



Gongcheng Cailiao yu Rejiagong



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十二五”规划教材

工程材料 热加工

主编 王德良 副主编 贺哲维 卞平



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十二五”规划教材

工程材料与 热加工

Gongcheng Cailiao Yu Rejiagong

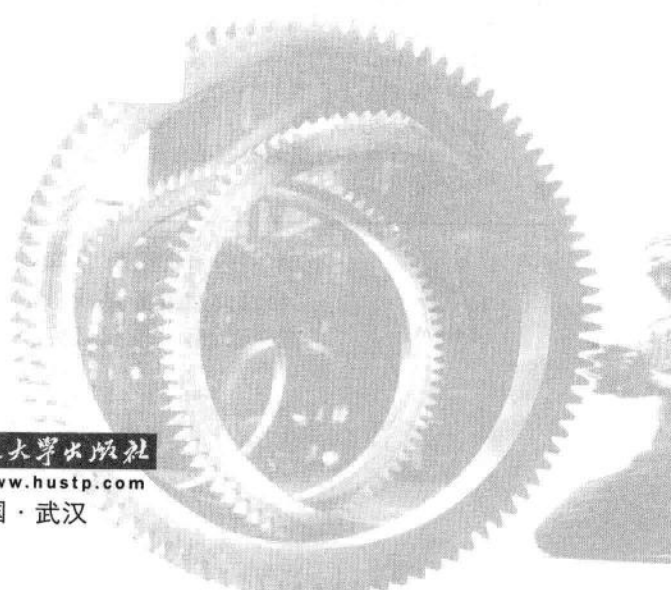
▲主 编 王德良 邹哲维 卞 平
▲副主编 桂 伟 陈淑花 石存秀
▲主 审 陆全龙



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉



内 容 提 要

本书是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》等文件对高职高专人才培养的要求,针对从事机械类专业的工程技术应用型人才的实际要求,在总结高职高专机械类专业人才培养模式教改经验的基础上进行编写的。

本书的主要内容包括金属材料的性能、金属与合金的结构与结晶、金属的塑性变形与再结晶、铁碳合金状态图、钢的热处理、碳钢及合金钢、铸铁、非铁金属及其合金、典型零件的选材及热处理工艺的应用、铸造、锻压、焊接、材料和毛坯的选择。各项目后面均附有复习思考题。

本书可作为高职高专学校机械类专业的教材,也可作为各类成人教育和中等职业教育机械类专业的教材和相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与热加工/王德良 邹哲维 卞平 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.7
国家示范性高等职业教育机电类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5609-8661-6

I. 工… II. ①王… ②邹… ③卞… III. ①工程材料-高等职业教育-教材 ②热加工-
高等职业教育-教材 IV. ①TB3 ②TG306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 010387 号

工程材料与热加工

王德良 邹哲维 卞平 主编

策划编辑:张毅

封面设计:范翠璇

责任编辑:胡凤娇

责任校对:刘竣

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉市新华印刷有限责任公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18.75

字 数:456千字

印 次:2013年7月第1版第1次印刷

定 价:36.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

“工程材料与热加工”是高职高专机械类专业的一门综合性技术基础课,主要讲授的是金属材料及热处理、铸造、压力加工、焊接及表面处理等方面的内容。掌握好本课程,为学习后续相关课程和今后从事生产技术工作建立必要的基础。本书是编者在汲取高职高专探索培养技术应用型专业人才取得的成功经验、总结教学实践和教材使用现状的基础上编写而成的。

本书编写的主要特点如下。

(1)在教学内容的组织安排上,尽可能符合认知规律,重点突出,深入浅出,较合理地处理系统性与实践性、先进性与针对性之间的关系,既注重体系的完整性,又兼顾了学生的需要。

(2)以应用型能力培养为主线,全书紧紧抓住材料的化学成分、加工工艺、组织、结构、性能和应用之间的相互关系及其变化规律这个“主干”。

(3)将材料的性能、结构、凝固、变形、热处理和热加工融为一体,为加工工艺提供了理论基础。

(4)书中的名词、术语、牌号均采用最新的国家标准,使用法定计量单位。

本书由王德良(襄阳职业技术学院)、邹哲维(长江工程职业技术学院)、卞平(湖北工业职业技术学院)担任主编,桂伟(武汉商学院)、陈淑花(武汉城市职业学院)、石存秀(湖北工业职业技术学院)担任副主编。王德良编写项目1、项目2,邹哲维编写项目3~项目5,卞平编写项目6~项目8,桂伟编写项目9、项目10,陈淑花编写项目11、项目12,石存秀编写项目13。

本书由武汉工程职业技术学院陆全龙教授担任主审。

由于编写者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,恳请读者批评指正。

编者

2013年3月



模块 1 金属学及热处理

- 项目 1 金属材料的性能 /2
 - 任务 1 金属材料的力学性能 /2
 - 任务 2 金属材料的工艺性能 /9
- 项目 2 金属与合金的结构与结晶 /12
 - 任务 1 金属的晶体结构 /12
 - 任务 2 实际金属的晶体结构 /15
 - 任务 3 金属的结晶 /18
 - 任务 4 合金中的相 /21
 - 任务 5 二元合金状态图 /25
- 项目 3 金属的塑性变形与再结晶 /32
 - 任务 1 金属的塑性变形 /32
 - 任务 2 塑性变形对金属组织和性能的影响 /35
 - 任务 3 金属的热加工 /38
- 项目 4 铁碳合金状态图 /41
 - 任务 1 铁碳合金的基本相 /41
 - 任务 2 铁碳合金状态图的分析 /42
 - 任务 3 铁碳合金的性能与组织、成分间的关系及其状态图的应用 /48
- 项目 5 钢的热处理 /52
 - 任务 1 钢在加热时的转变 /53
 - 任务 2 钢在冷却时的转变 /56
 - 任务 3 钢的退火与正火 /63
 - 任务 4 钢的淬火 /66
 - 任务 5 钢的回火 /70
 - 任务 6 钢的淬透性 /75
 - 任务 7 钢的表面淬火 /78



任务 8 钢的化学热处理 /80

模块 2 工程材料

项目 6 碳钢及合金钢 /90

任务 1 钢的分类和编号 /90

任务 2 碳、杂质及合金元素在钢中的作用 /94

任务 3 结构钢 /100

任务 4 工具钢 /115

任务 5 特殊性能钢 /125

项目 7 铸铁 /135

任务 1 铸铁的分类与铸铁的石墨化 /135

任务 2 常用铸铁 /137

任务 3 合金铸铁简介 /146

项目 8 非铁金属及其合金 /149

任务 1 铝及其合金 /149

任务 2 铜及其合金 /157

任务 3 钛合金 /163

任务 4 滑动轴承合金 /164

任务 5 粉末冶金与硬质合金 /167

任务 6 高分子材料 /172

任务 7 陶瓷 /183

任务 8 复合材料 /187

项目 9 典型零件的选材及热处理工艺的应用 /191

任务 1 概述 /191

任务 2 零件的失效分析简介 /194

任务 3 热处理技术条件标注和工序位置 /199

任务 4 制定热处理工艺的原则及热处理结构工艺性 /201

任务 5 典型零件(或工具)的选材及热处理 /203

模块 3 热加工基础

项目 10 铸造 /214

任务 1 砂型铸造 /214

任务 2 常用合金的铸造性能 /223



任务 3	铸件的结构工艺性	/230
任务 4	特种铸造	/235
项目 11	锻压	/243
任务 1	概述	/243
任务 2	自由锻	/245
任务 3	模锻	/250
任务 4	板料冲压	/253
任务 5	压力加工先进工艺简介	/257
项目 12	焊接	/259
任务 1	熔化焊	/260
任务 2	其他焊接方法	/269
任务 3	常用金属材料的焊接	/271
任务 4	焊件质量分析	/275
任务 5	焊接件的结构工艺性	/280
项目 13	材料和毛坯的选择	/284
任务 1	材料的选择	/284
任务 2	毛坯的选择	/287
参考文献		/290



模块

金属学及热处理



项目 1 金属材料的性能

金属材料应具备的性能包括力学性能和工艺性能。要正确选用金属材料,就必须充分了解金属材料的性能。力学性能是指金属材料抵抗外力作用的能力,包括强度、刚度、硬度、塑性、韧性和疲劳强度等。力学性能是设计和选材的主要依据。工艺性能是指机械零件或工具在制造过程中应具备的铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能,以及切削加工性能等。

任务 1 金属材料的力学性能

一、强度

强度是指金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力。拉伸试验是测定强度最常用的方法。

拉伸试验中要预先把被测定的金属材料制成一定尺寸的试样(常用的截面是圆形的),如图 1-1 所示。根据国家标准 GB/T 228.1—2010 的规定,试样分为长试样($l_0=10d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)两种。

把标准试样装在拉伸试验机上,缓慢增加拉伸载荷,可获得试样变形直到断裂的曲线,即拉伸曲线,如图 1-2 所示。图 1-2 中,在 e 点以前,若卸去载荷,试样即可恢复原状,而 e 点的载荷是试样不产生永久变形时所能承受的最大载荷。 Op 段是直线,表示载荷与伸长量成正比关系。当载荷超过 P_e 时,试样载荷卸除后仍有极少量的永久变形被保留下来;当载荷超过 P_s 时,试样发生屈服现象,即载荷不增加,试样继续伸长。当屈服现象停止后,要继续增加载荷,试样才会继续伸长,当载荷超过拉伸曲线上的最大值 P_b 后,发生“颈缩”现象,即试样不再是均匀变形而是出现局部直径变细的现象,最后,试样在 k 点断裂。



图 1-1 标准拉伸试样

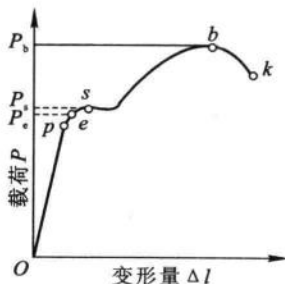


图 1-2 退火低碳钢的拉伸曲线



单位面积上承受的载荷称为应力,用符号 σ 表示,即

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

式中: P ——载荷,单位为 N;

A_0 ——试样的原始横截面面积,单位为 mm^2 ;

σ ——应力,单位为 MPa。

屈服强度(即屈服点)是材料开始发生屈服现象时的应力,用符号 σ_s 表示,工程上用来表示材料抵抗微量塑性变形的抗力。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0} \quad (1-2)$$

式中: P_s ——试样在屈服时的载荷,单位为 N;

A_0 ——试样的原始横截面面积,单位为 mm^2 。

屈服强度是评定材料质量的重要力学性能指标。许多机器零件在使用中是不允许发生永久变形的,例如,汽缸螺栓发生塑性变形后,就会使汽缸漏气。

抗拉强度(即强度极限)是试样被拉断前所能承受最大载荷时的应力,用符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0} \quad (1-3)$$

式中: P_b ——试样在断裂前的最大载荷,单位为 N;

A_0 ——试样的原始横截面面积,单位为 mm^2 。

抗拉强度的物理意义是反映材料最大均匀变形时的应力。

工程上把屈服强度与抗拉强度的比值称为屈强比(σ_s/σ_b)。材料不同,屈强比也不同,例如,碳素结构钢的屈强比约为 0.6,普通低合金钢的屈强比为 0.65~0.75,合金结构钢的屈强比约为 0.85。屈强比越小,工程构件的可靠性就越强,一旦超载也不会马上断裂,但屈强比过小的材料的利用率太低。

刚度是材料抵抗弹性变形的能力,衡量刚度大小的指标是弹性模量,用 E 来表示。弹性模量是材料在弹性变形范围内,应力与应变(即试样的相对伸长量 $\Delta l/l_0$)的比值,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_{\text{弹}}} \quad (1-4)$$

式中: σ ——在弹性范围内的应力,单位为 MPa;

$\epsilon_{\text{弹}}$ ——在弹性范围内的应变。

由于 $\sigma = P/A_0$, 可得 $\epsilon_{\text{弹}} = \frac{P}{EA_0}$ 。由此可知,在相同载荷作用下,材料的弹性模量越大,材料的刚度就越大。必须指出:材料的弹性模量与材料原子间的结合力有关,常用的强化手段,如热处理、冷压力加工等不能改变其弹性模量,要提高刚度,可以增大原始横截面面积 A_0 或更换弹性模量 E 更高的材料。

二、塑性

塑性是材料在断裂前发生永久变形的能力。常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率两



种,分别用符号 δ 和 ψ 表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%, \quad \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中: l_1 ——试样拉断后的长度,单位为 mm;

A_1 ——试样拉断处的截面面积,单位为 mm^2 。

伸长率表示试样拉断时的相对伸长量,断面收缩率表示试样拉断时截面的相对收缩量,两者都是无量纲数。材料的塑性越好, δ 和 ψ 就越大。材料塑性指标反映了它的压力加工性能。

断面收缩率与试样长度无关,更接近于真实应变,比伸长率更能代表金属的塑性。

三、硬度

硬度是衡量金属材料软硬程度的一项性能指标,是指金属材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力,是一个综合的物理量。通常,材料的硬度越高,耐磨性就越好,故常将硬度值作为衡量材料耐磨性的重要指标之一。

常用的硬度测试方法有布氏硬度(HBS 或 HBW)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC 等)和维氏硬度(HV)等。

1. 布氏硬度

布氏硬度的试验原理是用一定直径 D 的淬火钢球或硬质合金球,以相应的试验力压入试样表面,保持规定的时间后,去除试验力,测量试样表面的压痕直径 d ,然后,根据压痕直径 d 计算其硬度值,如图 1-3 所示。布氏硬度是指球面压痕单位面积上所承受的平均压力表示的硬度值。选择淬火钢球压头时,用符号 HBS 表示其硬度;选择硬质合金球压头时,用符号 HBW 表示其硬度。布氏硬度值可用下式进行计算,即

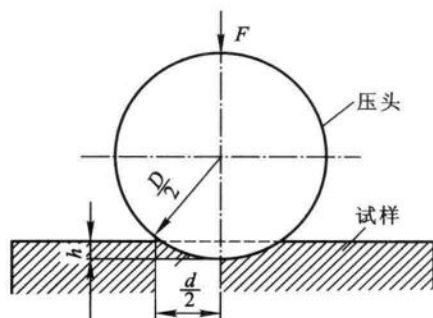


图 1-3 布氏硬度试验原理

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

式中: F ——试验力,单位为 N;

D ——压头直径,单位为 mm;

d ——压痕直径,单位为 mm。

式中只有 d 是变量,因此,试验时只要测出压痕直径,即可通过计算或查布氏硬度表得出 HBS(HBW) 值。布氏硬度计算值一般都不标出单位,只写明硬度的数值。

由于金属材料的种类不同,工件厚薄各异,在进行布氏硬度试验时,压头直径、试验力和保持时间应根据被测金属种类和厚度进行正确选择。

150 HBS 10/1 000/30 表示直径为 10 mm 的淬火钢球,在 9.807 kN 试验力作用下,保持 30 s 测得的布氏硬度值为 150 HBS;500 HBW 5/750 表示用直径为 5 mm 的硬质合金球,在



7.355 kN 试验力作用下保持 10~15 s 测得的布氏硬度值为 500 HBW, 一般试验力保持时间为 10~15 s 时不标明。

布氏硬度的特点: 测得的硬度值比较准确, 数据重复性强, 但因压头直径大, 材料表面压痕大, 不宜测定太小或太薄的试样及成品样。布氏硬度试验常用来测定原材料、半成品及性能不均匀的材料硬度。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验原理是以锥角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 的淬火钢球压入试样表面, 然后根据压痕来计算硬度值。洛氏硬度试验原理如图 1-4 所示。试验时, 先加初试验力, 然后加主试验力, 压入试样表面后, 去除主试验力, 在保留初试验力的情况下, 根据试样残余压痕深度增量来衡量试样的硬度大小。

在图 1-4 中, 0-0 位置为金刚石压头还没有与试样接触时的原始位置。首先加上初试验力 F_0 , 使压头压入试样中, 深度为 h_0 , 处于图中 1-1 位置。其次加上主试验力 F_1 , 使压头又压入试样的深度为 h_1 , 处于图中 2-2 位置。最后去除主试验力 F_1 , 保持初试验力 F_0 , 压头因材料的弹性恢复在图中 3-3 位置。图中所示 e 值称为残余压痕深度增量, 对于洛氏硬度试验, e 为 0.002 mm。标尺刻度满量程 k 与 e 值之差, 称为洛氏硬度值, 分为 A、B、C 三个标尺。其公式为

$$HR = k - e = k - \text{压痕深度} / 0.002 \quad (1-7)$$

式中: 压痕深度的单位为 mm。

对于用金刚石圆锥压头进行的试验, 其标尺刻度量程为 100, 洛氏硬度值为 $(100 - e)HR$ 。

对于用淬火钢球压头进行的试验, 其标尺刻度量程为 130, 洛氏硬度值为 $(130 - e)HR$ 。

洛氏硬度的标注方法根据试验时选用的压头类型和试验力大小的不同, 分别采用不同的标尺进行标注。GB/T 230—2004 规定, 硬度数值写在符号的前面, HR 后面写使用的标尺, 如 50HRC 表示“C”标尺测定的洛氏硬度值为 50。

洛氏硬度试验是生产中广泛应用的一种硬度试验方法。其优点包括: 硬度试验压痕很小, 对试样表面损伤小, 常用来直接检验成品或半成品的硬度; 可测量高硬度薄层和深层的材料; 试验操作简便, 可以直接从试验机上显示出硬度值, 省去了烦琐的测量、计算和查表工作。由于压痕小, 洛氏硬度值的准确性不如布氏硬度值, 数据重复性差。因此, 在测试洛氏硬度时, 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。

3. 维氏硬度

布氏硬度试验不适合测定硬度较高的材料。洛氏硬度试验虽可用来测定各种金属材料的硬度, 但由于采用了不同的压头、总试验力和标尺, 其硬度值之间彼此没有联系, 也不能直接互相换算。为了对各种金属材料从软到硬进行连续的硬度标定, 人们制定了维氏硬度试验法。

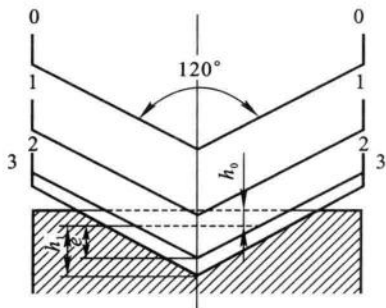


图 1-4 洛氏硬度试验原理



维氏硬度的试验原理如图 1-5 所示。它与布氏硬度试验原理相似。将夹角为 136° 的正四棱锥体金刚石做成压头,试验时,在规定的试验力 F ($49.03 \sim 980.7 \text{ N}$) 作用下,压入试样表面,一定时间后去除试验力,则试样表面上会出现一个四方锥的压痕,测量压痕两对角线 d 的平均长度,可计算出其硬度值。维氏硬度是用正四棱锥压痕单位表面积上承受的平均压力表示的硬度值,用符号 HV 表示,计算公式为

$$\text{HV} = 0.189 \frac{1F}{d^2} \quad (1-8)$$

式中: F ——试验力,单位为 N;

d ——压痕两条对角线长度的算术平均值,单位为 mm。

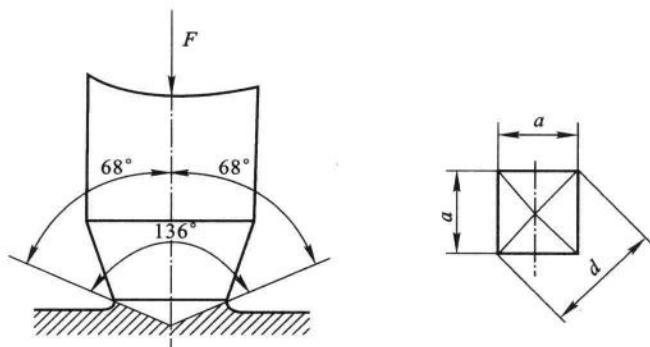


图 1-5 维氏硬度试验原理

试验时,用测微计测出压痕对角线的长度,算出两对角线的长度平均值后,查 GB/T 4340.1—2009 附表就可得出维氏硬度值。

维氏硬度的测量范围在 $5 \sim 1\,000 \text{ HV}$ 。标注方法与布氏硬度的相同。

640HV 30 表示用 294.2 N 的试验力,保持 $10 \sim 15 \text{ s}$ 测定的维氏硬度值为 640 HV ;

640HV 30/20 表示用 294.2 N 的试验力,保持 20 s 测定的维氏硬度值为 640 HV 。

维氏硬度实用范围广泛,从很软到很硬的材料都可以测量,尤其适用于零件表面层硬度的测量,其测量结果精确可靠。但测取维氏硬度时,需要测量对角线长度,然后计算或查表,而且进行维氏硬度的测量时,对试样表面的质量要求高,测量效率较低,因此,维氏硬度没有洛氏硬度使用方便。但维氏硬度不存在压头变形的问题,压痕轮廓清晰,采用对角线长度计量,精确可靠,硬度值误差较小。

四、韧性

金属抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力称为韧性。一般说来,在冲击载荷作用下,材料的强度提高,塑性下降,脆性增大。

目前,测量材料韧性最普遍的方法是一次摆锤冲击试验。GB/T 229—2007 规定,将材料制成带缺口的标准试样,如图 1-6 所示,放在材料试验机的机座上,使一重量 G 的摆锤自高度 H 自由下落,冲断试样后摆锤又升至高度 h ,如图 1-7 所示。摆锤冲断试样所失去的能量即为



冲击载荷使试样折断所做的功,称为冲击功,用 A_k 表示,单位为 J。用断口处单位面积上所消耗的冲击功的大小来衡量材料的冲击韧性,即

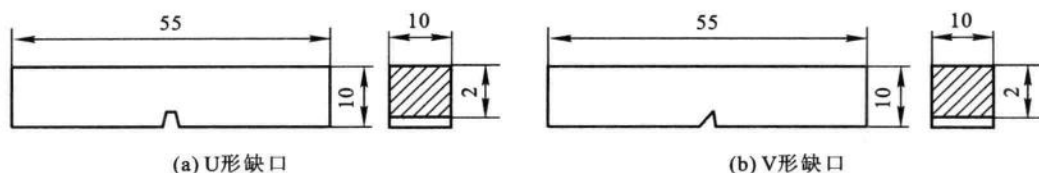


图 1-6 冲击试样

$$\alpha_k = \frac{A_k}{A} = \frac{G(H-h)}{A}$$

式中: α_k ——冲击韧性,单位为 J/cm^2 ;

A ——试样缺口处的截面面积,单位为 cm^2 。

冲击韧性对材料的缺陷很敏感,能较灵敏地反映金属在冶金和热处理等方面的质量问题,是鉴定材料质量和设计选材时不可缺少的性能依据之一。

冲击韧性值除与材料的性能有关外,还受试验温度、试样尺寸、缺口形状和加载速度等因素的影响。一般说来,随着试验温度的下降,材料的冲击韧性降低,当降低到某温度范围时,材料冲击韧性显著降低,呈现脆性,如图 1-8 所示,该温度范围称为脆性临界转变温度。临界转变温度越低,材料的冲击韧性就越好,普通碳钢的临界转变温度为 $-30 \sim 20^\circ C$ 。

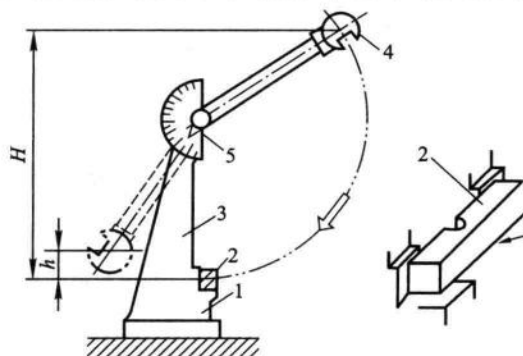


图 1-7 夏比摆锤冲击试验机原理图

1—砧座及支座;2—试样;3—机架;4—摆锤;5—指示装置

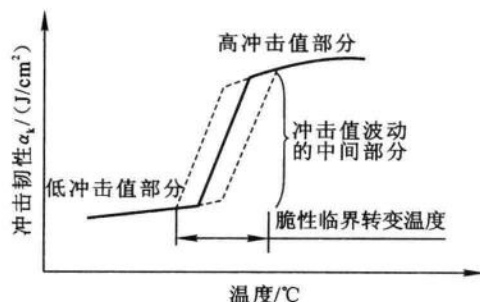


图 1-8 温度对冲击韧性的影响(小于 $20^\circ C$)

在实际工作时,机械零件很少受一次冲击而破坏,大部分都是承受小能量的多次重复冲击载荷,根据材料的冲击韧性 α_k 来选材就不合适了。研究表明:在能量不太大的情况下,材料承受多次重复冲击的能力,主要取决于强度,而不是冲击韧性值。例如,高碳工具钢的 α_k 为 $20 J/cm^2$,可代替高级合金钢取得更好的使用效果。



五、疲劳强度

1. 疲劳

金属材料在小于 σ_b , 甚至低于 σ_s 的交变应力作用下发生断裂的现象称为“疲劳”。疲劳破坏是机械零件失效的重要方式之一。

在疲劳试验机上作出的应力 σ 循环次数 N (通常用对数表示) 曲线称疲劳曲线, 如图 1-9 所示。应力减小, 试样断裂的应力循环次数就增加, 当应力低于某一值时, 循环次数达无限次 (即出现水平线) 也不会使试样断裂, 此值就称为疲劳强度 (疲劳极限)。当循环应力对称时, 疲劳强度用符号 σ_{-1} 表示。一般钢铁的疲劳试验达 10^7 次时, 大多会出现水平线。有些材料的疲劳曲线并不会出现上述的水平线, 因而要对各种材料规定一个应力循环基数, 超过这个基数, 就被认为该材料不再发生疲劳破坏, 非铁金属和某些超高强度钢的循环基数都被定位在 10^8 次。

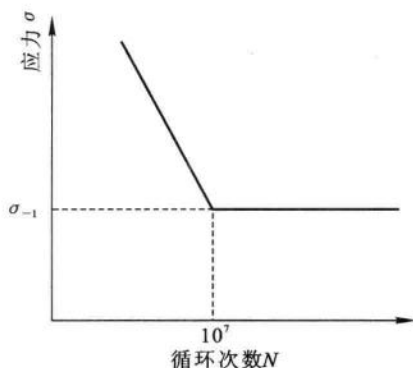


图 1-9 钢铁材料的疲劳曲线

大部分机械零件的破坏都是疲劳破坏。不管是塑性材料还是脆性材料, 疲劳断裂都是突然发生的, 而且疲劳强度比 σ_b 要低得多, 因此有较大的危险性。

疲劳断裂首先发生在微裂纹源上。机械零件表面存在各种缺陷, 如裂纹、刀痕、非金属夹杂物等, 以及截面突变处的应力集中均易产生裂纹。机械零件内部的缩松、缩孔等缺陷及某些晶粒的位向关系, 使裂纹源也可以在材料的内部产生。随着交变应力循环次数的增加, 裂纹不断扩大, 最后导致材料断裂, 如图 1-10 所示。

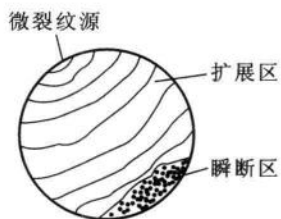


图 1-10 疲劳断口示意图

应该指出, 材料的力学性能 (除硬度) 都要制成标准试样, 在规定的载荷作用下测得。因此, 在手册中查阅材料的力学性能时, 必须注意所谓的“尺寸效应”, 即按统计规律, 材料实际尺寸越大, 材料中存在的缺陷就越多, 材料的力学性能也随之下降, 降低幅度最大的是疲劳强度与韧性, 其次是屈服强度。

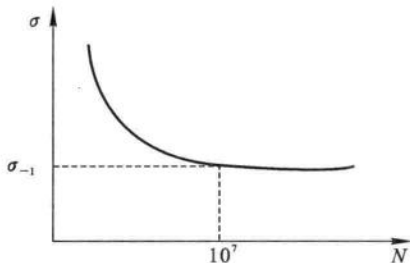
各种材料有不同的力学性能, 其根本原因在于材料具有不同的内部组织。但在不同的外界条件影响下, 其性能的变化是很大的, 如零件的尺寸大小、加工质量、变形速度、受力状态、环境因素等外界条件会直接影响材料的力学性能, 只有对内因因素和外界条件有了全面了解后, 才能合理选用材料。

2. 疲劳强度

为了防止疲劳断裂, 零件设计时不能以 σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 为依据, 必须制定出相应的疲劳抗力指标,



疲劳抗力指标是由疲劳试验测得的。金属材料在循环应力作用下能经受无限次循环而不断裂的最大应力值称为金属材料的疲劳强度,即循环次数 N 无穷大时所对应的最大应力值。在工程实践中,一般是求疲劳极限,即对应于指定的循环基数下的疲劳强度。对于钢铁金属,其循环基数为 10^7 ,对于非铁金属,其循环基数为 10^8 。对称循环应力的疲劳强度用 σ_{-1} 表示。许多试验结果表明:材料疲劳强度随着抗拉强度的提高而增加,如结构钢,当 $\sigma_b \leq 1\,400\text{ MPa}$ 时,其疲劳强度 σ_{-1} 约为抗拉强度的 $1/2$ 。疲劳断裂是在循环应力作用下,经一定循环次数后发生的。在循环载荷作用下,材料承受一定的循环应力 σ 和断裂时相应的循环次数 N 之间的关系可以用曲线来描述,这种曲线称为 σ - N 曲线,如图 1-11 所示。

图 1-11 σ - N 曲线

由于大部分机械零件的损坏是由疲劳造成的,所以,消除或减少疲劳失效,对提高零件的使用寿命有着重要的意义。影响疲劳强度的因素很多,除设计时在结构上注意减轻零件应力集中外,也可通过改善零件表面粗糙度来减少缺口效应,提高疲劳强度。采用表面处理,如高频淬火、表面形变强化(喷丸、滚压、内孔挤压)、化学处理(渗碳、渗氮、液体碳氮共渗)及各种表面强化工艺等都可以改变零件表层的残余应力,从而提高零件的疲劳强度。

任务2 金属材料的工艺性能

工艺性能是指金属材料在制造机械零件和工具的过程中,适应各种冷、热加工的性能,也就是金属材料采用加工方法制成成品的难易程度。工艺性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能等。例如,某种材料采用焊接方法容易得到合格的焊件,则说明该材料的焊接工艺性能较好。工艺性能直接影响制造零件的加工工艺质量,同时也是选择材料时必须考虑的因素之一。

一、铸造性能

金属在铸造成形的过程中获得外形尺寸准确、结构完整的铸件的能力称为铸造性能。铸造性能包括流动性、吸气性、收缩性和偏析性等。在金属材料中,灰铸铁和青铜的铸造性能较好。

二、锻造性能

金属材料利用锻压成形的难易程度称为锻造性能。锻造性能的好坏主要与金属的塑性和变形抗力有关。塑性越好,变形抗力越小,金属的锻造性能就越好。例如,黄铜和铝合金在室



温状态下具有良好的锻造性能;非合金钢在加热状态下锻造性能较好;铸铜、铸铝、铸铁等几乎不可能进行锻造。

三、焊接性能

焊接性能是指金属材料在规定设计要求的条件下焊接成的构件,并满足预定要求的能力。焊接性能好的金属能获得没有裂缝、气孔等缺陷的焊缝,并且焊接接头也具有一定的力学性能。低碳钢具有良好的焊接性能,而高碳钢、不锈钢、铸铁的焊接性能则较差。

四、切削加工性能

切削加工性能是指金属在切削加工时的难易程度。切削加工性能好的金属对使用的刀具磨损量小,适用于较大的切削用量,加工表面也比较光洁。切削加工性能与金属材料的硬度、导热性、冷变形强化等因素有关。金属材料硬度在 170~260 HBS 时,最容易进行切削加工。铸铁、铜合金、铝合金及非合金钢都具有较好的切削加工性能,而高合金钢的切削加工性能则较差。

复习思考题 1

1. 解释下列常用的力学性能指标。

σ_s $\sigma_{0.2}$ σ_b σ_{-1} δ ψ α_k HBS HV HRC

2. 某钢材试样,直径为 15 mm,长度为 100 mm,当载荷达 21 400 N 时材料开始屈服,加载到 35 400 N 后载荷开始变小,拉断时载荷是 28 000 N,把拉断试样接起来,长度为 135 mm,断裂处收缩直径为 8 mm,求试样的 σ_s 、 σ_b 、 δ 及 ψ 。

3. 图 1-12 所示为三种不同材料的拉伸曲线(试样尺寸相同)。试比较这三种材料的抗拉强度、屈服强度和塑性的大小,并指出屈服强度的确定方法。

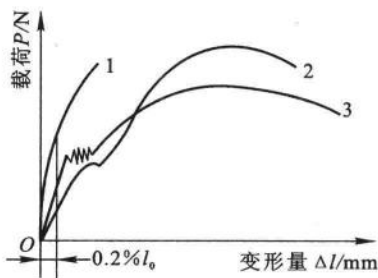


图 1-12 三种不同材料的拉伸曲线

4. 用细长镗刀在车床上进行镗孔,发现镗孔的精度达不到技术要求,其主要原因是吃刀后镗刀杆发生过弹性变形,有人说刀杆要用高强度合金钢更换,有人主张加粗刀杆直径,哪个方法好?为什么?

5. 载重汽车弹簧由数层钢板叠置而成,材料为 65Mn 钢或 65SiMn 钢,在使用中发现以下情况。

(1) 载重小于规定载重 2.5 t 时,弹簧即被压成水平状态,但卸载后仍恢复原状。

(2) 载重到 2.5 t 时,弹簧的变形没超过允许范围,但使用不久,弹簧形状失去原状。试从材料性能上分析上述现象产生的原因,并提出改进措施。