

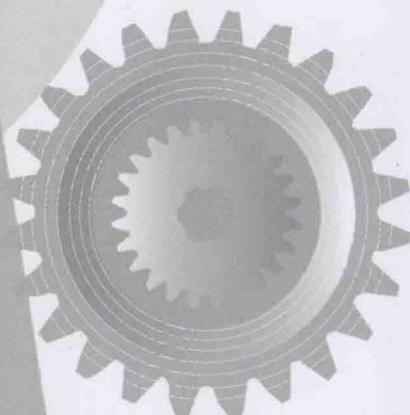
GAOZHI GAOZHUAN JIXIE
XILIE GUIHUA JIAOCAI
高职高专机械系列规划教材

JIXIE

金属材料及其加工基础

Jinshu Cailiao Jiqi Jiagong Jichu

◎主 编 阎 红



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

金属材料及其加工基础

主编 阎 红

重庆大学出版社

内容提要

本书是为了适应高等职业技术教育的发展需要而编写的。全书分5篇,共20章,主要阐述了金属材料基础知识、钢的热处理、钢铁材料、非铁金属及其合金、非金属材料、铸造、金属压力加工、焊接、金属切削加工基础知识等。本书采用最新标准,注重在理论知识、素质、能力、技能等方面对学生进行全面的培养;注重吸取现有相关教材的优点,充实新知识、新工艺、新技术等内容,简化过多的理论介绍;突出职业技术教育特色,做到图解直观形象,理论联系实际,加强学生实践技能和综合应用能力的培养;通过教学活动培养学生的工程意识、经济意识、管理意识和环保意识;注重文字叙述精练,通俗易懂,总结归纳提纲挈领;每篇末都附有复习思考题,以便学生对所学知识进一步巩固和提高。

本书可作为高等职业院校机械类、近机类各专业教材,也可作为广大自学者的自学用书及工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料及其加工基础/阎红主编. —重庆:重庆大学出版社,2012.7

高职高专机械系列教材

ISBN 978-7-5624-6889-9

I. ①金… II. ①阎… III. ①金属材料—加工—高等教育—教材 IV. ①TG39

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第167061号

金属材料及其加工基础

主编 阎 红

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:刘雯娜 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617183 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆市联谊印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:18 字数:449千

2012年7月第1版 2012年7月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6889-9 定价:33.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书是高等职业院校机械类及近机类各专业必修的一门技术基础课,是研究零件制造工艺方法的综合性技术学科。它主要研究工程材料的性能及其对加工工艺方法的影响、各种工艺方法自身的规律性及其相互联系与比较、各种加工方法的加工工艺过程和结构工艺性,着重阐述常用工程材料及主要加工方法的基本原理和工艺特点,全面讲述机械零件常用材料的选用、毛坯的选择、机械零件的加工方法和工艺路线的拟订及机械制造的新技术和新工艺。其兼有基础性、实用性、知识性、实践性与创新性等特点,是培养应用型人才的重要基础课程之一。

本教材是根据教育部对高职高专教育人才培养目标的要求,结合机械类及近机类各专业的实际需要,并适应高新技术的发展,本着理论与实践相结合的原则,系统阐述冷热加工工艺方法、特点、规律性、应用及结构工艺性,以服务于后续课程和生产实践。本书主要内容有:金属材料基础知识、钢的热处理、钢铁材料、非铁金属及其合金、非金属材料、铸造、金属压力加工、焊接、金属切削加工基础知识等。

本教材具有以下特点:

①力求符合高等职业院校对本课程的实际需要,做到内容充实、重点突出、着眼实践、为生产服务。各篇自成体系,适应性强,主要使用对象是机械类及近机类各专业的学生。

②本课程属于实践性很强的技术基础课,讲授时与生产实际密切结合最为重要,这也是培养现代高技能人才的重要方法之一。在进行本课程的教学时,为了与实际生产密切结合,既可以在课堂进行,也可以在车间进行,不必拘泥于课堂与车间实习之别。

③本书的编写力求适应机械类及近机类专业的应用实际,力求处理好常规工艺与现代新技术的关系,力求全面介绍现代机械制造技术的概念,反映机械制造新工艺和新成就,开阔学生的视野,培养学生的创新素质和能力,并使学生了解其发展趋势。

④为加深学生对课程内容的理解,掌握和巩固所学的基本知识,在分析问题和独立解决问题的能力方面得到应有的训练,本书每篇后附有习题,供学生学完有关内容后及时进行消化和复习。

本书由阎红任主编,参加本书编写的人员及分工:天津职业大学阎红(绪论、第1篇的第5章和第4篇),天津职业大学邹吉权(第1篇的第1,2,3,4章),天津职业大学李海斌(第2篇的第1,2章),天津职业大学刘晓敏(第2篇的第3章),天津职业大学秦曼华(第3篇),陕西理工学院张杰和天津职业大学阎红(第5篇)。天津职业大学杜玉雪参加了本书资料整理等工作。

由于时间较紧,加之编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者
2012年4月

目 录

绪 论	1
第 1 篇 工程材料	3
第 1 章 金属材料的力学性能	3
1.1 静载时材料的力学性能	3
1.2 动载时材料的力学性能	6
1.3 断裂韧性	7
第 2 章 金属和合金的结构与结晶	8
2.1 金属的晶体结构	8
2.2 金属的结晶过程和同素异构转变	11
2.3 合金的晶体结构	14
2.4 二元合金相图	16
第 3 章 铁碳相图	20
3.1 铁碳合金的基本组织与性能	20
3.2 铁碳合金相图	21
3.3 铁碳合金相图的应用	28
第 4 章 钢的固态相变及热处理	30
4.1 钢的固态相变	30
4.2 钢的热处理	40
第 5 章 常用金属材料	54
5.1 钢铁材料	54
5.2 有色金属及其合金	75
5.3 新型金属材料	83
5.4 金属材料及成型工艺的选用	85
复习思考题	94

第2篇 铸 造	96
第1章 铸造成型工艺基础	96
1.1 铸造基础知识	96
1.2 金属的铸造特性	97
1.3 铸造常见缺陷及其防止	99
第2章 铸造成型方法	103
2.1 砂型铸造	103
2.2 特种铸造	106
第3章 铸件的结构设计	110
3.1 铸造工艺对铸件结构的要求	110
3.2 合金的铸造性能对铸件结构的要求	113
复习思考题	116
第3篇 压力加工	117
第1章 金属的塑性变形	118
1.1 金属塑性变形的实质	118
1.2 塑性变形对金属组织和性能的影响	120
1.3 金属的锻造性	121
第2章 锻 造	124
2.1 自由锻造	124
2.2 模锻	126
2.3 胎模锻造	130
2.4 锻件结构工艺性	131
第3章 板料冲压	135
3.1 板料冲压的基本工序	135
3.2 冲压模具	140
3.3 板料冲压件结构工艺性	142
复习思考题	144
第4篇 焊 接	146
第1章 电弧焊	148
1.1 焊接电弧	148
1.2 手弧焊的焊接过程	149
1.3 电弧焊的冶金特点	150
1.4 电焊条	150
1.5 埋弧自动焊	154
1.6 气体保护焊	157

第2章 焊接质量及其控制	160
2.1 焊接接头的组织和性能	160
2.2 焊接应力与变形	161
2.3 焊接接头的主要缺陷及检验	165
第3章 其他焊接方法	167
3.1 电渣焊	167
3.2 电阻焊	168
3.3 钎焊	169
3.4 常用的焊接方法的比较和选用	171
3.5 焊接新技术简介	172
第4章 常用金属材料的焊接	174
4.1 金属材料的可焊性	174
4.2 碳钢的焊接	175
4.3 合金结构钢的焊接	176
4.4 铸铁的焊补	176
4.5 有色金属的焊接	177
第5章 焊接结构设计	179
5.1 焊接结构件材料的选择	179
5.2 焊缝的布置	179
5.3 焊接方法的选择	181
5.4 接头形式的选择与设计	182
复习思考题	184
第5篇 金属切削加工	185
第1章 金属切削加工的基本知识	185
1.1 切削加工概述	185
1.2 金属切削刀具	189
1.3 金属切削过程及其物理现象	197
复习思考题	205
第2章 常用加工方法综述	206
2.1 车削的工艺特点及应用	206
2.2 钻床、镗床加工的特点及应用	217
2.3 刨、插、拉削的工艺特点及应用	227
2.4 铣削的工艺特点及应用	233
2.5 磨削的工艺特点及应用	240
复习思考题	249
第3章 机械加工工艺过程	251
3.1 机械加工工艺的基础知识	251

3.2 零件机械加工工艺的制订.....	258
3.3 典型零件的机械加工工艺.....	259
复习思考题	268
第4章 先进制造技术简介	270
4.1 光整加工.....	270
4.2 特种加工.....	273
4.3 数控机床加工.....	277
复习思考题	279
参考文献	280

绪 论

“金属材料及其加工基础”是研究机械零件制造工艺的综合性技术基础课。它主要包括工程材料、热加工工艺基础、机械加工工艺基础三部分内容。

任何机械设备(小至仪器、仪表,大至机车、船舶)都是由相应的几个乃至千万个零件组成的,而要获取所需的合格机械零件,必须进行选材,然后进行一系列的加工,最后满足其形状、尺寸及性能要求。将合格零件组装起来,即得到相应的机械设备。

制造机械零件使用的材料有多种,主要分为金属材料和非金属材料。金属材料中有碳钢、合金钢、铸铁及有色金属等,非金属材料中有高分子材料、陶瓷和复合材料等。这就需要工程技术人员必须仔细、认真地考虑如何合理、经济地选用材料,以及所选用的材料是否满足零件所处工作条件下的要求。为此,设计人员首先要了解的是制造零件材料的种类、牌号、性能、规格和使用特点以及价格和市场供应等。在制造机械零件的过程中要经过各种加工,如毛坯的加工、机械切削加工以及为获得必要的性能在加工工序间穿插各种热处理工序。零件毛坯加工有铸造成型法、压力加工成型法和焊接成型法以及铸、锻、焊联合成型法。切削加工有常规的车、铣、刨、磨、钳加工和特种加工、数控车床加工等。热处理包括退火、正火、淬火、回火、表面淬火和化学热处理等。零件的加工方法和加工工艺线路有多种,对工艺人员来说,就需要根据零件所用材料、有关技术条件、生产批量、现场设备条件、工人技术水平以及成本、生产率等选择合适的加工工艺方法,并制订合理的工艺规程。为保证上述选材和加工工艺的合理性,设计者应广泛了解各种加工方法,而工艺师应尽量在加工上满足设计要求。

我国是世界上最早的文明发达国家之一,我们的祖先用勤劳、智慧的双手创造了对人类社会有深远影响的、光辉灿烂的文化,金属工艺(冶金、铸造、锻造、焊接、热处理、金属切削加工、表面处理)就产生于古文明之中。在冶金、材料方面,早在中晚商时期,青铜冶铸术已处在世界前列,秦、汉、宋、明代又有进一步发展。我国的炼铁技术始于春秋末年,战国晚期已能冶炼多种铸铁,如白口铁、麻口铁、韧性铸铁、球墨铸铁等,汉代又发明了灰口铁。战国时期就会制造碳钢,如铸铁脱碳钢,西汉到魏、晋、南北朝,制钢技术又有很大发展。到东汉,铁兵器全部代替铜兵器,并炼制了许多锋利的名刀宝剑。在铸造方面,商代司母戊鼎及四羊方尊是古代青铜文化的代表作,1978年5月在湖北随县出土的曾侯乙编钟是我国古代铸师、乐师的智慧结晶。1980年底在陕西临潼出土的秦铜车马,采用了铸、焊、凿、刻、锉、抛光及多种机械连接技术,将3 000多个部件组合在一起,这不仅需要高超的青铜冶铸技术,而且需要过硬的焊接、

金属切削加工、钳工、装配等方面的技术。河北沧州五代时重 40 t 的铁狮、湖北当阳重 50 t、高 23 m 的宋代铁塔,河北正定重 50 t、高 22 m 的宋代铜佛,峨眉山万年寺重 62 t 的宋代普贤铜骑象,北京明永乐大钟等重型铸件,无不反映了我国古代高水平的冶铸技术。河北藁城出土的商朝铁刃铜钺,证明 3 000 年前我国已掌握锻造和锻接技术。春秋时期,我国已出现锡焊、铜焊等技术。战国时期已掌握了钢铁热处理技术。河北易县出土的公元 7 世纪的钢铁兵器已经经过了淬火处理,西汉中山靖王墓出土的宝剑经过了渗碳处理,清代就已采用冷锻—C、N 共渗——淬火、回火三种工艺反复交叉的复合热处理制造宝剑。在汉代我国就已经使用加工得非常精致的齿轮,1668 年我国已能加工直径为 2 丈(1 丈 $\approx$ 3.33 m)的天文仪器的铜环。春秋战国时期就发明了金属防腐技术,吴越二王剑埋藏在深 5.6 m 的潮湿地下 2 500 多年,至今未锈,且锋利如初。

现代,我国的机械工业取得了很大成就,机械工程与电工、电子、冶金、化学、物理、激光等技术相结合,产生了许多新工艺、新材料、新产品。纵观古今中外,任何产品的出现都在很大程度上依赖于材料科学和制造工艺水平。任何先进的制造技术,最后都要落实在工艺方法和工艺装备上。没有良好的工艺教育和先进的工艺技术,就没有现代制造技术。面对 21 世纪人才培养,面向 21 世纪的现代制造业,本课程实为一门必修的工艺性技术基础和工程实践课。

当前,现代机械制造朝着产品大型化、精密化,使用材料多样化,加工连续化、自动化和人工智能化方面发展,这就需要工程技术人员在熟悉常用工程材料和零件加工工艺基础知识的基础上,进一步学习和掌握新材料、新技术、新工艺,为提高我国机械制造生产能力、技术水平、产品质量、经济效益不断发挥作用。

学习本课程的基本要求是:

- ①了解常用工程材料的一般性质和应用范围,并具有一定的选材能力。
- ②初步掌握各种主要加工方法的实质、工艺特点及基本原理。
- ③了解各种主要加工方法所用设备及工具的特点和应用。
- ④初步掌握零件的结构工艺性,合理选择毛坯及其生产方法。
- ⑤对典型零件的制造生产过程具有较完整的概念。
- ⑥了解当前的新材料、新工艺、新技术。

第 **1** 篇

工程材料

第 **1** 章

金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指材料在外力的作用下抵抗变形和破坏的能力,它是金属材料的主要性能之一,也是工程技术人员正确选用材料的重要依据。金属材料的力学性能是通过实验测定的。

1.1 静载时材料的力学性能

1.1.1 静载拉伸试验

静载是对试样施加的不变载荷,而缓慢加载对静载的力学性能影响不大,故可近似地看成静载。由于低碳钢是工程中使用最广泛的材料,它在常温静载条件下表现出来的力学行为最全面,也最具代表性,因此主要以低碳钢为例来说明金属材料的力学性能。

低碳钢的拉伸试验,应按《金属拉伸试验方法》(GB 228—87)制作拉伸试样,在万能材料试验机上缓慢加载拉伸,使试样承受轴向拉力 P ,并引起试样沿轴向产生伸长 $\Delta L(L_1 - L_0)$,当载荷超过某一数值后,试样伸长迅速加大,并使试样局部直径产生缩小(称为缩颈),当载荷达到最大值时,试样断裂。如果以拉力 P 除以试样的原始截面积 F_0 为纵坐标(即拉应力 $\sigma = P/F_0$)。以 ΔL 除以试样原始长度 L_0 为横坐标(即应变 $\varepsilon = \Delta L/L_0$),则可画出应力-应变图,如图 1.1.1 所示。

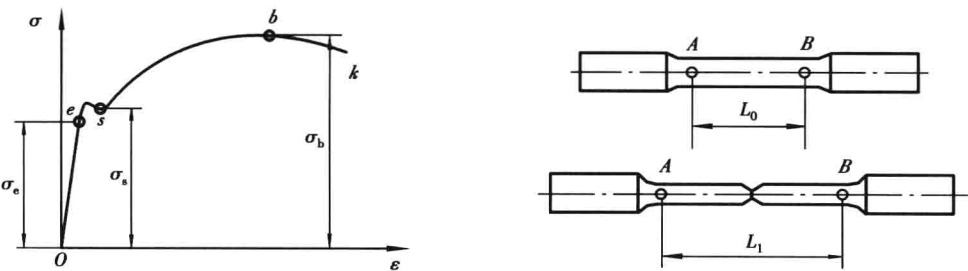


图 1.1.1 低碳钢拉伸时的应力-应变曲线

(1) 弹性和刚性

在图 1.1.1 中,当加载应力不超过 σ_e ,卸载后试样能恢复原状,即材料不产生永久变形,将材料的这种性能称为弹性。 σ_e 为不产生永久变形的最大应力,称为弹性极限。

图中 Oe 是直线,表示应力与应变成正比,此阶段服从虎克定律, Oe 的斜率为试样材料的弹性模量 E ,即

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

弹性模量 E 是衡量材料产生弹性变形难易程度的指标。 E 越大,则使其产生一定量弹性变形的应力也越大。因此,工程上将它称为材料的刚度。刚度表征材料弹性变形抗力的大小。

弹性模量 E 主要决定于材料的本身,是金属材料最稳定的性能之一,合金化、热处理、冷热加工对它的影响很小。在室温下,钢的弹性模量 E 为 190 ~ 220 GPa。弹性模量随温度的升高而逐渐降低。

(2) 强度

在外力的作用下,材料抵抗变形和断裂的能力称为强度。当承受拉力时,强度特性指标主要是屈服极限 σ_s 和强度极限 σ_b 。

1) 屈服极限

如图 1.1.1 所示,在 s 点(屈服点)出现一水平线段,这表明拉力虽然不再增加,但变形仍在进行,此时若卸载,试样的变形不能全部消失,将保留一部分残余的变形,这种不能恢复的残余变形称为塑性变形。 σ_s 表示材料在外力的作用下开始产生塑性变形的最低应力,称为屈服极限。

有些材料的拉伸曲线上没有明显的屈服点 s ,难以确定开始塑性变形的最低应力值,此时规定试样产生 0.2% 残余变形时的应力值,为该材料的条件屈服极限,以 $\sigma_{0.2}$ 表示。

构件在工作中一般不允许发生塑性变形。屈服极限 σ_s 是设计时的主要参数,是材料力学性能的一个重要指标。

2) 强度极限

强度极限为试样被拉断前的最大承载能力,如图 1.1.1 所示的 σ_b 值, σ_b 也是设计和选材的主要参数之一。

σ_s/σ_b 称为屈强比,屈强比越小,构件的使用可靠性越高,即使超载也不至于马上断裂。屈强比太小,则材料强度的有效利用率太低。

合金化、热处理、冷热加工对材料的 σ_s, σ_b 影响很大。

(3) 塑性

在外力的作用下,材料发生不能恢复的变形称为塑性变形,产生塑性变形而不断裂的性能称为塑性。塑性大小用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来表示,即

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

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100\%$$

式中 L_1 ——试样拉断后的长度;

L_0 ——试样原始长度;

F_1 ——试样拉断处的横截面积;

F_0 ——试样原始横截面积。

δ, ψ 越大,表示材料的塑性越好。由于 δ 值与试样尺寸有关,故一般规定 $L_0 = 5d_0$ 或 $L_0 = 10d_0$ (d_0 为试样原始直径),分别以 δ_5 或 δ_{10} 表示两种不同尺寸的试样测得的伸长率。同一种材料测得的 δ_5 一般比 δ_{10} 要大些。

金属材料应具有一定的塑性才能顺利地承受各种变形加工,而材料具有一定的塑性,可以提高零件使用的可靠性,防止突然断裂。

1.1.2 硬度

硬度是指材料抵抗局部塑性变形的能力。工程上常用的有布氏硬度和洛氏硬度。

(1) 布氏硬度

布氏硬度试验通常是以一定的压力 P (30 000 N),将直径为 D 的淬火钢球压入被测材料的表层,保持一定时间后卸除载荷,即得到一直径为 d 的压痕,如图 1.1.2 所示,载荷除以压痕表面积所得之值即为布氏硬度,以 HB 表示。

从几何关系可求得:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

当试验压力的单位为牛(N)时

$$HB = 0.102 \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

上式中只有 d 为变量,因而只要在试验后测出压痕平均直径 d ,即可求得布氏硬度。

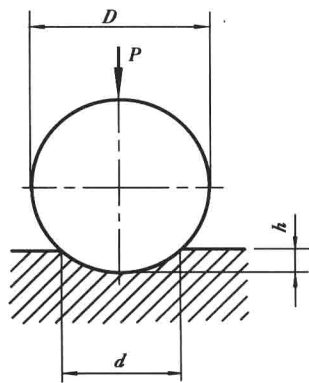


图 1.1.2 布氏硬度试验原理图

布氏硬度压痕直径大,数据重复性好,通常用于测定铸铁、有色金属、碳钢、低合金结构钢

等原材料的硬度,而太薄、太硬(>450 HB)的材料不宜采用布氏硬度。

(2)洛氏硬度

洛氏硬度试验是将标准压头用规定的压力压入被测材料表面,根据压痕的深度来度量材料的硬度,压痕越深,硬度越低。为了使洛氏硬度适应较宽的硬度测定范围,采用了不同的压头和载荷组成各种洛氏硬度标尺,如 HRA,HRB,HRC 等,其中 HRC 用得最多。HRC 是以顶角为 120°金刚石圆锥体为压头,使用较小的载荷(1 500 N),测试简单而迅速,压痕很小,几乎不损伤构件表面。洛氏硬度一般用于测试淬火钢或其他硬度较高的材料的硬度以及成品表面硬度检验。

除以上介绍的两种硬度测定方法外,还有维氏硬度等,可根据具体需要选用。

1.2 动载时材料的力学性能

许多机械零件是在动载条件下工作的。动载主要有两种形式:一是载荷以较高的速度施加到构件上,形成冲击;二是载荷的大小和方向作周期性变化,形成所谓“交变载荷”。当工件承受动载荷时,其抵抗破坏的能力和各种力学行为与静载时是不同的。

1.2.1 冲击韧性

在工程上,冲击载荷是一类重要的动载形式,常用一次摆锤冲击带缺口试样的折断试验所消耗的能量来测定材料抵抗冲击载荷的能力。材料抵抗冲击载荷的能力称为冲击韧性 α_k ,冲击韧性越高,材料抵抗冲击载荷的能力越强。冲击韧性的大小除取决于材料本身外,还受环境温度、试样大小和缺口形状等因素影响。

1.2.2 疲劳强度

许多机械零件如弹簧、轴、齿轮等;在工作时承受交变载荷,即使交变应力低于屈服强度,经过一定循环次数后也会发生破坏。试验证明,金属材料能承受的交变应力 σ 与断裂前应力

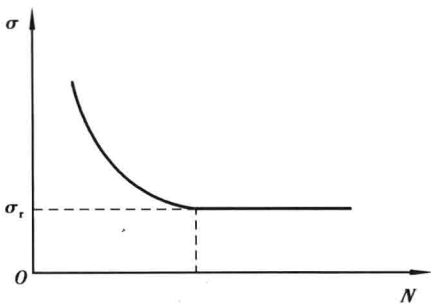


图 1.1.3 疲劳曲线

循环次数 N 有如图 1.1.3 所示的关系。由图可知,当 σ 低于某一值时,曲线与坐标平行,表示材料可经无限次循环而不断裂,这一应力称为疲劳强度或疲劳极限 σ_r 。

工程上指的疲劳强度,是在一定的循环次数下,不发生断裂的最大应力,一般规定钢铁材料的循环次数为 10^7 ,有色金属为 10^8 。

通常认为,疲劳破坏是由裂纹的萌生、扩展以及失稳断裂三个阶段组成。如果构件内部存在缺陷或在结构上存在应力集中,会使构件的疲劳强度大大降低,因此,若构件承受交变载荷的作用,应避免严重的应力集中。由于疲劳破坏通常是在没有任何先兆的情况下突然发生的,因而具有很大的危险性。统计资料表明,机械设备失效总数的 50% ~ 90% 系疲劳破坏所致,汽车部件破坏 85% 以上是由于疲劳破坏引起的。

1.3 断裂韧性

自 20 世纪 30 年代起,在工程结构实际应用中出现了一系列新问题,即按经典力学理论设计的结构,在完全满足材料的力学性能条件之后,仍有一些结构出现断裂与破坏事故。这些新问题的出现,促使人们研究其断裂机理并寻找预防措施,从而形成了断裂力学这一新的学科。断裂力学的基本假设是任何结构中都不不可避免地存在裂纹等缺陷,而结构的脆性断裂是由于裂纹扩展的结果。

如图 1.1.4 所示,由于裂纹的存在,在裂纹尖端前沿存在着应力集中,形成裂纹尖端应力场,按断裂力学分析,其大小可用应力强度因子 K_I 来描述,即

$$K_I = Y\sigma\sqrt{a}$$

式中 Y ——与试样和裂纹几何尺寸有关的量(无量纲);

σ ——外加应力;

a ——裂纹的半长。

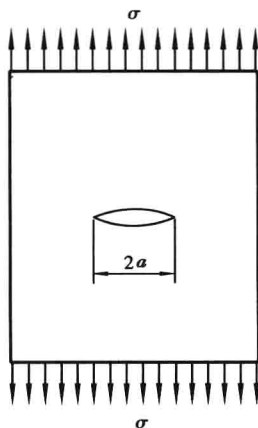


图 1.1.4 具有张开型裂纹的试样

拉伸一个有裂纹的试样时,其 Y 值是一定的,当拉应力 σ 逐渐增大时,裂纹尖端的应力强度因子 K_I 也逐渐增大,当 K_I 达到某一定值时,就会使裂纹产生失稳扩展,发生断裂,这个应力强度因子的临界值,称为材料的断裂韧性,用 K_{IC} 表示。它反映材料有裂纹存在时,抵抗脆性断裂的能力。 K_{IC} 可通过试验测定,是材料本身的特性,与材料成分、热处理及加工工艺有关。

断裂韧性为安全设计提供了一个重要的力学性能指标。

第 2 章

金属和合金的结构与结晶

不同类别的金属材料其性能各有差异,即使是同种金属材料,在不同的加工工艺条件下,其力学性能也可能有较大差异。这种性能差异是由金属的内部微观结构所决定的。因此,了解金属的内部微观结构及其对金属性能的影响,将对选择材料及其加工工艺,具有非常重要的意义。

2.1 金属的晶体结构

金属和合金在固态下通常都是晶体,它们的很多特性与其结晶状态有关。要了解金属与合金的内部微观结构,首先要掌握其晶体结构的情况。

2.1.1 晶体的基本概念

固体物质按原子聚集状态不同分为晶体与非晶体两大类。晶体的原子按一定几何形状作有规律排列,如金刚石、石墨及一切固态的金属和合金,如图 1.2.1(a)所示。而非晶体内部原子是无规则堆积在一起的,如玻璃、沥青、松香等。由于晶体和非晶体的内部结构不同,两者的性能也不同:晶体具有固定的熔点和各向异性的特征,而非晶体则没有固定的熔点,并且是各向同性。

通过 X 线晶体结构分析,可以测得晶体中原子的排列规律,如图 1.2.1(a)所示。为了便于描述晶体内部原子排列的规律,将每一个原子抽象成一个几何点,把这些几何点用直线连接起来,使之构成一个空间格子,如图 1.2.1(b)所示。这种描述原子在晶体中规律排列方式的空间格子称为晶格。

晶格实质上是由一些最基本的几何单元重复堆砌而成的。因此只要取晶格中的一个最基本的几何单元进行分析,便能从中找出整个晶格排列规律,如图 1.2.1(c)所示。这种构成晶格的最基本的几何单元称为晶胞。

晶胞的大小以其各边尺寸 a, b, c 表示,称为晶格常数,度量单位均为 $\text{\AA}$ ($1\text{\AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$)。晶胞各边之间的夹角分别以 α, β, γ 表示,如图 1.2.1(c)所示。

各种晶体由于其晶格类型和晶格常数不同,则呈现出不同的物理、化学及力学性能。