

上海市本科教育高地建设
机械制造及其自动化系列教材

工程材料

钱士强 主 编

清华大学出版社

上海市本科教育高地建设
机械制造及其自动化系列教材

工程材料

钱士强 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要阐述工程材料的分类与性能要求、金属学基础、钢的热处理及表面改性、常用金属材料、其他工程材料、机械零件的选材等内容。重点介绍金属材料,兼顾非金属材料。每章安排学习要求和习题,帮助读者掌握、巩固、应用学习内容。本书可作为高等院校本科机械类和近机类专业学生教材,也可供有关工程技术人员学习、参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程材料/钱士强主编. —北京:清华大学出版社,2009.8
(上海市本科教育高地建设机械制造及其自动化系列教材)
ISBN 978-7-302-20616-3

I. 工… II. 钱… III. 工程材料—高等学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第119121号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:12.75

字 数:304千字

版 次:2009年8月第1版

印 次:2009年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:23.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:032783-01

上海市本科教育高地建设
机械制造及其自动化系列教材编写委员会

顾 问 陈关龙

主 任 程武山

副主任 何法江

编 委 王明红 蔡颖玲 陆 宁 陆 文

秘 书 周玉凤

序言



进入 21 世纪以来,我国制造业得到了飞速发展。中国已成为世界制造业大国,正面临着从制造业大国向制造业强国转型的关键时期。培养大批适应中国机械工业发展的优秀工程技术人才,是实现这一重大转变的关键。

遵循高等教育、人才培养和社会主义市场经济的规律,围绕《上海优先发展先进制造业行动方案》,紧贴区域经济社会需求的发展,上海工程技术大学机械工程学院抓住“上海市机械制造及其自动化本科教育高地建设”这一机遇,把握先进制造业和现代服务业互补、融合的趋势,把打造工程本位的复合应用型人才培养基地作为高地建设的核心,把培养具有深厚的科学理论基础和一定的工程实践能力及创新能力的优秀的复合应用型人才——生产一线工程师,作为高地建设的战略发展目标。

正是基于上述考虑,本编写委员会联合清华大学出版社推出“上海市本科教育高地建设机械制造及其自动化系列教材”,希望根据“以生为本,以师为重,以教为基,以训为媒,突出工程实践”的教育思想理念和当前的科技水平及社会发展的需求,精心策划和编写本系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的工程技术人才。

本系列教材的编写,注重文字通顺,深入浅出,图文并茂,表格清晰,符合国家与部门标准。在编写时,作者重视基础性知识,精选传统内容,使传统内容与新知识之间建立起良好的知识构架;重视处理好教材各章节间的内部逻辑关系,力求符合学生的认识规律,使学习过程变得顺理成章;重视工程实践与教学实验,改变原教材过于偏重理论知识的倾向,力图引导学生通过实践训练,发展自己的工程实践能力;倡导创新实践训练,引导学生发现问题、提出问题、分析问题和解决问题,培养创新思维能力和团队协作能力。

本系列教材的编写和出版,是上海市本科教育高地建设课程和教材改革中的一种尝试,教材中一定会存在不足之处,希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材能更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

陈关龙

2008 年 12 月

前言



“工程材料”课程是高等院校机械类和相关专业的一门十分重要的技术基础课,主要是为学生的后续课程学习和实际工作打下必要的基础。该课程的目的是从工程应用角度出发,介绍常用的工程材料及其应用等基本知识,使学生了解材料的化学成分、加工工艺、微观组织结构及性能之间的关系,并掌握工程材料的基本理论和基本规律。

本书致力于科学性、系统性和实用性;结合目前普通高等院校本科生的学习基础和将来适应社会的需要,注重培养学生的实际工作技术能力,将原理与工程实践紧密结合;同时注重引入新材料、新技术及新工艺;采用最新国家标准;体现国际化的标准和要求;力求体系完整,结构合理,信息正确,编写精练。全书共6章,内容包括工程材料的分类与性能要求、金属学基础、钢的热处理及表面改性、常用金属材料、其他工程材料、机械零件的选材。重点介绍金属材料,兼顾非金属材料。每章安排学习要求和习题,帮助读者掌握、巩固、应用学习内容。

上海工程技术大学材料学院钱士强老师编写第1、6章及4.1、4.2节,林文松老师编写第2章,王伟老师编写第3章,刘继华老师编写4.3、5.1节,何亮老师编写5.2、5.3、5.4节。全书由钱士强老师统稿。

在本书编写过程中,参考并引用了国内外相关图书和文献的内容,编者在此向有关作者表示衷心感谢。本书在规划、编写过程中得到了材料学院同仁的关心和热情帮助。编者在此也一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中错误在所难免。如蒙指正,不甚感谢。

编 者

2009年8月

目录



1	工程材料的分类与性能要求	1
1.1	工程材料的分类	1
1.1.1	结合键的特性	1
1.1.2	材料的分类及用途	3
1.2	机械零件所荷载荷和失效形式	4
1.2.1	载荷类型	4
1.2.2	失效形式	7
1.2.3	失效原因	9
1.3	工程材料的性能要求	10
1.3.1	工程材料的力学性能	11
1.3.2	工程材料的物理性能和化学性能	20
1.3.3	工程材料的工艺性能	22
1.3.4	成分-结构-组织-性能关系	23
	习题	23
2	金属学基础	25
2.1	金属及合金的结构	25
2.1.1	晶体的基本概念	25
2.1.2	三种常见的金属晶体结构	25
2.1.3	晶面指数和晶向指数	27
2.1.4	实际金属晶体结构的缺陷	28
2.1.5	合金的晶体结构	30
2.2	金属的结晶	32
2.2.1	金属结晶的概念	32
2.2.2	结晶过程	33
2.2.3	结晶后的晶粒大小	33
2.2.4	金属铸锭的结晶组织	34

2.2.5	金属的同素异晶转变	35
2.3	二元合金相图	35
2.3.1	二元合金相图的建立	35
2.3.2	二元匀晶相图	36
2.3.3	二元共晶相图	38
2.3.4	其他二元相图	39
2.3.5	相图与合金性能之间的关系	41
2.4	铁碳合金相图	42
2.4.1	相图分析	43
2.4.2	铁碳合金的分类	43
2.4.3	典型铁碳合金的平衡结晶过程及组织	44
2.4.4	铁碳合金的成分-组织-性能关系	47
2.4.5	Fe-Fe ₃ C相图的应用	48
2.5	金属的塑性变形	48
2.5.1	金属单晶体的塑性变形	49
2.5.2	金属多晶体的塑性变形	50
2.5.3	塑性变形对金属组织的影响	52
2.5.4	塑性变形对金属性能的影响	53
2.5.5	残余内应力	54
2.6	塑性变形金属在加热时的组织和性能变化	55
2.6.1	回复	55
2.6.2	再结晶	56
2.6.3	金属材料的热加工	57
习题	58
3	钢的热处理及表面改性	61
3.1	钢的热处理原理	62
3.1.1	钢在加热时的转变	62
3.1.2	钢在冷却时的转变	66
3.2	钢的整体热处理	73
3.2.1	钢的退火与正火	73
3.2.2	钢的淬火与回火	78
3.3	钢的表面热处理	87
3.3.1	感应加热表面淬火	87
3.3.2	火焰加热表面淬火	89
3.3.3	接触电阻加热淬火	89
3.3.4	激光淬火	89
3.4	钢的化学热处理	91
3.4.1	渗碳处理	91

3.4.2 渗氮处理 92

3.4.3 碳氮共渗 93

3.5 复合电沉积表面改性技术简介 94

3.5.1 电刷镀与化学镀 94

3.5.2 高速电喷镀 95

习题 97

4 常用金属材料 99

4.1 工业用钢 99

4.1.1 钢的分类及编号 100

4.1.2 钢中的杂质及合金元素 102

4.1.3 结构钢 107

4.1.4 工具钢 116

4.1.5 特殊性能钢 123

4.2 铸铁 127

4.2.1 铸铁概述 127

4.2.2 常用铸铁 131

4.2.3 合金铸铁 135

4.3 有色金属及合金 136

4.3.1 铝及铝合金 136

4.3.2 铜及铜合金 140

4.3.3 钛及钛合金 143

4.3.4 轴承合金 146

习题 149

5 其他工程材料 151

5.1 高分子材料 151

5.1.1 概述 151

5.1.2 工程塑料 153

5.1.3 有机纤维 154

5.1.4 橡胶 156

5.1.5 高分子胶粘剂 157

5.2 陶瓷材料 158

5.2.1 概述 158

5.2.2 陶瓷材料的性能 159

5.2.3 常用陶瓷材料 161

5.3 复合材料 163

5.3.1 概述 163

5.3.2 复合材料的特点 164

5.3.3 常用的复合材料·····	166
5.4 新型材料·····	171
5.4.1 新型金属材料·····	171
5.4.2 纳米材料·····	175
5.4.3 非晶态合金·····	177
5.4.4 智能材料·····	179
习题·····	181
6 机械零件的选材 ·····	182
6.1 选用材料的基本原则·····	182
6.1.1 使用性能原则·····	182
6.1.2 工艺性能原则·····	183
6.1.3 经济性原则·····	184
6.2 典型零部件选材及工艺分析·····	185
6.2.1 轴的选材及其热处理·····	185
6.2.2 齿轮的选材及其热处理·····	186
6.2.3 箱体及支撑类零件的选材及其热处理·····	188
习题·····	189
参考文献 ·····	191

1

工程材料的分类与性能要求

学习目的与要求

本章主要讲授工程材料的一般分类和工程上对材料的性能要求。主要讲述材料的结合键及其特性,材料的分类及用途,机械零件所载荷类型和失效形式,材料的力学、物理、化学性能,材料加工的工艺性能,材料的成分-结构-组织-性能关系等。重点掌握工程材料分类和材料的性能等内容。

1.1 工程材料的分类

工程材料是指在机械、船舶、化工、建筑、车辆、仪表、航空航天等工程领域中用于制造工程构件和机械零件的材料。一般按照材料的组成、结合键的特点,对工程材料进行分类,可分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料四大类。

1.1.1 结合键的特性

原子是由带正电的原子核和带负电的核外电子组成的。当两个或多个原子形成分子或固体时,原子间的作用力是由原子的外层电子排布结构造成的,其外层轨道必须通过接受或释放额外电子,形成具有净负电荷或正电荷的离子或是通过共有电子方式来达到电子排布的相对稳定结构,这使得原子间产生不同的结合键。

1. 金属键

典型金属原子的结构特点是价电子(最外层电子)数少(一般不超过3个);与原子核的结合力较弱。当大量这样的原子相互接近并聚集为固体时,其中大部分或全部原子会失去价电子而成为正离子。脱离了原子核束缚的价电子成为自由电子在正离子之间自由运动,形成电子云。正离子和自由电子之间产生静电作用而结合起来,如图1-1所示。金属这种依靠正离子和自由电子之间的相互吸引力而结合起来的结合方式称为金属键,它没有饱和性、选择性和方向性。金属中除铍、镉、锆、镓等亚金属为共价键结合外,绝大多数均以金属键方式结合,但各种金属键的结合力相差颇大,它们的强度、熔点

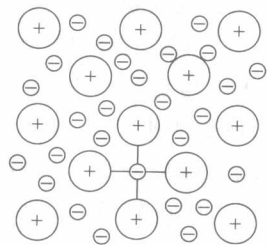


图 1-1 金属键示意图

等相差也较大。

根据金属键的本质,可以解释固态金属的一些基本特性。例如:在外加电场作用下,金属中的自由电子能够沿着电场方向定向流动,形成电流,即金属显示出良好的导电性能;由于自由电子的运动和正离子的振动,所以金属具有良好的导热性;随着温度的升高,正离子或原子本身振动的振幅加大,从而可以阻碍电子的定向运动,使电阻升高,使金属具有正的电阻温度系数;由于自由电子很容易吸收可见光的能量而被激发到较高的能级,因此金属不透明;当它跳回到原来的低能级时,就把吸收的可见光能量以电磁波的形式重新辐射出来,在宏观上表现为金属光泽;由于金属键没有饱和性和方向性,当金属的两部分发生相对位移时,金属的正离子始终被包围在电子云中,保持着金属键结合,所以金属能经受变形而不断裂,从而具有良好的塑性。

2. 离子键

当正电性的金属元素原子和负电性的非金属元素原子接触时,前者失去最外层价电子成为正离子,后者获得电子成为负离子。正、负离子间由于库仑引力而形成离子键。如:当

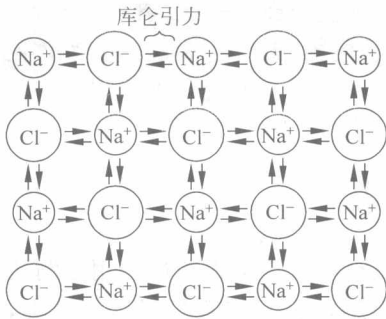


图 1-2 NaCl 离子键示意图

钠和氯原子相互接触时,由于两者的外层轨道上的电子一失一得,使它们各自变成正离子和负离子,二者靠静电作用结合起来,形成氯化钠(见图 1-2)。除氯化钠外,大部分盐、碱类和金属氧化物多以离子键结合;部分陶瓷材料(Al_2O_3 、 ZrO_2 等)及钢中的一些非金属夹杂物也以此方式结合。

由于离子的电荷分布呈球形对称,因此它在各方向上都可以和相反电荷的离子相吸引,即离子键没有方向性。离子键的另一个特性是无饱和性,即一个离子可以同时和几个异性离子相结合。离子键的结合力很大,以离子键结合的材料性能表现为硬度高、强度大、热膨胀系数小,但脆性大。常温下,由于离子键中很难产生可以自由运动的电子,所以离子晶体都是良好的绝缘体;在熔融状态下,所有离子均可运动,因而在高温下又易于导电。在外力作用下,离子之间将失去电的平衡,而使离子键破坏,宏观上表现为材料断裂,所以通常表现为脆性较大。由于离子的外层电子被牢固地束缚着,可见光的能量一般不足以使其受激发,所以不能吸收可见光,因此典型的离子晶体便是无色透明的。许多陶瓷材料是完全地或部分地通过离子键结合的。

3. 共价键

共价键是由两个或多个电负性相差不大的原子间通过共用电子对而形成的化学键。有些同类原子,例如周期表 IV A、V A、VI A 族中的大多数元素或电负性相差不大的原子互相接近时,原子之间不产生电子的转移,此时借共用电子对所产生的力结合,形成共价键。图 1-3 所示为 SiO_2 中硅和氧原子间的共价键示意图。一个硅原子与 4 个在其周围的

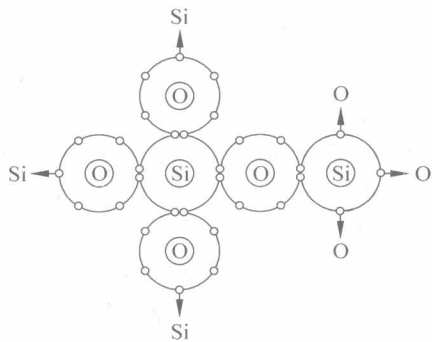


图 1-3 SiO_2 共价键示意图

氧原子共享其外壳层能级的电子,使外层能级壳层获得 8 个电子,每个硅原子通过 1 个共价键与 4 个邻近氧原子结合。

共价键具有明显的饱和性,各键之间有确定的方位。共价键的结合力也很大,且变化范围宽。在外力作用下,原子发生相对位移时,键将遭到破坏,故共价键材料是脆性的。为使电子运动产生电流,必须破坏共价键,须加高温、高压,因此共价键材料具有很好的绝缘性。通常以共价键结合的材料,其性能表现为硬度高、强度大、熔点高、沸点高而挥发性低,塑性和导电性都很差。这一点在金刚石中表现得尤其突出。金刚石是自然界中最硬的材料,其熔点高达 3750℃。许多陶瓷如单质硅、SiC 等以及高分子材料是完全地或部分地通过共价键结合的。

4. 分子键

许多物质其分子具有永久极性。分子的一部分往往带正电荷,而另一部分往往带负电荷,一个分子的正电荷部位和另一分子的负电荷部位间,以微弱静电力相吸引,使之结合在一起,称为范德瓦尔斯键,也叫分子键。原子状态已形成稳定电子壳层的惰性气体元素及 VII B 族元素的双原子分子,在低温下相互接近结合为固体时,没有电子的得失、共有或公有化,而是借助于各自内部出现的正、负电荷中心不重合而产生的极化作用(微弱的静电引力)在原子或分子间形成的作用力实现结合,即分子键,如图 1-4 所示。

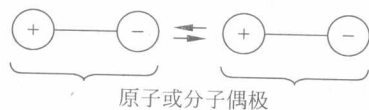


图 1-4 分子键示意图

分子键的结合力很低,以分子键结合的材料,熔点、硬度通常都很低。金属与合金中这种键不多,塑料、橡胶等高分子材料中的链间结合键即为分子键。

1.1.2 材料的分类及用途

工程材料中只有一种键合机制的材料很少,大多数工程材料中往往存在着以一种键为主的几种键组成的混合键,其中金属材料以金属键为主,陶瓷材料以离子键为主,高分子材料以共价键为主。按照材料的组成和结合键的特点,可将工程材料分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料四大类。

金属材料是以金属键结合为主的材料,具有良好的导电性、导热性、延展性和金属光泽,是目前用量最大、应用最广泛的工程材料。金属材料分为黑色金属和有色金属两类。铁及铁合金称为黑色金属,即钢铁材料,其世界年产量已达 10 亿吨,在机械产品中的用量已占整个用材的 60% 以上。黑色金属之外的所有金属及其合金称为有色金属。有色金属的种类很多,根据其特性的不同又可分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属等。

陶瓷材料是以共价键和离子键结合为主的材料,其性能特点是熔点高、硬度高、耐腐蚀、脆性大。陶瓷材料分为传统陶瓷、特种陶瓷和金属陶瓷三类。传统陶瓷又称普通陶瓷,是以天然材料(如赫土、石英、长石等)为原料的陶瓷,主要用作建筑材料;特种陶瓷又称精细陶瓷,是以人工合成材料为原料的陶瓷,常用作工程上的耐热、耐蚀、耐磨零件;金属陶瓷是金属与各种化合物粉末的烧结体,主要用作工具和模具。

高分子材料是以分子键和共价键结合为主的材料,具有塑性、耐蚀性、电绝缘性、减振性好及密度小等特点。工程上使用的高分子材料主要包括塑料、橡胶、合成纤维及胶粘剂等,在机械、电气、纺织、汽车、飞机、轮船等制造工业和化学、交通运输、航空航天等工业中被广

泛应用。

复合材料是把两种或两种以上不同性质或不同结构的材料以微观或宏观的形式组合在一起而形成的材料,通过这种组合可达到进一步提高材料性能的目的,包括金属基复合材料、陶瓷基复合材料和高分子复合材料。如现代航空发动机燃烧室中耐热温度最高的材料就是通过粉末冶金法制备的氧化物粒子弥散强化的镍基合金复合材料。很多高级游艇、赛艇及体育器械等是由碳纤维复合材料制成的,它们具有重量轻、弹性好、强度高优点。

当然,上述各种材料之间也存在着交叉关系,如非晶态金属介于金属和非金属之间;复合材料把金属和非金属结合起来。

工程材料按其使用功能分为结构材料和功能材料两大类。结构材料主要是利用它们的强度、硬度、韧性、弹性等力学性能,用以制造受力为主的构件,是机械工程、建筑工程、交通运输、能源工程等方面的物质基础。结构材料包括金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料。功能材料主要是利用它们所具有的电、光、声、磁、热等功能和物理效应而形成的一类材料。它们在电子、红外、激光、能源、计算机、通信电子、空间等许多新技术的发展中起着十分重要的作用。

工程材料按其开发、使用时间的长短及先进性可分为传统材料和新型材料两类。传统材料是指那些已经成熟且长期在工程中大量应用的材料,如钢铁、塑料等。其特征是需求量大、生产规模大,但环境污染严重。新型材料是指那些为适应高新技术产业需求而正在发展且具有优异性能和应用前景的材料,如新型高性能金属材料、特种陶瓷、陶瓷基和金属基复合材料等。其特征是投资强度大、附加值高、更新换代快、风险性大、知识和技术密集程度高,一旦成功,回报率也较高,且不以规模取胜。现代战争如伊拉克战争,实际上是海、陆、空、天、电五维高技术战争,其中使用的主战坦克、隐形飞机及间谍卫星等,无一例外都使用了许多新材料。新材料成为现代战争中高技术武器装备的物质基础,但传统材料与新材料间并无严格的界限。

1.2 机械零件所受载荷和失效形式

工程构件与机械零件都具有一定功能以完成规定的机械运动,如在载荷、温度、介质等作用下保持一定几何形状和尺寸,传递力、力矩和能量等。零件若失去设计要求的功能即为失效。造成零件失效的原因是多方面的,它涉及结构设计、材料选择、加工制造、装配调整及使用与保养等诸多因素。但从本质看,除物理性能减退外,零件失效都是由于外界载荷、温度、介质等的损害作用超过了材料抵抗损害的能力造成的。

1.2.1 载荷类型

工程构件与机械零件(以下简称零件或构件)在工作条件下可能受到力学负荷、热负荷或环境介质的作用。有时只受到一种负荷作用,更多的时候将受到两种或三种负荷的同时作用。在力学负荷作用条件下,零件将产生变形,甚至出现断裂;在热负荷作用下,将产生尺寸和体积的改变,并产生热应力,同时随温度的升高,零件的承载能力下降;环境介质的作用主要表现为环境对零件表面造成的化学腐蚀、电化学腐蚀及摩擦磨损等作用。

1. 力学负荷

按载荷随时间变化的情况,可把载荷分成静载荷和动载荷。若载荷缓慢地由零增加到某一定值以后保持不变或变动很不显著,即为静载荷。机器的重量对基础的作用便是静载荷。若载荷随时间而变化,则为动载荷;按其随时间变化的方式,动载荷又可分为交变载荷与冲击载荷。交变载荷是随时间作周期性变化的载荷,例如齿轮转动时作用于每一个齿上的力都是随时间按周期性变化的。冲击载荷则是物体的运动在瞬时内发生突然变化所引起的载荷,例如,急刹车时飞轮的轮轴、锻造时汽锤的锤杆等都受到冲击载荷的作用。

作用在机械零件上的静载荷分为四种基本形式,即拉伸或压缩、剪切、扭转和弯曲,见图 1-5。

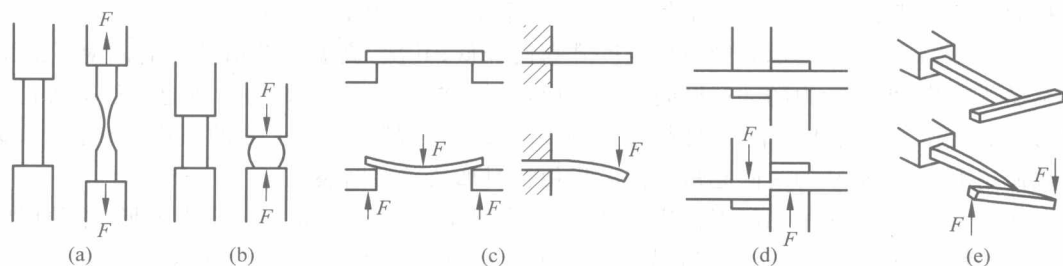


图 1-5 静载荷基本形式

(a) 拉伸; (b) 压缩; (c) 弯曲; (d) 剪切; (e) 扭转

(1) 拉伸或压缩载荷

拉伸载荷和压缩载荷是由大小相等、方向相反、作用线与杆件轴线重合的一对力 F 引起的。这类载荷使杆件的长度发生伸长或缩短。起吊重物的钢索、桁架的杆件、液压油缸的活塞杆等在工作时都受到拉伸载荷或压缩载荷的作用,产生拉伸或压缩变形。

(2) 弯曲载荷

弯曲载荷是由垂直于杆件轴线的横向力 F ,或由作用于包含杆轴的纵向平面内的一对大小相等、方向相反的力偶引起的。弯曲载荷使杆件轴线由直线变为曲线即发生弯曲。在工程中,杆件受弯曲载荷作用是最常遇到的情况之一。桥式吊车的大梁、各种心轴以及车刀等都受弯曲载荷作用,产生弯曲变形。

(3) 剪切载荷

剪切载荷是由大小相等、方向相反、作用线垂直于杆轴且距离很近的一对力 F 引起的。剪切载荷使受剪杆件的两部分沿外力作用方向发生相对的错动。机械中常用的连接件(如键、销钉、螺栓等)都受剪切载荷作用,产生剪切变形。

(4) 扭转载荷

扭转载荷是由大小相等、方向相反、作用面垂直于杆轴的一对力偶引起的,扭转载荷使杆件的任意两个横截面发生绕轴线的相对转动。汽车的传动轴、电机和水轮机的主轴等都是受扭转载荷作用,产生扭转变形。

很多零件工作时同时承受几种载荷作用。例如,车床主轴工作时承受弯曲、扭转与压缩三种载荷作用,钻床立柱同时承受拉伸与弯曲两种载荷作用。在这种情况下,产生组合变形。

机械零件承受的交变载荷常见的有旋转弯曲(弯曲循环),如火车轮轴(见图 1-6)上下受到两对力偶作用,轴的上表面受拉下表面受压。随车轴旋转,轴表面承受的载荷在拉压间变化。其他还有拉压循环、扭转循环等。

作用在机械零件上的冲击载荷一般以冲击弯曲、冲击拉伸为多。

2. 热负荷

有些零件是在高温条件下工作的。高温使工程材料的力学性能下降,并可能产生氧化。另外,温度反复变化还会引起热疲劳。

首先,高温下材料的承载能力随温度升高而降低;其次,高温下载荷持续时间对承载能力有显著影响,承载能力随加载时间的延长而降低。在低温下,材料的承载能力不受加载时间的影响。在一定的载荷下,温度越高,材料的承载时间越短。在一定的温度下,材料承受的载荷越大,则其承载的时间越短。高温促使材料加快破坏断裂。

同时,材料在长时间的高温作用下,即使受力很小,也会慢慢地产生塑性变形,这种现象称为高温蠕变。一般来说,只有当温度超过 $0.3T_m$ (T_m 为材料的熔点,以 K 为单位)时,金属材料才出现较明显的蠕变。某些高分子材料在室温下亦会发生明显的蠕变现象。

另外,许多零件在不断变化的温度条件下工作,若作用时间甚短,零件将受到热冲击作用,如将 Al_2O_3 陶瓷管直接放入 $1200^\circ C$ 的盐浴中会立即发生爆裂。一般而言,如零件各部分受热(或冷却)不均匀引起的膨胀(或收缩)量不一致,而在零件内部产生的应力,叫做热应力。热应力将使零件产生热变形,或者降低零件的实际承载能力。温度交替变化引起热应力的交替变化,交变的热应力会引起材料的热疲劳。

金属材料在高温下都会发生氧化。氧化是否进行下去,取决于金属表面氧化膜的性状。若氧化物是多孔、疏松的,没有完全覆盖住表面,则不能阻挡氧与基体的接触,高温氧化将不断进行;若氧化物能完全覆盖住表面,形成一层致密的保护膜,隔开氧与基体的接触,可使高温氧化过程减缓。

3. 环境介质的作用

环境介质对金属零件的作用主要在腐蚀和摩擦磨损两个方面,环境介质对高分子材料零件的作用主要是老化作用。

(1) 腐蚀作用

由于金属材料的化学性质相对活泼,容易受到环境介质的腐蚀作用。根据腐蚀的过程和腐蚀机理,可将腐蚀分为化学腐蚀、电化学腐蚀和物理腐蚀三大类。化学腐蚀是指材料与周围介质直接发生化学反应,但反应过程中不产生电流的腐蚀过程。电化学腐蚀是指金属与电解质溶液接触时发生电化学反应,反应过程中有电流产生的腐蚀过程。物理腐蚀是指由于单纯的物理溶解而产生的腐蚀。

(2) 摩擦磨损作用

机器运转时,任何在接触状态下发生相对运动的零件(如轴与轴承、活塞环与汽缸套、十字头与滑块、齿轮与齿轮等)彼此之间都会发生摩擦。零件在摩擦过程中其表面发生尺寸变

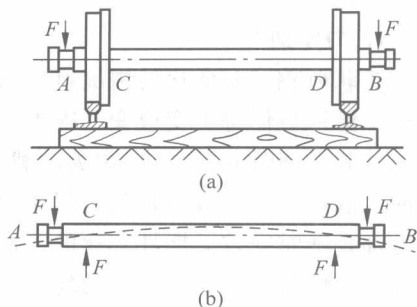


图 1-6 旋转弯曲交变载荷

化和物质耗损的现象叫做磨损。磨损类型很多,最常见的有黏着磨损、磨粒磨损、腐蚀磨损、疲劳磨损(即接触疲劳)四种。

(3) 老化作用

高分子材料在加工、储存和使用过程中,由于受各种环境因素的作用导致性能逐渐变坏,以致丧失使用价值的现象叫做老化。例如,农用薄膜经日晒雨淋,发生变色、变脆和透明度下降;玻璃钢制品长期暴露在大气中,其表面逐渐露出玻璃纤维(起毛)、变色、失去光泽,并且强度下降;汽车轮胎和自行车轮胎储存或使用中发生龟裂等。

1.2.2 失效形式

失效是指零件在使用过程中,由于承受各种载荷导致其尺寸、形状或材料组织与性能发生变化而失去原设计的效能。如零件破坏不能继续使用,或者零件损伤继续使用不安全,或者零件变化后虽能安全使用但不能达到预期作用,都应该认为零件已经失效。机器零件的失效可以分为过量变形失效、断裂失效和表面损伤失效。每一类失效又可细分为若干具体的失效形式,如图 1-7 所示。以下对各种失效形式作简要的说明。

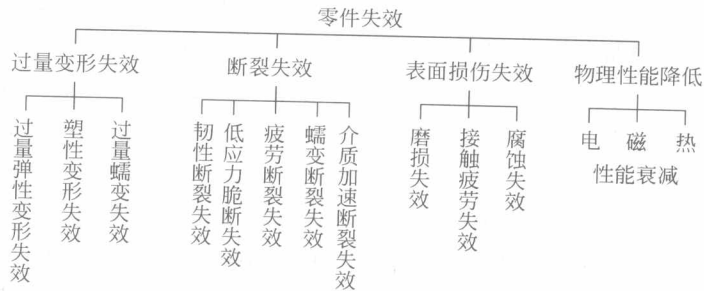


图 1-7 零件失效形式分类

1. 过量变形失效

(1) 过量弹性变形失效

金属零件或构件在外力作用下总要发生弹性变形,在大多数情况下要对变形量加以限制,这就是零件设计时要考虑的刚度问题。不同的零件对刚度的要求大不相同,如镗床镗杆的刚度不足,会发生过量的弹性变形,就会产生“让刀”现象,使被加工件出现较大误差;锻模的刚度不足,锻出的锻件尺寸易超差。细长件、杆件、薄壁件等易发生过量弹性变形失效。

零件的刚度取决于材料的刚度(弹性模量)和零件的截面尺寸与形状。陶瓷材料和金属材料的刚度远大于高分子材料。但是,如果对零件或构件要求很高的刚度时,则主要靠增加截面尺寸和改变截面形状来增加刚度。

(2) 塑性变形失效

塑性变形失效是零件的实际工作载荷超过材料的承载能力,引起永久变形而无法继续工作造成的。冷墩、冷挤压冲头工作端部墩粗、锻模凸圆角压塌、高压容器紧固螺栓在预紧力和工作应力作用下的塑性伸长等都是塑性变形失效。传动轴、机床丝杠过载后往往因塑性变形失效。