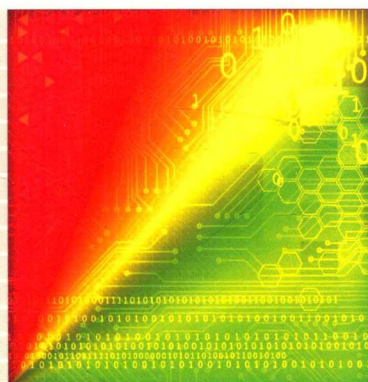
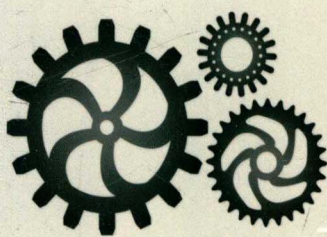


普通高等学校“十二五”省级规划教材

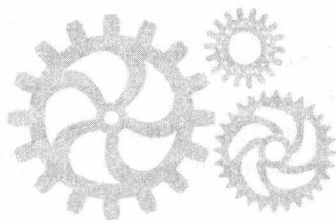
金属工艺基础



余承辉 主编

中国科学技术大学出版社

普通高等学校“十二五”省级规划教材



金属工艺基础

主 编 余承辉

副主编 马希云 王丽七 安 荣

参 编 徐华俊 程 艳 王振东

年立强 李 青 乔衍勇

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是由一批来自国家和安徽省示范性(骨干)高等职业院校、从事多年高职教学、具有丰富教改经验的教师,以及长期从事金属工艺生产的工程技术人员共同编写而成的。全书主要内容包
括金属材料的力学性能、金属与合金的晶体结构与结晶、铁碳合金、钢的热处理、金属表面处理技
术、金属材料、非金属材料、焊接成形、铸造成形、锻压成形、金属切削成形基础知识、金属切削成形
方法、非金属材料成形工艺、工程材料与成形工艺的选择等,共 14 章。

本书可作为高等职业技术学院机械类或机电类专业用教材,也可作为自学用书和职业技能培
训用书。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺基础/余承辉主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2016. 1
ISBN 978-7-312-03841-9

I. 金… II. 余… III. 金属加工—工艺学—高等教育—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 008831 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026
网址: <http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥学苑印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 19
字数 486 千
版次 2016 年 1 月第 1 版
印次 2016 年 1 月第 1 次印刷
定价 38.00 元

前 言

金属工艺技术在我国有着悠久的历史,早在 3000 多年前的殷商、西周时期,就已达到当时的世界高峰,用青铜制造的工具、食具、兵器等得到普遍应用。河南安阳武官村发掘出来的商代青铜大方鼎,里面铸有“司母戊”三个字,在大鼎的四周,还有蟠龙等组成的精致花纹,铸造这样大型的青铜器物,需要有很大的铸造场所,要求各个工种协同操作,密切配合,这充分反映出我国古代青铜冶炼和铸造成形的高超技艺。春秋战国时期,我国开始大量使用铁器,白口铸铁、麻口铸铁、可锻铸铁相继出现。1953 年从河北兴隆地区发掘出来的战国铁器遗址中,就有浇铸农具用的铁模子,说明当时已掌握铁模铸造技术。随后,又出现了炼钢、锻造、钎焊和退火、淬火、正火、渗碳等热处理技术。直到明朝之前的 2000 多年间,我国钢铁生产及金属材料成形工艺技术一直在世界上遥遥领先。在近代,工业革命极大地促进了钢铁工业、煤化学工业和石油化学工业的快速发展,各类新材料不断涌现。材料对科学技术的发展有着关键性作用,航空工业的发展充分说明了这一点。1903 年世界上第一架飞机所用的主要结构材料是木材和帆布,飞行速度仅 16 km/h。1911 年硬铝合金研制成功,金属结构取代木布结构,使飞机在性能和速度方面获得了一个飞跃。喷气式飞机速度能超过音速,高温合金材料制造的涡轮发动机起重要作用。当飞机速度达到 2~3 倍音速时,飞机表面温度会升高到 300℃,飞机材料只能采用不锈钢或钛合金。至于航天飞机,机体表面温度会高达 1000℃以上,只能采用高温合金材料及防氧化涂层。目前,玻璃纤维增强塑料、碳纤维高温陶瓷复合材料、陶瓷纤维增强塑料等复合材料在飞机、航天飞行器上也已获得广泛应用。

“金属工艺基础”是高等职业院校机械类或机电类各专业必修的技术基础课,是学习零件制造工艺方法的综合性技术课程。它主要研究工程材料的性能、各种成形加工方法的工艺过程和结构工艺性,着重阐述常用工程材料及主要成形加工方法的基本原理和工艺特点,以及机械零件常用材料的选用、毛坯的选择、成形加工方法等。

本书是一本将金属工艺学和金工实习教材整合为一体的理实交融的教材,从高职教育的实际出发,以培养学生基本技能、创新精神和工作能力为主线,突出教材的基础性、知识性、实用性、实效性和技术性;在教材内容的表达上,强调叙述简练、层次分明、深入浅出、直观形象、图文并茂,力求教材内容不重复、不交叉、不庞杂,分工明确。教材适应了我国职业教育事业快速发展、职业教育改革不断深入的大形势,体现了编者对教学过程、课程内容和教材进行综合改革的思想,也充分展现了我们多年来高职教育教学改革的成果,较好地把握了课程的目标和定位。

全书共 14 章,由余承辉任主编,马希云、王丽七、安荣任副主编。其中第 1、6 章由安徽建安建设集团股份有限公司年立强编写;第 2、4 章由安徽水利水电职业技术学院徐华俊编写;第 3 章由安徽省淠史杭灌区管理总局设计院李青编写;第 5 章由安徽水利水电职业技术学院乔衍勇编写;第 7、13 章由安徽水利水电职业技术学院余承辉编写;第 8 章由安庆职业技术学院马希云编写;第 9 章由安徽国防科技职业学院王丽七编写;第 10 章由安徽工业职

业技术学院王振东编写;第11章由安徽职业技术学院安荣编写;第12、14章由安徽水利水电职业技术学院程艳编写。

鉴于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015年9月

目 录

前言	(i)
第 1 章 金属材料的力学性能	(1)
1.1 强度和塑性	(1)
1.2 硬度	(4)
1.3 冲击韧性	(6)
1.4 疲劳极限	(8)
复习思考题	(9)
第 2 章 金属与合金的晶体结构与结晶	(11)
2.1 金属的晶体结构	(11)
2.2 金属的结晶	(14)
2.3 合金的晶体结构与结晶	(17)
复习思考题	(21)
第 3 章 铁碳合金	(23)
3.1 铁碳合金基本组织	(23)
3.2 铁碳合金相图	(25)
复习思考题	(33)
第 4 章 钢的热处理	(35)
4.1 概述	(35)
4.2 钢在加热和冷却时的组织转变	(37)
4.3 钢的普通热处理	(42)
4.4 钢的表面热处理	(51)
4.5 钢热处理缺陷分析及其防止措施	(55)
复习思考题	(58)
第 5 章 金属表面处理技术	(60)
5.1 金属表面强化处理	(60)
5.2 金属表面防护处理	(65)
5.3 金属表面装饰处理	(71)
复习思考题	(73)
第 6 章 金属材料	(74)
6.1 概述	(74)
6.2 非合金钢	(76)

6.3 合金钢	(81)
6.4 铸铁	(87)
6.5 非铁合金及粉末冶金材料	(92)
6.6 钢材的火花鉴别	(102)
复习思考题	(105)
第7章 非金属材料	(107)
7.1 塑料	(107)
7.2 橡胶	(110)
7.3 陶瓷和复合材料	(113)
7.4 胶黏剂	(116)
复习思考题	(118)
第8章 焊接成形	(119)
8.1 概述	(119)
8.2 焊条电弧焊	(120)
8.3 气焊与气割	(131)
8.4 其他焊接方法	(135)
8.5 常用金属材料焊接知识	(139)
8.6 焊接结构工艺性	(141)
8.7 焊接应力和变形	(145)
8.8 焊缝结构和焊接质量	(148)
复习思考题	(156)
第9章 铸造成形	(158)
9.1 概述	(158)
9.2 砂型铸造	(161)
9.3 特种铸造	(177)
9.4 铸造成形工艺设计	(181)
9.5 铸件的结构工艺性	(188)
复习思考题	(193)
第10章 锻压成形	(194)
10.1 锻压成形基础知识	(194)
10.2 自由锻	(202)
10.3 模锻	(208)
10.4 板料冲压	(212)
10.5 挤压、轧制、拉拔、旋压	(217)
复习思考题	(222)
第11章 金属切削成形基础知识	(224)
11.1 金属切削机床及刀具	(224)
11.2 金属切削成形过程	(226)

11.3 钳工基础	(232)
复习思考题	(249)
第 12 章 金属切削成形方法	(251)
12.1 车削成形方法	(251)
12.2 其他常用加工成形方法	(256)
复习思考题	(266)
第 13 章 非金属材料成形工艺	(268)
13.1 工程塑料的成形	(268)
13.2 橡胶成形	(272)
13.3 陶瓷成形	(274)
13.4 复合材料成形	(275)
复习思考题	(279)
第 14 章 工程材料与成形工艺的选择	(280)
14.1 零件的失效	(280)
14.2 材料及成形工艺选择的原则、方法和步骤	(282)
14.3 典型零件的选材实例分析	(286)
复习思考题	(295)
参考文献	(296)

第 1 章 金属材料的力学性能

金属材料是工业生产中最重要材料,广泛应用于机械制造、交通运输、国防工业、石油化工和日常生活各个领域。生产实践中,往往由于选材不当造成机械达不到使用要求或过早失效,因此了解和熟悉金属材料的性能成为合理选材、充分发挥工程材料内在性能潜力的重要依据。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用过程中表现出来的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能等;工艺性能是指材料对各种加工工艺适应的能力,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能等。

在机械制造领域选用材料时,大多以力学性能为主要依据,因此必须首先了解金属材料的力学性能。所谓金属材料的力学性能,是指金属受到各种载荷(外力)作用时,所表现出的抵抗能力。力学性能主要包括强度、塑性、硬度、韧性、疲劳极限等。

1.1 强度和塑性

1.1.1 强度

强度是金属材料抵抗永久变形和断裂的能力。金属材料的强度指标主要有屈服点和抗拉强度。金属材料的强度指标由拉伸试验来测定。

1. 拉伸试验

拉伸试验是指用静拉伸力对试样进行轴向拉伸,测量拉伸力和相应的伸长,并测其力学性能的试验。

拉伸试样通常采用圆柱形,分为短试样和长试样两种,长试样 $L_0=10d_0$ (L_0 为试样原始长度, d_0 为试样原始直径),短试样 $L_0=5d_0$ 。试样拉伸前后的状态如图 1-1 所示。把标准试样装夹在试验机的上、下夹头间,开动机器,在压力油的作用下,试样受到拉伸,然后对试样逐渐施加拉伸载荷的同时连续测量力和相应的伸长,直至把试样拉断为止,便得到拉伸曲线,依据拉伸曲线可求出相关的力学性能。

材料的性质不同,拉伸曲线形状也不尽相同。如图 1-2 所示为退火低碳钢的拉伸曲线,图中纵坐标表示力 F ,单位为 N;横坐标表示绝对伸长 ΔL ,单位为 mm。退火低碳钢拉伸曲线分为几个变形阶段:

(1) OE——弹性变形阶段。试样的伸长量与载荷成正比增加,此时若卸载,试样能完全恢复原来的形状和尺寸。

(2) ES——屈服阶段。当载荷超过 F_s 时,试样开始出现塑性变形,此时若卸载,试样的

伸长只能部分恢复;当载荷增加到 F_s 时,曲线上出现平台,即载荷不增加,试样继续伸长,材料丧失了抵抗变形的能力,这种现象叫屈服。

(3) SB ——塑性变形阶段。载荷超过 F_s 后,试样开始产生明显塑性变形,伸长量随载荷增加而增大。 F_b 为试样拉伸试验的最大载荷。

(4) BK ——缩颈阶段。载荷达到最大值 F_b 后,试样局部直径开始急剧缩小,出现“缩颈”现象,由于截面积减小,试样变形所需载荷也随之降低, K 点时试样发生断裂。

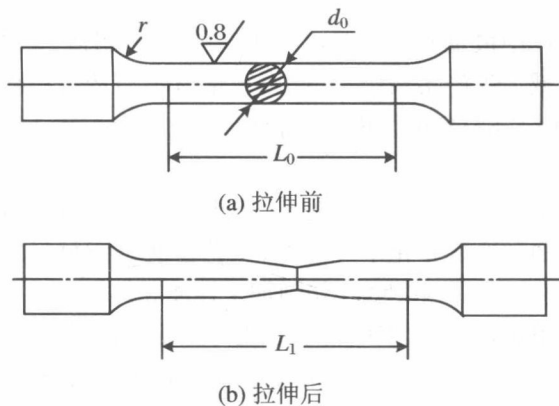


图 1-1 拉伸试样

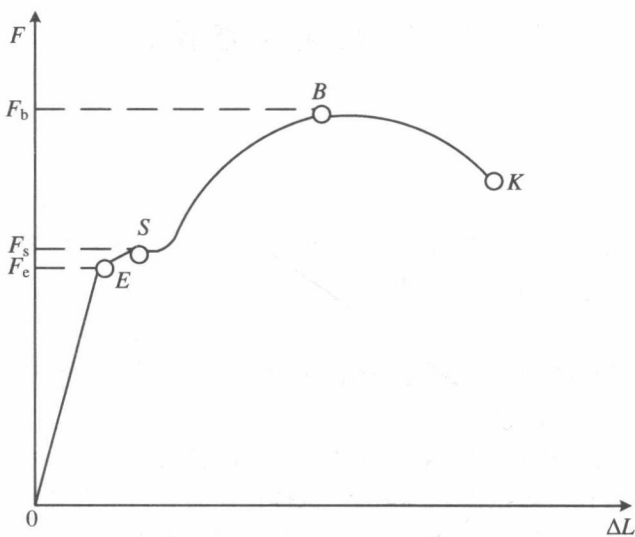


图 1-2 低碳钢拉伸曲线

2. 强度指标

(1) 屈服强度

屈服强度是指试样在拉伸试验过程中力不增加(保持恒定)仍然能继续伸长(变形)时的应力。以 σ_s 表示,单位为 MPa。屈服点计算公式为

$$\sigma_s = F_s / S_0$$

式中, F_s ——屈服时的拉伸力(N);

S_0 ——试样原始截面积(mm^2)。

对于无明显屈服现象的金属材料(如铸铁、高碳钢等),测定 σ_s 很困难,通常规定以产生0.2%塑性变形时的应力作为条件屈服点,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服点代表金属对发生明显塑性变形的抗力,机械零件在工作时如受力过大,会因过量变形而失效。如机械零件在工作时所受的应力低于材料的屈服点,则不会产生过量的塑性变形。材料的屈服点越高,允许的工作应力也越高。因此屈服点是机械设计的主要依据,也是评定金属材料优劣的重要指标。

(2) 抗拉强度

抗拉强度是指材料在拉断前所承受的最大拉应力。以 σ_b 表示,单位为MPa。抗拉强度计算公式为

$$\sigma_b = F_b/S_0$$

式中, F_b ——试样断裂前所承受的最大载荷(N);

S_0 ——试样原始截面积(mm^2)。

抗拉强度表示材料抵抗均匀塑性变形的最大能力,是表征金属材料由均匀塑性变形向局部集中塑性变形过渡的临界值,抗拉强度愈高的材料,所能承受的载荷愈大。抗拉强度也是设计机械零件和选材的主要依据。

1.1.2 塑性

金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。塑性指标也是通过拉伸试验测定的,常用塑性指标是断后伸长率和断面收缩率。

1. 断后伸长率

拉伸试样拉断后,标距的相对伸长与原始标距的百分比称为断后伸长率,用 δ 表示,即

$$\delta = (L_1 - L_0)/L_0 \times 100\%$$

式中, L_0 ——试样原始标距长度(mm);

L_1 ——试样被拉断时的标距长度(mm)。

由于被测试样长度不同,测得的断后伸长率也不相同,长、短试样断后伸长率分别用符号 δ_{10} 和 δ_5 表示,通常 δ_{10} 也写为 δ 。

2. 断面收缩率

拉伸试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与试样原始截面积的百分比称为断面收缩率,用 Ψ 表示,即

$$\Psi = (S_0 - S_1)/S_0 \times 100\%$$

式中, S_0 ——试样原始截面积(mm^2);

S_1 ——试样被拉断时缩颈处的横截面积(mm^2)。

断面收缩率不受试样尺寸的影响,因此能更可靠地反映材料的塑性大小。

断后伸长率和断面收缩率数值愈大,表明材料的塑性愈好。良好的塑性对机械零件的加工和使用都具有重要意义。例如,塑性良好的材料易于进行压力加工(轧制、冲压、锻造等);如果机械零件过载,将产生塑性变形而不致突然断裂,可以避免事故发生。

1.2 硬 度

硬度是衡量金属材料软硬程度的一种性能指标,也是指金属材料抵抗局部变形和局部破坏,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。

硬度试验方法很多,大体上可分为压入法、划痕法和回弹高度法等三大类。金属材料硬度检验主要用压入法进行硬度试验。压入法是在规定的静态试验力作用下,将一定的压头压入金属材料表面层,然后根据压痕的面积大小或深度测定其硬度值。

根据载荷、压头和表示方法的不同,有多种压入法可用,常用的硬度测试方法有布氏硬度(HBW)、洛氏硬度(HRA、HRB、HRC)和维氏硬度(HV)。

1.2.1 布氏硬度

图1-3为布氏硬度试验原理图。它是用一定直径的硬质合金球作压头,以相应试验力压入被测材料表面,经规定保持时间后卸载,以压痕单位面积上所受试验力的大小来确定被测材料的硬度值,用符号 HBW 表示。布氏硬度值计算公式为

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

式中, F ——试验力(N);

D ——压头直径(mm);

d ——压痕直径(mm)。

从上式可看出,当外载荷 F 、压头球体直径 D 一定时,布氏硬度值仅与压痕直径 d 有关。 d 越小,布氏硬度值越大,硬度越高; d 越大,布氏硬度值越小,硬度越低。通常布氏硬度值不标出单位。在实际应用中,布氏硬度一般不用计算,而是用专用的刻度放大镜量出压痕直径 d ,根据压痕直径的大小,再从专门的硬度表中查出相应的布氏硬度值。

布氏硬度的标注应包括压头类型、压头直径、试验力大小、试验力保持时间。例如,“160HBW10/1000/30”表示直径 D 为 10 mm 的硬质合金球压头,在 1000 kgf 的试验力作用下,保持时间 30 s 时测得的布氏硬度值为 160。

布氏硬度主要用于测量灰铸铁,有色金属以及经退火、正火和调质处理的钢材等材料。

布氏硬度实验具有很高的测量精度,压痕面积较大,能较真实地反映出材料的平均性能;另外,布氏硬度与抗拉强度之间存在一定的近似关系,因而在工程上得到广泛应用。

布氏硬度的缺点是操作时间长,对不同材料需要更换压头和试验力,压痕测量也较费时间;由于压头球体本身的变形,会使测量结果不准确;因压痕较大,布氏硬度不适宜检验薄片或成品件。

1.2.2 洛氏硬度

洛氏硬度试验是用顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 mm 的淬火钢球作为压

头,试验时先施加初载荷,然后施加主载荷,保持规定时间后卸除主载荷,依据压痕深度确定硬度值。

图 1-4 为洛氏硬度试验原理图。0—0 为 120° 金刚石压头没有与试件表面接触时的位置;1—1 为压头加初载后的位置,此时压头压入深度为 ab ;2—2 为压头加主载后的位置,此时压头压入深度为 ac ;卸除主载后,由于恢复弹性变形,压头位置提高到 3—3 位置。最后,压头受主载后实际压入表面的深度为 bd ,洛氏硬度就是用 bd 的大小来衡量的。

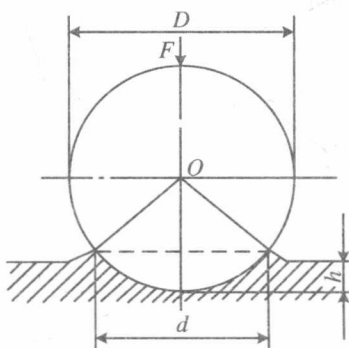


图 1-3 布氏硬度试验原理图

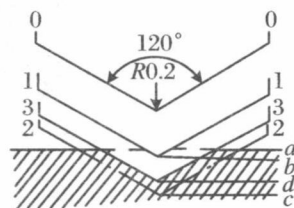


图 1-4 洛氏硬度试验原理图

实际应用时洛氏硬度可直接从硬度计表盘上读出。压头端点每移动 0.002 mm ,表盘上转过一小格,压头移动 bd 距离,指针应转 $bd/0.002$ 格。洛氏硬度计算公式为

$$HR = K - bd/0.002$$

式中, K ——常数(金刚石作压头, $K=100$;钢球作压头, $K=130$)。

为了用一台硬度计测定从软到硬不同金属材料的硬度,可采用不同的压头和总试验力组成几种不同的洛氏硬度标尺,每种标尺用一个字母在洛氏硬度符号 HR 后面加以注明。常用的洛氏硬度标尺有 A、B、C 三种,其中 C 标尺应用最广。HRA 主要用于测量硬质合金、表面淬火钢等;HRB 主要用于测量软钢、退火钢、铜合金等;HRC 主要用于测量一般淬火钢件。

洛氏硬度试验法操作简单迅速,能直接从刻度盘上读出硬度值;测试的硬度值范围较大,既可测定软的金属材料,也可测定最硬的金属材料;试样表面压痕较小,可直接测量成品或薄工件。但由于压痕小,对内部组织和硬度不均匀的材料,测得硬度波动较大,为提高测量精度,通常测定三个不同点取平均值。

1.2.3 维氏硬度

维氏硬度测定原理与布氏硬度基本相似,图 1-5 为维氏硬度试验原理图。维氏硬度是用正四棱锥形压痕单位面积上承受的平均压力表示的硬度值,用符号 HV 表示。维氏硬度计算公式为

$$HV = 0.1891F/d^2$$

式中, F ——实验力(N);

d ——压痕两条对角线长度的算术平均值(mm)。

试验时用测微计测出压痕的对角线长度,算出两条对角线长度的平均值后,查

GB4340—1984 附表或经计算可得出维氏硬度值。

维氏硬度的标注应包括试验力大小和试验力保持时间。例如,“640HV30”表示用 30 kgf 试验力,保持 10~15 s 测定的维氏硬度值为 640;“640HV30/20”表示用 30 kgf 试验力,保持 20 s 测定的维氏硬度值为 640。

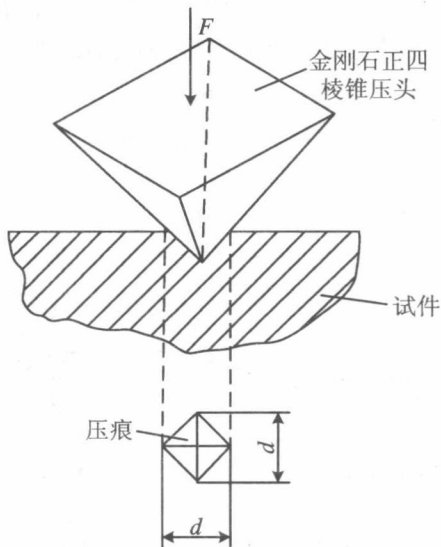


图 1-5 维氏硬度试验原理图

维氏硬度适用范围宽,从很软的材料到很硬的材料都可以测量。其测量结果精确可靠,尤其适用于零件表面层硬度的测量,如化学热处理的渗层硬度测量。但测取维氏硬度值时,需要测量对角线长度,然后查表或计算;而且进行维氏硬度测试时,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。

1.3 冲击韧性

许多机械零件是在动载荷下工作的,如锻锤的锤杆、冲床的冲头、火车挂钩、活塞等。冲击载荷比静载荷的破坏能力大,对于承受冲击载荷的材料,不仅要求其具有高的强度和一定塑性,还必须具备足够的韧性。韧性是金属材料在断裂前吸收变形能量的能力,通常用冲击试验来测定。

1.3.1 摆锤式一次冲击试验

摆锤式一次冲击试验是目前最普遍的一种试验方法。为了使试验结果可以相互比较,将金属材料制成冲击试样。

摆锤冲击试验原理如图 1-6 所示。将标准试样安放在摆锤式试验机的支座上,试样缺口背向摆锤,将具有一定重力 G 的摆锤举至一定高度 H_1 ,使其获得一定势能 GH_1 ,然后由此高度落下将试样冲断,摆锤剩余势能为 GH_2 。冲击吸收功(A_k)除以试样缺口处的截面积

S_0 , 即可得到材料的冲击韧度 a_{k0} , 计算公式为

$$a_k = A_k / S_0 = G(H_1 - H_2) / S_0$$

式中, a_k ——冲击韧度(J/cm²);

A_k ——冲击吸收功(J);

G ——摆锤的重力(N);

H_1 ——摆锤举起的高度(m);

H_2 ——冲断试样后摆锤的高度(m);

S_0 ——试样缺口处截面积(cm²)。

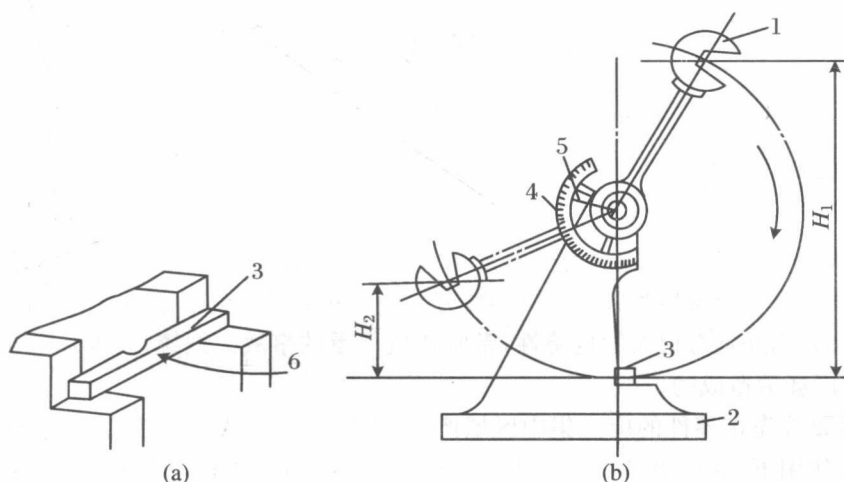


图 1-6 冲击试验示意图

1—摆锤;2—机架;3—试样;4—刻度盘;5—指针;6—冲击方向

使用不同类型的标准试样(U形缺口或V形缺口)进行试验时,冲击韧度分别以 a_{ku} 和 a_{kv} 表示。

冲击韧度 a_k 值愈大,表明材料的韧性愈好,受到冲击时愈不易断裂。

冲击韧度 a_k 值的大小受很多因素影响。

冲击韧度 a_k 值对组织缺陷非常敏感,它可灵敏地反映出金属材料的质量、宏观缺口和显微组织的差异,能有效地检验金属材料在冶炼、加工、热处理工艺等方面的质量。

冲击韧度 a_k 值对温度非常敏感,通过一系列温度下的冲击试验可测出金属材料的脆化趋势和韧脆转变温度。在试验时,冲击韧度 a_k 值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 a_k 值急剧下降,金属材料由韧性断裂变为脆性断裂,这种现象称为冷脆转变。在试验中,冲击韧度 a_k 值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。韧脆转变温度是衡量金属材料冷脆倾向的指标。金属材料的韧脆转变温度愈低,说明金属材料的低温抗冲击性愈好。

因此冲击韧度值一般只作为选材时的参考,而不能作为计算依据。

1.3.2 多次冲击试验

在工程实际中,在冲击载荷作用下工作的机械零件,很少因承受大能量一次冲击而破

坏,大多数是经千百万次的小能量多次重复冲击,最后导致断裂,如冲模的冲头、凿岩机上的活塞等。所以用 a_k 值来衡量材料的抗冲击能力不符合实际情况,应采用小能量多次重复冲击试验来测定。

金属材料在多次冲击下的破坏过程由裂纹产生、裂纹扩张和瞬时断裂三个阶段组成。它是多次冲击损伤积累发展的结果,不同于一次性冲击的破坏过程。因此材料的多次冲击抗力是一项取决于材料强度和塑性的综合性指标,冲击能量高时,材料的多次冲击抗力主要取决于塑性;冲击能量低时,主要取决于强度。

1.4 疲劳极限

1.4.1 疲劳现象

许多机械零件,如轴、齿轮、轴承、弹簧等,在循环载荷作用下,经过一定时间的工作后会突然断裂,这种现象称为金属材料的疲劳。疲劳断裂时不会产生明显的塑性变形,断裂是突然发生的,因此具有很大的危险性,常常造成严重的事故。据统计,损坏的机械零件中80%以上是因疲劳造成的。

疲劳断裂首先在零件的应力集中区域产生,先形成微小的裂纹核心,即裂纹源。随后在循环应力作用下,裂纹继续扩展长大。由于疲劳裂纹不断扩展,使零件的有效工作面逐渐减小,因此,零件所受应力不断增加,当应力超过金属材料的断裂强度时,则发生疲劳断裂。

1.4.2 疲劳极限

金属材料经无数次重复交变载荷作用而不发生断裂的最大应力称为疲劳极限或疲劳强度。图1-7是通过试验测定的材料交变应力 σ 和断裂前应力循环次数 N 之间的关系曲线(疲劳曲线)。曲线表明,材料受的交变应力越大,则断裂时应力循环次数 N 越小,反之,则

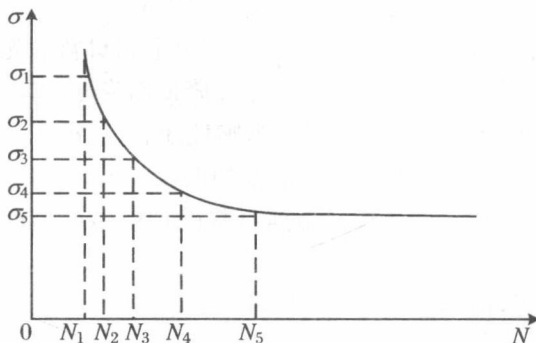


图 1-7 疲劳曲线示意图

N 越大。当应力低于一定值时,试样经无限周次循环也不破坏,此应力值也称为材料的疲劳极限,用 σ_r 表示;对称循环(见图1-8) $r = -1$,故疲劳极限用 σ_{-1} 表示。实际上,金属材料不可能做无限次交变载荷试验。对于黑色金属,一般规定循环 10^7 周次而不破坏的最大应力为疲劳强度,有色金属和某些高强度钢,规定循环 10^8 周次。

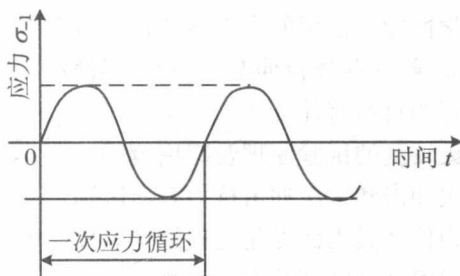


图 1-8 对称循环交变应力图

1.4.3 提高疲劳极限的途径

金属产生疲劳同许多因素有关,目前普遍认为是由于材料内部有缺陷,如夹杂物、气孔、疏松等;表面划痕、残余应力及其他能引起应力集中的缺陷导致微裂纹产生,这种微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展,最终致使零件突然断裂。

针对上述原因,为了提高零件的疲劳极限,应改善结构设计避免应力集中,提高加工工艺减少内部组织缺陷,还可以通过降低零件表面粗糙度和采用表面强化方法(如表面淬火、表面滚压、喷丸处理等)来提高表面加工质量。

复习思考题

选择题

1. 属于金属材料使用性能的是_____。
A. 强度 B. 焊接性能 C. 加工性能 D. 热处理性能
2. 金属抵抗永久变形和断裂的能力称为_____。
A. 硬度 B. 塑性 C. 强度 D. 韧性
3. 拉伸试验时,试样拉断前能承受的最大拉应力称为_____。
A. 屈服强度 B. 抗拉强度 C. 抗弯强度 D. 抗扭强度
4. 金属材料的_____越好,则其锻造性能越好。
A. 强度 B. 塑性 C. 硬度 D. 脆性
5. 测定淬火钢件的硬度,一般选用_____试验。
A. 布氏硬度 B. 洛氏硬度 C. 维氏硬度 D. 其他硬度
6. 做疲劳试验时,试样承受的载荷为_____。
A. 动载荷 B. 冲击载荷 C. 循环载荷 D. 静载荷

问答题

1. 工程材料的性能包括哪几个方面?