形变加工,表现出良好的可锻性。钢的可锻性与化学成分有关,低碳钢的可锻性好,碳钢的可锻性一般较合金钢好。铸铁则没有可锻性。

3. 焊接性能

焊接性能一般用材料的可焊性来衡量。金属材料的可焊性是指材料在通常的焊接方法和焊接工艺条件下,能否获得质量良好焊缝的性能。可焊性好的材料,易于用一般的焊接方法和工艺进行焊接,焊缝中不易产生气孔、夹渣或裂纹等缺陷,其强度与母材相近。可焊性差的材料要用特殊的方法和工艺进行焊接。因此,焊接性能影响金属材料的应用。

通常,可从材料的化学成分估计其焊接性能。在常用金属材料中,低碳钢有良好的可焊性、高碳钢和铸铁可焊性较差。

4. 加工性能

切削加工性能指对工件材料进行切削加工的难易程度。金属材料的切削加工性,不仅与材料本身的化学成分、金相组织有关,还与刀具的几何形状等有关。通常,可根据材料的硬度和韧性对材料的切削加工性作大致的判断。硬度过高或过低、韧性过大的材料,其切削性能较差。碳钢硬度为 150~250HBS 时,有较好的切削加工性。硬度过高,刀具寿命短甚至不能切削加工;硬度过低,不易断屑,容易粘刀,加工后的表面粗糙。灰口铸铁具有良好的切削加工性能。

项目训练 >>>

实验:金属材料强度和塑性的测定。

任务 1-2 了解金属材料的知识

一、了解金属材料的化学成分与组织结构

金属材料的性能不仅决定于它们的化学成分,而且还决定于它们的内部组织结

构。例如,含碳量不同的钢,强度、硬度、塑性各异。即使化学成分相同,组织结构不同时其性能也会有很大的差别。例如,含碳量为0.8%的高碳钢加热到一定温度后,在炉中缓慢冷却,硬度很低,约为150HBS;在水中冷却,硬度则高达600~620HBS。这种性能的差别是由于两种冷却方法所获得的组织不同所造成。可见,要正确选择和使用材料,必须了解金属材料的组织结构及其对性能的影响。

二、金属及合金的结晶

1. 金属的晶体结构

固体物质中原子排列有两种情况:一是原子呈周期性有规则的排列,这种物质称为晶体。二是原子呈不规则的排列,这种物质称为非晶体。固态金属及合金一般都是晶体,而且大都属于多晶体,它是由许多方位各不相同的单晶体块组成的,如图1-7所示。每个单晶体的外形为不规则的颗粒状,通常把它称为“晶粒”。晶粒之间的分界面叫晶界。单晶体具有各向异性的特征,多晶体的性能是各不同方位单晶块的统计平均性能,因而显示出各向同性。

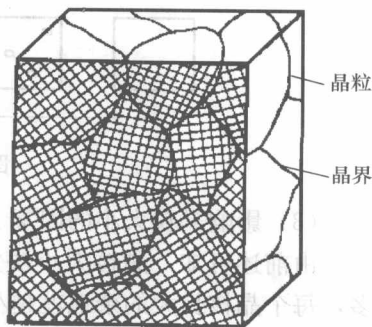


图 1-7 金属多晶体的示意图

金属晶体中的晶体缺陷、杂质、晶界等,对金属的性能往往有重大影响。如晶界的抗腐蚀性差、熔点低等。

2. 金属的结晶过程

液态金属冷却到凝固温度时,原子由无序状态变为按一定的几何形状作有序排列。金属由液态转变为固态而形成晶体的整个过程,称为结晶。

(1) 金属的冷却曲线与过冷度

纯金属的结晶是在一定温度下进行的,这个温度称为结晶温度。每种金属都有一定的理论结晶温度,常用 T_0 表示。金属的结晶过程可用冷却曲线(图1-8)表示。纯金属的冷却曲线有一水平段,对应的温度为实际结晶温度 T_n 。由于结晶潜热的释放使结晶温度保持不变,直至全部结晶成固态金属为止,温度才继续下降。实验证明,纯金属的实际结晶温度总是低于理论结晶温度,这一现象称为“过冷”。过冷度 $\Delta T = T_0 - T_n$ 。

过冷是金属结晶的必要条件,但结晶时的过冷度不是一个恒定值,它与过冷速度有关,冷却速度越大,结晶时的过冷度也越大,一般工业金属的过冷度都不超过 $10^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 。

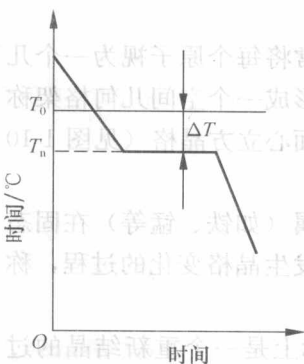


图 1-8 纯金属冷却曲线

2. 结晶过程

大量的实验证明,金属结晶是由三个密切联系的基本过程实现的,即①孕育:在金属液体内形成与固体结构相同的小晶胚;②生核:在过冷金属液体中一定尺寸的晶胚成为结晶的核心——晶核(有规则排列的原子集团);③长大:每一晶核吸收其周围的原子呈有规则排列而逐步长大为一小晶体,直至全部晶体扩大到相互接触,液体金属完全消失,结晶即告完成,最后形成许多大小不一、外形不规则的晶体。图 1-9 为结晶示意图。但要注意,结晶的三个基本过程是同时进行的,主要是晶核不断生成和不断长大的过程。

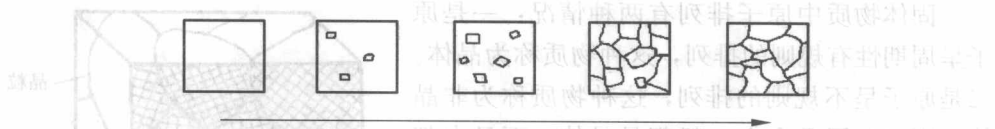


图 1-9 结晶过程示意图

(3) 影响晶粒大小的因素

由前述可知,晶粒大小决定于晶核数目的多少和晶核长大的速率。晶核越多,每个晶核长大的余地就越小,长成的晶粒就越细;若晶核长大的速率小,长成的晶粒尺寸就小,反之则晶粒粗大。因此,凡是能促进晶核生成和抑制晶粒长大的因素,都能细化晶粒。过冷度和难熔杂质是影响晶粒大小的两个主要因素。提高冷却速度,增大过冷度,可使晶粒变细。难熔杂质对细化晶粒的作用十分明显。因此,在生产实践中,常用向液态金属加入难熔固态物质的方法,增加晶核数目,细化晶粒。难熔的固态物质称为“孕育剂”,这种处理方法称为“孕育处理”或“变质处理”。

(4) 晶粒大小与力学性能的关系

晶粒大小对金属材料的力学性能有很大影响。晶粒细小,则强度、硬度较高,塑性、韧性较好。晶粒粗大,则力学性能明显下降。

3. 金属的同素异构转变

为便于分析比较各种晶体内部原子的排列规则,通常将每个原子视为一个几何质点,并用一些假想的几何线条将各质点连接起来,形成一个空间几何格架称为晶格。在金属材料中最常见的晶格有体心立方晶格和面心立方晶格(见图 1-10 右部)。

多数金属结晶后的晶格类型都保持不变,但有些金属(如铁、锰等)在固态下晶格结构会随温度的变化而发生改变。金属在固态下发生晶格变化的过程,称为金属的同素异构转变。

金属的同素异构转变是原子重新排列的过程,实际上是一个重新结晶的过程,亦应遵守前述结晶的一般规律。

铁是具有同素异构转变的金属。固态的铁有两种晶格,出现在不同的温度范