



高等职业院校机电类专业“十三五”系列规划教材



工 程 材 料

GONGCHENG CAILIAO



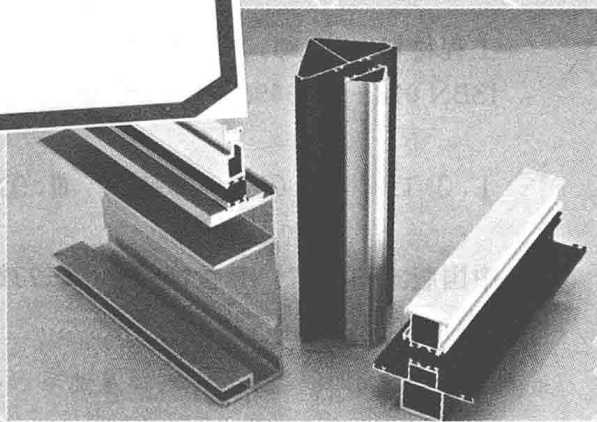
主 编 刘晖晖 韩蕾蕾
副主编 吴超华 余 帆



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



高等职业院校机电类专业“十三五”系列规划教材



工程材料

GONGCHENG CAILIAO



主 编 刘晖晖 韩蕾蕾
副主编 吴超华 余 帆



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程材料/刘晖晖,韩蕾蕾主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2017.7
ISBN 978-7-5650-3475-6

I. ①工… II. ①刘…②韩… III. ①工程材料 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 175641 号

工程材料

主 编 刘晖晖 韩蕾蕾

责任编辑 马栓磊

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 理工编辑部: 0551-62903055
市场营销部: 0551-62903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版 次 2017 年 7 月第 1 版
印 次 2017 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 11.75
字 数 267 千字
印 刷 合肥现代印务有限公司
发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-3475-6

定价: 28.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换

前 言

工程材料是机械类和近机类专业的一门重要的专业基础课。工程材料课程的任务是从应用的目的出发,论述工程材料的基本理论,介绍常用工程材料的成分、工艺、组织结构与性能之间的关系及其应用等知识。为了适应教学改革,需要压缩课程的学时数。因此全书内容仍按课程教学基本要求编写,保留了现有同类教材的基本内容,避免结构不全不利教学。本书对教学内容进行了优化,避免过于繁琐的陈述,对整体篇幅进行了控制。

本书由文华学院刘晖晖、韩蕾蕾担任主编,武汉理工大学吴超华和武昌首义学院余帆担任副主编。刘晖晖编写绪论、第二章、第三章、第五章、第七章,韩蕾蕾编写第四章、第六章、第八章、第九章、第十章,吴超华、余帆编写第一章。

本书的出版得到了合肥工业大学出版社、湖北大信博文图书发行有限公司的大力支持,编者在此表示衷心的感谢!由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

绪 论	001
第一章 工程材料的分类和金属材料的性能	002
第一节 工程材料的分类	002
第二节 金属材料的性能	003
第二章 金属的晶体结构	011
第一节 金属的晶体结构	011
第二节 实际金属的晶体缺陷	019
第三节 纯金属的结晶	022
第三章 二元合金的结构与相图	027
第一节 合金中的相	027
第二节 二元合金相图	030
第四章 铁碳合金	041
第一节 Fe-Fe ₃ C 系合金的组元与基本相	041
第二节 Fe-Fe ₃ C 相图	043
第三节 典型铁碳合金的平衡结晶过程	045
第四节 铁碳合金相图的应用	052
第五节 碳钢中常存杂质	054
第五章 钢的热处理	056
第一节 钢在加热时的转变	057
第二节 钢在冷却时的转变	059
第三节 钢的退火与正火	068

第四节	淬火与回火	071
第五节	钢的表面热处理和其他热处理	079
第六章	金属的塑性变形与再结晶	089
第一节	单晶体金属的塑性变形	089
第二节	多晶体金属的塑性变形	091
第三节	冷塑性变形对金属组织和性能的影响	092
第四节	冷变形金属在加热时组织和性能的变化	095
第五节	金属的热加工	097
第七章	钢铁材料	100
第一节	钢的分类和编号	100
第二节	合金元素在钢中的作用	104
第三节	合金结构钢	106
第四节	合金工具钢	112
第五节	特殊性能钢	118
第六节	铸铁的分类和应用	121
第八章	有色金属及其合金	131
第一节	铝及铝合金	131
第二节	铜及铜合金	137
第三节	钛及钛合金	142
第四节	滑动轴承合金	145
第九章	非金属材料	149
第一节	高分子材料	149
第二节	陶瓷材料	155
第三节	复合材料	159
第十章	机械零件失效及选材	163
第一节	零件的失效形式	163
第二节	零件选材的一般原则	168
第三节	典型零件选材及工艺分析	172
参考文献		181

绪 论

一、材料的发展

材料(materials)是人类用来制作各种产品的物质,是先于人类存在的,是人类生活和生产的物质基础,它反映了人类社会文明的水平。材料、生物、能源、信息是支撑人类文明大厦的四大支柱技术。

人类经历了石器时代(古猿到原始人的漫长进化过程,使用燧石和石英石原料),新石器时代(原始社会末期开始用火烧制陶器),青铜器时代(公元前 2140 年开始),铁器时代(春秋战国时期开始大量使用铁器),钢铁新时代(18 世纪后),到 20 世纪五六十年代钢铁基本达到鼎盛时期,现在进入了有机合成材料、复合材料、陶瓷材料、功能材料等新材料快速发展的时期。

二、课程的目的和内容

本课程是机械类、近机类专业的一门专业基础课,课程设置的主要目的是让学生学习工程材料的基本理论,熟练掌握材料的化学成分、加工工艺、组织结构与性能之间的关系,使学生获得有关工程结构和机器零件中常用的材料的基本理论知识,并能够做到以下几点:

- (1)合理地选择金属材料;
- (2)正确地拟定各种加工工艺过程,充分发挥材料的潜力,延长寿命,节约材料;
- (3)按给定的性能开发新的合金。

第一章 工程材料的分类和金属材料的性能

第一节 工程材料的分类

工程材料主要用来制造工程构件和机械零件,一般将工程材料分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料等四大类,其中最基本的是金属材料。

1. 金属材料

以过渡族金属为基础的纯金属及含有金属、半金属或非金属的合金。工业上通常把金属材料分为两大类:

- (1)黑色金属——铁和以铁为基的合金(钢、铸铁等);
- (2)有色金属——黑色金属以外的所有金属及其合金。

2. 高分子材料

以高分子化合物为主要成分的材料。

- (1)塑料:主要指工程塑料,又分热塑性和热固性塑料。
- (2)合成纤维:由单体聚合而成再经过机械处理成的纤维材料。
- (3)橡胶:经硫化处理,弹性优良的聚合物,分通用橡胶和特种胶。
- (4)胶黏剂:分树脂型、橡胶型和混合型。

3. 陶瓷材料

由一种或多种金属元素与非金属元素的氧化物、碳化物、氮化物、硅化物及硅酸盐等所组成的无机非金属多晶材料,通常可分为以下几种。

- (1)普通陶瓷:主要为硅、铝氧化物的硅酸盐材料。
- (2)特种陶瓷:高熔点的氧化物、碳化物、氮化物等烧结材料。
- (3)金属陶瓷:用生产陶瓷的工艺来制取的金属与碳化物或其他化合物的粉末制品。

4. 复合材料

是由两种或两种以上的材料组合而成的材料。

- (1)按基体相种类分:聚合物基、金属基、陶瓷基、石墨基等。
- (2)按用途分:结构复合材料、功能复合材料、智能复合材料等。

在人类漫长的历史进程中,材料一直是社会进步的物质基础和先导。在 21 世纪,材料科学必将在当代科学技术迅猛发展的基础上,朝着高功能化、高性能化、复杂化和智能化的方向发展,从而为人类社会的物质文明建设做出更大贡献。

第二节 金属材料的性能

金属材料的性能分为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反映出来的特性,它决定金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命。使用性能又分为机械性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指金属材料在制造加工过程中反映出来的各种特性,是决定它是否易于加工或如何进行加工的重要因素。

在选用金属材料和制造机械零件时,主要考虑力学性能和工艺性能。在某些特定条件下工作的零件,还要考虑化学性能和其他物理性能。

一、金属材料的力学性能

机械零件或工具,在使用过程中,往往要受到各种形式外力的作用。如起重机上的钢索,受到悬吊物拉力的作用;柴油机上的连杆,在传递动力时,不仅受到拉力的作用,而且还受到冲击力的作用;轴类零件要受到弯矩、扭力的作用;等等。为了保证零件能长期正常地使用,金属材料必须具备抵抗外力而不破坏或变形的性能,这种性能称为力学性能(也叫机械性能),即金属材料在外力作用下所反映出来的力学性能。金属材料的力学性能是零件设计计算、选择材料、工艺评定以及材料检验的主要依据。

不同的金属材料表现出来的力学性能是不一样的,衡量金属材料力学性能的主要指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1. 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力。强度大小通常用应力表示。不同材料的强度指标和塑性指标可以用拉伸试验方法测定。

拉伸实验是在拉伸试验机上进行的,按国家标准 GB/T 228—2002 制作标准拉伸试样(分为长试样 $L_0=10d_0$,短试样 $L_0=5d_0$) 在试验机上缓慢地从试样两端由零开始加载使之承受轴向拉力 P ,并引起试样沿轴向伸长($\Delta L=L_1-L_0$),直至试样断裂。将拉力 P 除以试样横截面积 A_0 ,即得拉应力 σ ;将伸长量除以原始长度 L_0 ,即得应变 ϵ 。以 σ 为纵坐标,以 ϵ 为横坐标,即可画出应力—应变曲线,如图 1-1 所示。图中试样在断裂前经历四个变形阶段:

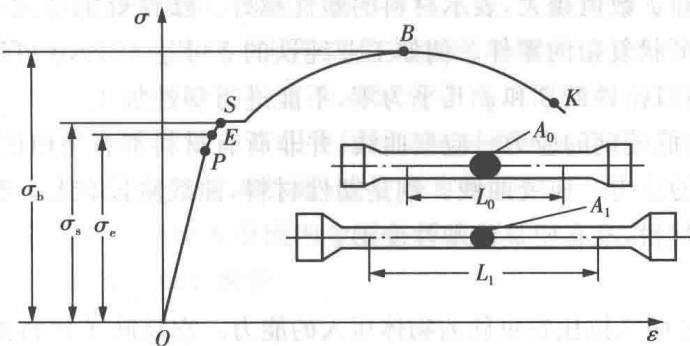


图 1-1 低碳钢应力—应变曲线

a. 弹性变形阶段。曲线中开始一段为直线,在这一段的加载过程中,若中途卸除载荷,则试样恢复原状,这种可恢复的变形成为弹性变形。直线部分的斜率用 E 表示,称为弹性模量,此值仅与材料有关,反映了材料抵抗弹性变形能力的大小,即刚度。 E 越大,则弹性越小,刚度越大;反之, E 越小,则弹性越大,刚度越小。材料在使用过程中,如刚度不足,则会由于发生过大的弹性变形而失效。 σ_e 为保持弹性变形的最大应力,称为弹性极限。

b. 屈服阶段。当载荷增加到 S 点时曲线转为一水平段,即应力不增加而变形继续增加,这种现象称为“屈服”。若此时卸载,试样的伸长只能部分地恢复,而保留一部分残余变形,即产生塑性变形。试样产生屈服时的应力称为屈服强度,以 σ_s 表示。

但有许多金属材料没有明显的屈服现象。按国家标准 GB/T 228—2002 规定,通常规定以试样残余伸长率为 0.2% 时的应力 $\sigma_{0.2}$ 来表示,称为条件屈服强度。 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 是机械零件设计和选材的主要依据,以此来确定材料的许用应力。

c. 均匀变形阶段。在屈服阶段以后,欲使试样继续伸长,必须不断加载,直到达到相应程度。在此过程中,随着塑性变形增加,试样变形抗力也逐渐增加称加工硬化。

d. 颈缩阶段。当应力达到最大值时,试样的直径发生局部收缩,称为颈缩。此后由于试样截面变小而不足以抵抗外力的作用,在 K 点发生断裂。断裂前最大应力为抗拉强度,以 σ_b 表示。

2. 塑性

塑性指材料在外力作用下发生塑性变形而不断裂的能力。工程中常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \tag{1-1}$$

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \tag{1-2}$$

式中: L_0 ——试样的标距原长(mm);
 L_1 ——试样拉断后的标距长度(mm);
 A_1 ——试样拉断后颈缩处的最小横截面面积(mm²)。

注意:长试样的伸长率用符号 δ_{10} 表示,短试样的伸长率用符号 δ_5 表示,习惯上 δ_{10} 也写成 δ 。比较不同材料的伸长率时,应尽量采用同样尺寸规格的试样。

金属材料的 δ 和 ψ 数值越大,表示材料的塑性越好。塑性好的金属可通过压力加工、焊接等加工方法制成形状复杂的零件。例如工业纯铁的 δ 可达 50%, ψ 可达 80%,可以拉成细丝、扎薄板等。而白口铸铁的 δ 和 ψ 几乎为零,不能进行塑性加工。

图 1-1 所示是低碳钢的应力—应变曲线,并非所有材料都有类似的曲线形状。图 1-2 所示的为铜和铸铁的应力—应变曲线。铜是塑性材料,曲线阶段较长,且不出现明显的屈服阶段。铸铁属脆性材料,没有明显的塑性变形。

3. 硬度

硬度是指材料表面抵抗比它更硬的物体压入的能力。它反映了材料抵抗局部塑性变形的能力,是检验毛坯或成品件、热处理件的重要性能指标。一般来讲,硬度越高,越有利于耐磨性

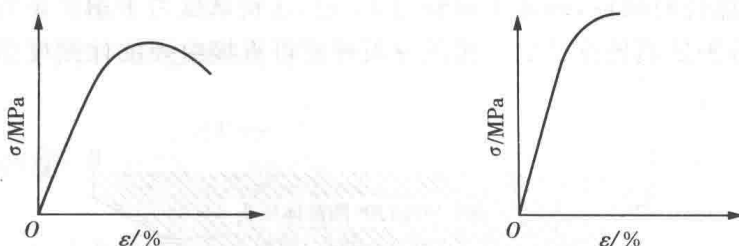


图 1-2 铜、铸铁的应力应变曲线

的提高。生产中常用的硬度测试法为压入法,主要有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度三种。

(1) 布氏硬度

将一直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球作为压头,在载荷的作用下压入被测试金属表面,保持一定时间后卸载,测量金属表面形成的压痕直径 d ,并根据所测直径查表,即可得布氏硬度值。布氏硬度原理图如图 1-3 所示。

$$\text{布氏硬度} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1-3)$$

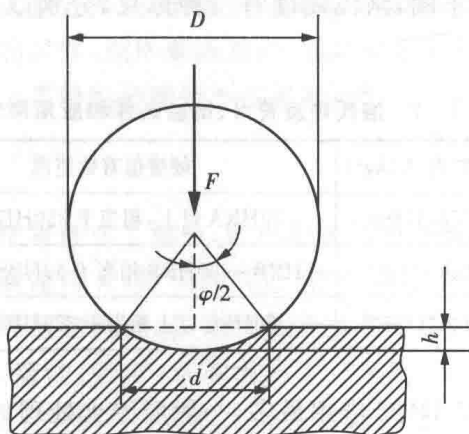


图 1-3 布氏硬度原理图

布氏硬度指标有 HBS 和 HBW,前者所用压头为淬火钢球,适用于布氏硬度值低于 450 的金属材料,如退火钢、正火钢、调质钢及铸铁、有色金属等;后者压头为硬质合金球,适用于布氏硬度值为 450~650 的金属材料,如淬火钢等。

标注布氏硬度值时,符号 HBS 或 HBW 之前的数字为硬度值,符号后面数字按球体直径、试验力保持时间(10~15s 不标)的顺序表示试验条件。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 时测得的布氏硬度值为 120。

布氏硬度检测的优点是其硬度代表性好,由于通常采用的是 10mm 直径球压头,3000kg 试验力,其压痕面积较大,能反映较大范围内金属各组成相综合影响的平均值。布氏硬度试验的缺点是压痕较大,不适用于成品检验。

(2) 洛氏硬度

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、钢球)压入

试样表面,经规定保持时间后,卸除主试验力 F_1 后,在初试验力下用测量的残余压痕深度增量 h 计算硬度的一种压痕硬度试验。被测材料硬度可直接由硬度计刻度盘读出。洛氏硬度原理如图 1-4 所示。

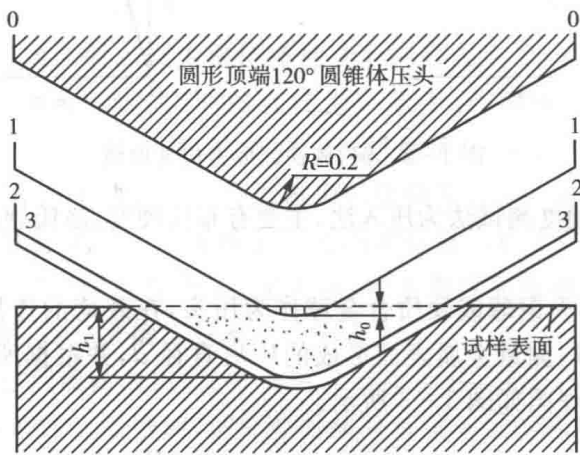


图 1-4 洛氏硬度原理图

根据所加载荷和压头的不同,洛氏硬度有三种标尺,分别以 HRA,HRB,HRC 来表示,如表 1-1 所示。

表 1-1 洛氏硬度符号、试验条件和应用举例

硬度符号	压头	试验力/N(kgf)	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥头	558.4(60)	70HRA 以上,相当于 350HBS 以上	硬质合金、表面淬火钢
HRB	1.588mm 的淬火钢球	980.7(100)	25HRB~100HRB 相当于 60HBS~230HBS	软钢、退火钢、铜合金
HRC	120°金刚石圆锥头	1471(150)	20HRC 以上相当于 225HBS 以上	淬火钢件

以上三种洛氏硬度中,以 HRC 应用最多,一般经淬火处理的钢或工具都用 HRC 测量。在中等硬度情况下,洛氏硬度 HRC 与布氏硬度 HBS 之间的关系约为 1 : 10,如 40HRC 相当于 400HBS。

洛氏硬度与布氏硬度相比,其数据重复性差、硬度值的准确性较差。在测试洛氏硬度时,一般至少要选取不同位置的三点测出硬度值,再计算平均值作为被测材料的硬度值。但洛氏硬度试验压痕小,对试样表面损伤小,实验操作简单,测量迅速,可在指示表上直接读取硬度值,工作效率高,常可直接检验从很软到很硬金属材料的成品或半成品的硬度,是最常用的硬度试验方法之一。

(3)维氏硬度

指采用相对面夹角为 136°的正四棱锥体金刚石压头,在试验力作用下压入试样表面,保持规定时间后,卸除试验力,用测量试样表面压痕对角线的长度计算硬度的一种压痕硬度试验,维氏硬度原理如图 1-5 所示。

在实际工作中,维氏硬度同布氏硬度一样,不用计算,而是根据压痕对角线长度,从专用表中直接查出。维氏硬度表示为 HV,维氏硬度符号 HV 前面的数值为硬度值,后面为试验

力值。标准的试验保持时间为 10~15s。如果选用的时间超出这一范围,在力值后面还要注上保持时间。

$$\text{维氏硬度} = 0.102 \times \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \quad (1-4)$$

例如:600HV30 表示采用 294.2N(30kg)的试验力,保持时间 10~15s 时得到的硬度值为 600。

600HV30/20 表示采用 294.2N(30kg)的试验力,保持时间 20s 时得到的硬度值为 600。

维氏硬度试验的压痕是正方形,轮廓清晰,对角线测量准确,因此,维氏硬度试验是常用硬度试验方法中精度最高的,同时它的重复性也很好,这一点比布氏硬度计优越。维氏硬度试验测量范围宽广,可以测量目前工业上所用到的几乎全部金属材料,从很软的材料(几个维氏硬度单位)到很硬的材料(3000 个维氏硬度单位)都可测量。但维氏硬度试验效率低,要求有较高的试验技术,对于试样表面的光洁度要求较高,通常需要制作专门的试样,操作麻烦费时,通常只在实验室中使用。

应当指出,各硬度试验法测得的硬度值不能直接进行比较,必须通过硬度换算表换算成同一种硬度值后方可比较其大小。

4. 冲击韧度

在生产实践中,许多机械零件在工作中,往往要受到冲击载荷的作用,如锻锤锤杆、冲床冲头等,由于冲击载荷的加载速度大,作用时间短,机件常常因局部载荷过大而产生变形和断裂。因此,对于承受冲击载荷的机件,在选用制造这类零件的材料时,其性能指标单纯用静载荷作用下的指标(强度、塑性、硬度)来衡量是不安全的,必须考虑材料抵抗冲击载荷的能力。金属材料在冲击载荷下抵抗破坏的能力称为冲击韧度。

测定冲击韧性的方法是用一个带有 V 形或 U 形刻槽的标准试样,在一次摆锤式弯曲冲击试验机上弯曲击断,测定其所消耗的能量。常用的标准试样如图 1-6 所示。

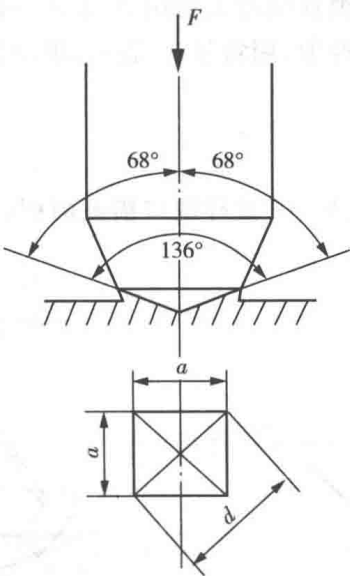


图 1-5 维氏硬度原理图

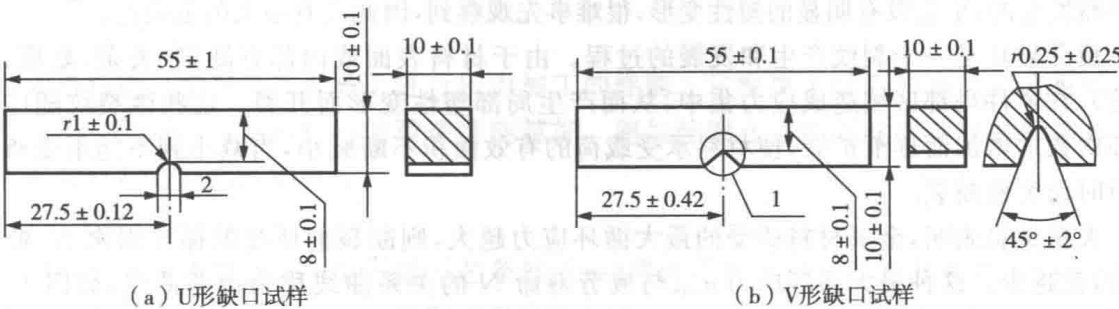


图 1-6 夏比冲击试样

试验时,将带缺口的试样安放在试验机的机架上,使试样的缺口位于两支架中间,并背向摆锤的冲击方向,如图 1-7 所示。将摆锤放置一定高度,释放摆锤将试样冲断。冲断试

样所消耗的冲击功用 A_k 表示,可直接由刻度盘读出。在试样横截面积上所消耗的功称为冲击韧性值,用符号 α_k 表示,单位为 J/cm^2 。

$$\alpha_k = \frac{A_k}{S} \tag{1-5}$$

式中: S ——试样缺口横截面积(cm^2)。

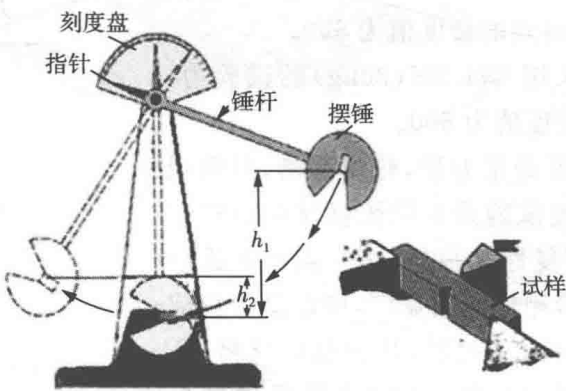


图 1-7 冲击试验示意图

在同一温度,由不同材料做成的相同的冲击试样,冲击吸收的功越大,冲击韧度越大,表示材料的韧性越好。在不同温度、相同材质、相同冲击试样的一系列冲击试验时,随温度的降低,冲击韧度总的变化趋势是随温度降低而降低。当温度降至某一数值时,冲击韧度急剧下降,钢材由韧性断裂变为脆性断裂,这种现象称为冷脆转变。这种在一系列不同温度的冲击试验中,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。材料的韧脆转变温度越低,材料的低温冲击韧度越好。一般在选择金属材料时,应考虑其周围环境的最低温度必须高于材料的韧脆转变温度。

5. 疲劳强度

许多机械零件,如齿轮、弹簧等,在工作中各点承受的应力随时间做周期性的变化,这种周期性变化的应力称为交变应力。承受重复应力或交变应力的零件,工作中往往在低于其屈服强度的情况下发生断裂,这种断裂称为疲劳断裂。无论是脆性材料还是韧性材料,疲劳断裂都是突然发生的,事先没有明显的塑性变形,很难事先观察到,因此具有很大的危险性。

疲劳破坏是一个裂纹产生和发展的过程。由于材料表面或内部有缺陷(夹杂、划痕、尖角等),在零件局部区域造成应力集中,从而产生局部塑性变形而开裂。这些微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,使材料承受载荷的有效面积不断减小,当减小到不能承受所加载荷时而突然断裂。

大量试验表明,金属材料所受的最大循环应力越大,则断裂前所受的循环周次 N (疲劳寿命)就越少。这种最大循环应力 σ_{max} 与疲劳寿命 N 的关系曲线称为疲劳曲线,如图 1-8 所示。

从曲线可以看出,循环应力 σ 越低,则断裂前的循环周次 N 越多。当应力降到某一定值后,曲线趋于水平,这说明当应力低于此值时,材料可经无限次应力循环而不断裂。试样不发生断裂的最大循环应力值称为疲劳极限,也称为疲劳强度,用 σ_{-1} 表示。实际上,材料不可

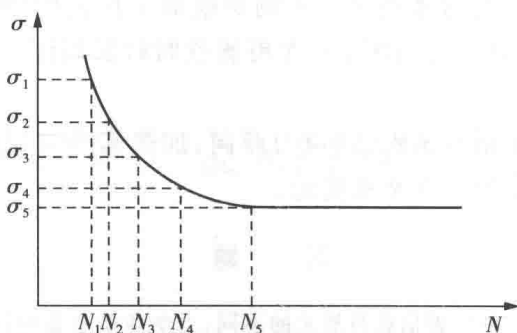


图 1-8 材料的疲劳曲线

能做无限次交变应力循环试验,一般钢铁材料取循环周次为 10^7 次时能承受的最大循环应力为疲劳极限。有色金属取 10^6 次,在腐蚀介质使用的钢铁材料取 10^8 次。

提高疲劳抗力,可通过合理选材、细化晶粒、减少材料和零件的缺陷等方式;在设计、制造各类机械零件时,应尽量采用合理的结构形状,避免应力集中,尽可能采用表面强化手段(喷丸、表面淬火等)。

二、金属材料的工艺性能

金属零件的加工是机器制造中的重要步骤。工艺性能一般是指材料在成形过程中实施冷、热加工的难易程度。材料工艺性能的好坏,会直接影响制造零件的工艺方法、质量及成本,主要的工艺有以下几个方面。

(1) 铸造性能

材料铸造成型获得优良铸件的能力称为铸造性能。衡量铸造性能的指标主要有流动性和收缩性等。

熔融材料的流动能力称为流动性。它主要受化学成分和浇注温度等影响。流动性好的材料容易充满型腔,从而获得外形完整、尺寸精确和轮廓清晰的铸件。

铸件在凝固和冷却过程中,体积和尺寸减小的现象称为收缩性。铸件收缩不仅影响尺寸,还会使铸件产生缩孔、疏松、内应力、变形和开裂等缺陷,因此用于铸造的材料其收缩性越小越好。

(2) 锻造性能

锻造性能是指材料是否易于进行压力加工的性能。它取决于材料的塑性和变形抗力。塑性越高,变形抗力越小,材料的锻造性能越好。例如纯铜在室温下就有良好的锻造性能,碳钢在加热状态锻造性能良好。

(3) 焊接性能

焊接性能主要是指在一定焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。它受到材料本身特性和工艺条件的影响。碳钢的焊接性主要由化学成分决定,其中碳含量影响最大。例如,低碳钢具有良好的焊接性,而高碳钢和铸铁的焊接性不好。

(4) 切削加工性能

材料接受切削加工的难易程度称为切削加工性能。切削加工性能主要用切削速度、加

工表面光洁程度和刀具使用寿命来衡量。影响切削加工性能的因素有工件的化学成分、组织、硬度等。一般认为材料具有适当硬度和足够脆性时较易切削。

(5) 热处理性能

热处理工艺性能主要包括淬透性、热应力倾向、加热和冷却过程中的裂纹形成倾向等，热处理工艺性能对钢材料来说是非常重要的。

习 题

- 1-1 什么是金属的力学性能？根据载荷形式的不同，力学性能主要包括哪些指标？
- 1-2 什么是强度？什么是塑性？衡量这两种性能的指标有哪些？
- 1-3 什么是硬度？常用硬度试验方法有哪几种？指出它们的优缺点。
- 1-4 低碳钢做成的 $d_0 = 10\text{mm}$ 的圆形短试样经拉伸试验，得到如下数据： $F_s = 21000\text{N}$ ， $F_b = 35000\text{N}$ ， $L_1 = 65\text{mm}$ ， $d_1 = 6\text{mm}$ 。试求低碳钢的 σ_s ， σ_b ， δ_5 ， ψ 。
- 1-6 什么是冲击韧性？ A_k 和 α_k 各代表什么？
- 1-7 什么是疲劳现象？什么是疲劳强度？
- 1-8 什么是材料的工艺性能？

第二章 金属的晶体结构

不同的金属材料具有不同的力学性能,即使是同一种金属材料,在不同的条件下,其性能也是不同的。金属性能的这些差异,从本质上说,是由其内部组织结构所决定的。了解金属的结构和结晶规律,对控制材料的性能、正确选用材料、开发新材料有重要指导意义。

第一节 金属的晶体结构

一、晶体与非晶体

根据原子在物质内部排列方式的不同,通常可将固态物质分为晶体与非晶体两大类。原子或分子按一定规律周期性排列的固态物质,称为晶体,如金刚石、食盐、雪花和一切固态金属及其合金等。原子或分子呈无规则排列的固态物质,称为非晶体,如塑料、玻璃、沥青等。

晶体与非晶体的区别在于:①晶体原子在三维空间呈有规则的周期性重复排列如图 2-1 所示;非晶体原子在三维空间呈不规则的排列。②晶体具有固定的熔点,如铁的熔点为 1538°C ,铜的熔点为 1083°C ;非晶体没有固定熔点,随着温度的升高将逐渐变软,最终变为有明显流动性的液体。③单晶体具有各向异性,即晶体各个方向上的性能不同,如铁单晶体的弹性模量,某个方向是 $2.9 \times 10^5 \text{ MPa}$,而另一个方向上只有 $1.35 \times 10^5 \text{ MPa}$;非晶体具有各向同性,即各个方向上的原子聚集密度大致相同。

二、晶体结构的基本知识

1. 晶格、晶胞

为了清楚地表明原子在空间的排列规律,人为地将原子看作一个点,再用一些假想线条,将晶体中各原子的中心连接起来,便形成了一个空间格子,这种抽象的、用于描述原子在晶体中规则排列方式的空间几何图形称为结晶格子,简称晶格,如图 2-2 所示。晶格中的每个的点称为结点。

晶体中原子的排列具有周期性变化的特点,因此只要在晶格中选取一个能够完全反映晶格特征的最小的几何单元进行分析,便能确定原子排列的规律。组成晶格的最基本几何单元称为晶胞,如图 2-2 所示。实际上整个晶格就是由许多大小、形状和位向相同的晶胞