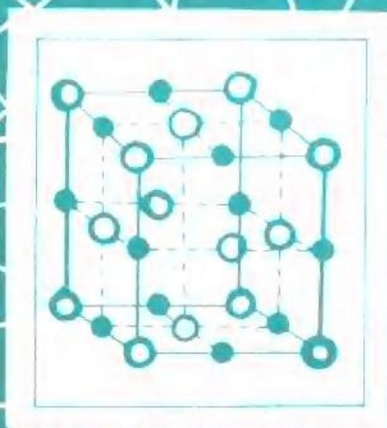
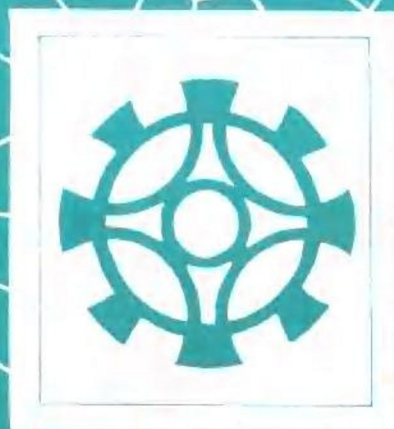
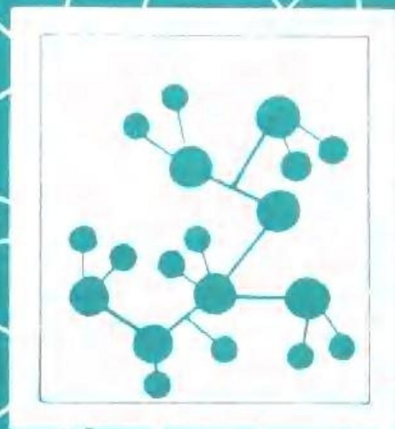


机械工程材料

王焕庭 李茅华 徐善国 主编

(第三版)



大连理工大学出版社

V)39/110

机 械 工 程 材 料

(第三版)

主 编

王焕庭 李芑华 徐善国

编 者

王 来 于永泗

大连理工大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了机械工程常用的金属与非金属材料的基础理论;工业用钢、铸铁、有色金属及其合金;机械工程常用非金属材料;材料强化概念和材料的选择。

本书编写的特点是:在保持课程深广度的基础上,针对教改后课程学时数减少的情况,在内容上作了适当处理,减少了篇幅,更适于作教材用。

本书适于作高等学校非材料专业的机械类或近机类本科或大专生的教材,也可作有关科技人员的参考书。

本书在1991年第二版的基础上作了修订和补充,内容有所增减。

机 械 工 程 材 料

(第三版)

王焕庭 李芋华 徐善国 主编

大连理工大学出版社出版发行

(大连市凌水河 邮政编码 116024)

大连理工大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 字数: 285 千字 印张: 12

印数: 43501—50500 册

1988 年 8 月第 1 版

1998 年 6 月第 3 版

1991 年 7 月第 2 版

1998 年 6 月第 7 次印刷

责任编辑: 杨 泳

责任校对: 尹 春

封面设计: 姜严军

ISBN 7-5611-0368-9/TH·11

定价: 12.00 元

第三版说明

自 1988 年出版以来，已是第十个年头了，其中修订了两次。本书的出版受到广大读者的欢迎，他们在使用本书后，提出了许多宝贵的意见，编者在此表示衷心的感谢。

最近我们综合了各方面的意见，且结合几年来教学实践及科学与工程上的需要，并在征求部分教师意见的基础上对本书的内容作了一些修正和补充。主要改动有：材料的强度单位统一改用 MPa；某些工程术语及数据采用了最新国家标准；明确了若干问题的概念及充实了部分内容。为使本教材更符合教学要求，恳望广大师生和读者批评指正。

编 者

1998 年 4 月 大连

第 二 版 序

本书一问世，深受读者欢迎，不到半年时间八千册就销售一空。为满足广大读者要求，根据1990年6月在大连理工大学召开的机械工程材料及物理化学教学指导小组扩大会议对“机械工程材料”课程的基本要求，结合两年来在机械制造及工艺、船舶内燃机、化工机械、起重运输机械等专业的教学实践及教材使用情况，对全书在系统分析的基础上作了全面修订；课程内容作了一些增减；更新了部分插图和照片；文字叙述也作了些修饰。

修订后的这本书，由王焕庭、李茅华、徐善国主编。编者为：大连理工大学徐善国副教授（绪论及第七章）；王焕庭教授（第一、四章），李茅华副教授（第二、三、十、十一、十二章）；于永泗讲师（第五、六章）；王来副教授（第八、九、十三、十四章）。

恳望广大读者批评指正。

编 者

1991年1月 大连

第 一 版 前 言

近年来，由于机械工程材料的发展和高等学校机械类冷加工各专业和近机类教学计划的几次修改，原设《金属材料及热处理》课程大多改为《工程材料》课程，而且学时数也有所减少，一般在50~60学时之间。为了满足这种教学形势的需要，我校材料系金属学教研室组织人力，编写了这本字数较少、内容符合要求、适用专业面比较广的《机械工程材料》教材，以供教学使用。

为了帮助学生灵活而更好地消化和掌握所学知识及提高学习兴趣，每章均选编一定量的思考作业题，以期加强理论联系实际和培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书由王焕庭、李茅华主编。编写者为：大连理工大学李茅华讲师（绪论及第二、三、十、十一、十二章）；王焕庭教授（第一、四章）；于永泗讲师（第五、六章）；徐善国副教授（第七章）；崔朝令副教授（第八、九、十三、十四章）。书中插图和照片得到吕其瑜同志和徐卫平、程蓉娟等同志的大力协助，于此一并表示衷心感谢。

由于编写水平和时间所限，缺点和错误在所难免，望广大师生和读者批评指正。

编 者

1988年1月 大连

目 录

第三版说明	
第二版序	
第一版前言	
绪论	1
第一篇 机械工程材料的基本理论知识	3
第一章 材料的性能	3
第一节 力学性能	3
第二节 物理和化学性能	7
第三节 工艺性能	8
第二章 材料的结构	9
第一节 材料的结合方式	9
第二节 金属的晶体结构	11
第三节 陶瓷和聚合物的结构特点	18
第三章 材料凝固的基本过程	20
第一节 液体的结构	20
第二节 金属的结晶过程	20
第三节 晶粒大小的控制	22
第四节 同素异构转变	23
第五节 非晶态凝固的特点	24
第四章 相图	25
第一节 二元相图的建立	25
第二节 二元相图的基本类型与分析	26
第三节 铁碳合金相图	33
第五章 金属的塑性变形与再结晶	44
第一节 金属的塑性变形	44
第二节 合金的塑性变形与强化	47
第三节 塑性变形对组织和性能的影响	48
第四节 回复与再结晶	49
第五节 金属的热加工	51
第六章 钢的热处理	53
第一节 概述	53
第二节 钢在加热时的转变	54
第三节 钢在冷却时的转变	55

第四节	钢的退火与正火	62
第五节	钢的淬火	64
第六节	钢的淬透性	67
第七节	钢的回火	70
第八节	钢的表面淬火	74
第九节	钢的化学热处理	76
第二篇 机械工程常用的金属材料		82
第七章	工业用钢	82
第一节	钢的分类	82
第二节	钢中的杂质及合金元素	83
第三节	结构钢	88
第四节	工具钢	101
第五节	特殊性能钢	113
第八章	铸铁	122
第一节	各类铸铁组织及性能特点	122
第二节	铸铁的石墨化	126
第三节	铸铁的热处理	128
第四节	特殊性能铸铁	130
第九章	有色金属及其合金	132
第一节	铝及其合金	132
第二节	铜及其合金	136
第三节	滑动轴承合金	142
第四节	钛及其合金	144
第三篇 机械工程常用的非金属材料		147
第十章	高分子材料	147
第一节	概述	147
第二节	工程塑料	154
第三节	合成橡胶和合成纤维	161
第四节	合成胶粘剂和涂料	162
第十一章	无机非金属材料	164
第一节	概述	164
第二节	工业陶瓷	166
第十二章	复合材料	169
第一节	概述	169
第二节	纤维增强材料	170

第四篇 机械工程材料的强化及选用	171
第十三章 工程材料的强化概念	171
第一节 工程材料的强度和强韧化	171
第二节 工程材料的磨损、腐蚀与防护	174
第十四章 工程材料的选用	177
第一节 选材的一般原则与方法	177
第二节 典型零件的选材及应用实例	179
附录 化学元素周期表	182

绪 论

一、材料和材料科学

材料就是制造物品的原材料。材料是人类生产活动和生活所必需的物质基础。从日常生活用具到高、精、尖的产品，从简单的手工工具到技术复杂的航天器、机器人，都是由不同种类、不同性能的材料加工成的零件组合装配而成。材料的利用情况标志着人类文明的发展水平，历史学家把人类的历史按人类所使用的材料种类来划分为石器时代、青铜器时代、铁器时代，材料的利用和发展构成了人类文明史的里程碑。70年代，人们把材料、信息、能源称为现代技术的三大支柱。现在，人们又预言，新的技术革命即将来临，把信息技术和新型材料作为技术革命的重要标志。

人们对材料的认识是逐步深入的，材料的进步直接影响到生产力的变革。1863年第一台光学显微镜问世，导致了金相学的研究，使人们步入材料的微观世界，1912年发现了X射线，开始了晶体微观结构的研究，1932年又发明了电子显微镜以及后来出现的各种谱仪，把人们带到了微观世界的更深层次，现代科学技术的发展为人们认识材料提供了技术手段和理论基础。一些与材料有关的基础学科的发展，如固体物理、量子力学、化学等，有力地推动了材料研究的深化。所以，材料科学是在物理、化学、冶金学等基础上建立起来的以材料为研究对象的多科性科学。

材料科学研究的内容包括从认识材料到使用材料的整个过程，它研究材料的化学组成、结构与性能的关系，探索其客观规律；研究材料的形成机理和制取方法；研究材料物理性能的测试方法和技术；分析材料的损坏机理；研究材料的合理加工方法和最佳使用方案，扩大材料的用途，等等。材料科学研究的目的就是要从化学和物理的角度上去说明材料所具有的性能，并以此为指导来发展各种新材料，不断满足生产和科学技术发展的需要。

二、工程材料的分类

工程上使用的材料种类繁多，有许多不同的分类方法。若按用途可分为建筑工程材料、船舶工程材料、桥梁工程材料，等等；按材料的状态可分为单晶体材料、多晶体材料和非晶体材料；按材料的物理和化学性质、物理效应及化学组成等进行分类，可分为，如耐磨材料，耐腐蚀材料、半导体材料、高分子材料，等等；按各类工程材料的化学成分、结合键的特点，工程材料可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

1. 金属材料

目前金属材料仍然是应用最广泛的工程材料，它包括纯金属及其合金。金属材料的结合键主要为金属键，内部的原子呈规则排列，成为金属晶体。工业上把金属材料分为两类：一类是黑色金属，它是指铁、锰、铬及其合金，其中以铁为基的合金（钢和铸铁）材料应用最广，占整个结构和工具材料的80%以上。第二类是有色金属，这是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。有色金属种类很多，按照它们特性的不同，又可分为：轻金属、重金属、贵

金属、稀有金属和放射性金属等多种。

2. 非金属材料

目前机械工程材料一直以金属材料为主,而且在相当长的一段时间内还会如此,但近几十年来非金属材料发展很快,预料今后还会有更大的发展。

非金属材料包括有机高分子材料和无机非金属材料两大类。有机高分子材料的主要成分是碳和氢,按照其应用可分为塑料、橡胶、合成纤维;而陶瓷材料则泛指无机非金属材料,如普通陶瓷、特种陶瓷。

3. 复合材料

复合材料是一种新型的、具有很大发展前途的工程材料,它是把两种或两种以上的不同性质的或不同组织结构的材料以微观或宏观的形式组合在一起而构成的。

三、机械工程材料的应用和发展

目前的机械工业正向着高速、自动、精密方向迅速发展,在产品的设计与制造过程中,遇到的材料与材料的加工工艺方面的问题越来越多,机械工业的发展与“机械工程材料”这门课之间的关系亦愈加密切。

要尽快发展机械工业,必须不断提高机械产品、机械零件或机械构件的质量,无论是制作一台机床,还是建造一艘船舶,都要求产品的性能指标高,使用寿命长,制造成本低。课程教学本身除解决正确地选择材料外,还涉及到部分的加工工艺问题,尤其是热处理工艺。因此,正确地选用材料,并施以合适的热处理方法,就能充分发挥材料本身的性能潜力,以获得理想的使用性能,显著提高产品的质量,更好地满足不同使用条件下的要求。

金属材料仍然是用量最多、使用范围最广的工程材料,产量在逐年提高(世界年产量接近十亿吨)。尤其是钢铁材料,在机械产品中占整个用材的60%以上。

随着原子能、航空、电子、航天、海洋开发等现代工业的发展,对材料提出更为严格的要求,将会出现相对密度更小,强度更高,加工性更好,能满足特殊性能要求的新材料。

有机合成材料问世较晚,但发展速度很快,其产量从体积上已赶上金属材料,预计很快会从重量上也超过金属材料。

人类最早使用的是无机材料,称为新型陶瓷的现代无机材料是高温结构材料和特殊功能材料的主要组成部分。

四、机械工程材料课的性质和任务

机械工程材料课是机械类和近机类各专业的技术基础课,它的先修课是物理、化学、材料力学、金属工艺学等。课程的目的是使学生了解机械工程材料的一般知识,了解常用材料的成分、组织性能与加工工艺之间的关系及其用途,使学生初步具有合理选用材料、正确确定加工方法的能力。

第一篇 机械工程材料的基本理论知识

第一章 材料的性能

当制造机器设备或其它制件进行选材时，首先必须考虑的就是材料的有关性能。材料性能一般分为使用性能和工艺性能两大类。材料的使用性能包括力学、物理和化学性能等；材料的工艺性能包括铸造、锻压、焊接、热处理和切削性能等。这些性能的好坏，直接关系到材料在冷、热加工过程中的难易程度、制件的质量和成本。

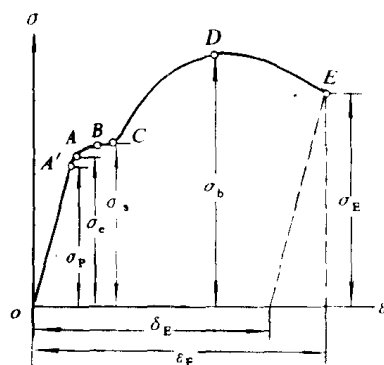
本章仅就一般机械工程材料常用和比较共通性的性能做简要介绍。

第一节 力学性能

力学性能是各种材料性能的主要性能指标，一般它包括以下各项指标：

一、弹性和刚度

图1-1为低碳钢的工程应力-应变图(σ - ε 图)。



$$\text{应力 } \sigma = \frac{P}{F} \quad (\text{MPa})$$

$$\text{应变 } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (\%)$$

P — 外力

F — 试件横截面积

l — 试件标长

Δl — 试件变形过程中和 P 对应的总伸长

图1-1 低碳钢的应力-应变图

在图中 σ - ε 曲线上， OA 段为弹性阶段，即去掉外力后，变形立即恢复，这种变形称为弹性变形，其应变值很小， A 点的应力 σ_e 称为弹性限。 OA 线中 OA' 部分为一斜直线，因应力与应变始终成比例，所以 A' 点的应力 σ_p 称为比例限。由于 A 点和 A' 点很接近，一般不作区分。

材料在弹性范围内，应力与应变的比值 σ/ε 称为弹性模数 E (MN/m^2)。 E 标志材料抵抗弹性变形的能力，用以表示材料的刚度。 E 值主要取决于各种材料的本性，一些处理方法（如热处理、冷热加工、合金化等）对它影响很小。零件提高刚度的办法是增加横截面积或改变截面形状。金属的 E 值随温度升高逐渐降低。

二、强度和塑性

强度是指材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力；塑性是指材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力。

(一) 强度

根据外力的作用方式，有多种强度指标，如抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度等。其中以拉伸试验所得强度指标的应用最为广泛。

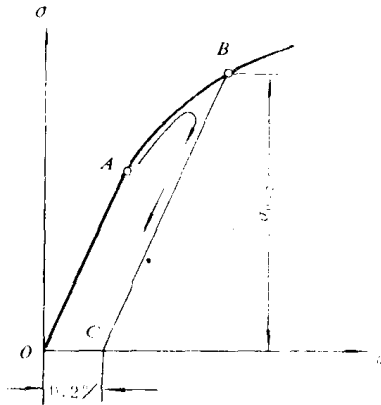


图 1-2 $\sigma_{0.2}$ 的确定

如图 1-1，当试验应力 σ 超过 A 点时，试件除弹性变形外，还产生塑性变形，在 BC 段，表现应力几乎不增加但应变增加的现象，这称为屈服。B 点的应力 σ_s 称为屈服强度。

有些塑性材料没有明显的屈服现象发生，如图 1-2 所示，对这种情况，用试件标距长度产生 0.2% 塑性变形时的应力值作为该材料的屈服强度，以 $\sigma_{0.2}$ 表示。屈服强度是零件（特别是不允许产生明显变形的零件）设计的主要依据，也是材料强度的重要指标。脆性材料不考虑屈服强度。

材料发生屈服后，其应力与应变的变化如图 1-1 CD 段所示，到 D 点应力达最大值 σ_b 。D 点以后，试件产生“颈缩”，迅速伸长，应力明显下降，在 E 点断裂。最大应力值 σ_b 称为抗拉强度。它也是零件设计和评定材料时的重要强度指标。 σ_b 测量方便，如果单从保证零件不产生断裂的安全角度考虑，可用 σ_b 作为设计依据，但所取安全系数要大些。

(二) 塑性

材料的常用塑性指标有二：一个是伸长率，以 δ 表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中， l_0 为标距原长； l_1 为断裂后标距长度（图 1-3）。

另一个是断面收缩率，以 ψ 表示。

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中， F_0 为试件原始横截面面积； F_1 为断口处的横截面面积。

材料的 δ 和 ψ 值越大，说明塑性越好。两者相比，用 ψ 表示塑性更接近材料的真实应变。

长试样 ($l_0 = 10d_0$) 的延伸率写成 δ ；短试样 ($l_0 = 5d_0$) 的延伸率须写成 δ_5 。同一材料， $\delta_5 > \delta$ ，所以对不同材料， δ 值和 δ_5 值不能直接比较。

三、冲击韧性

材料的韧性是在冲击载荷作用下，抵抗冲击力的作用而不被破坏的能力。通常用冲击韧性 a_k 来度量。 a_k 是试件在一次冲击试验时，单位横截面积 (cm^2) 上所消耗的冲击功 (J)，其单位为 J/cm^2 。 a_k 值越大，表示材料的韧性越好。

标准冲击试样有两种，一种是常用的梅氏试样（试样缺口为 U 形）；另一种是夏氏试样（缺口为 V 形）。同一条件下同一材料制作的两种试样，其梅氏试样的 a_k 值显著大于夏氏试样

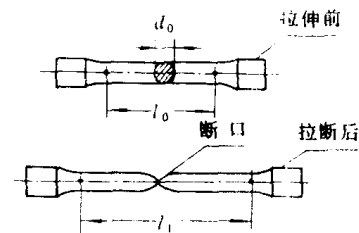


图 1-3 原始及拉伸试样

的 a_k 值,所以两种试样的 a_k 值不能互相比。夏氏试样的 a_k 值必须注明 a_k (夏)。

材料的 a_k 值如图1-4所示,随温度的降低而减小,且在某一温度范围, a_k 值发生急剧降低,这种现象称冷脆,这个温度范围称为冷脆转变温度范围。以这一范围中所确定的温度称为冷脆转变温度。一般说来,体心立方结构的金属或以其为主的低强度钢,其冷脆转变温度比较明显且较高,而高强度钢或面心立方结构的金属(如铝及奥氏体合金钢等),基本上没有这种温度效应。

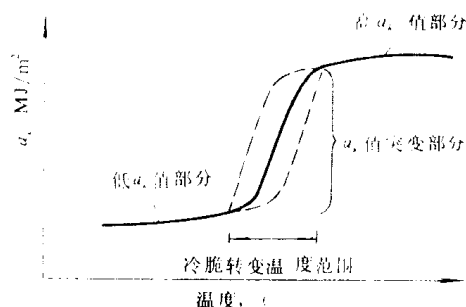


图1-4 冷脆转变温度

在动载荷下工作的零件和构件,实际上很少因一次超载冲击而被破坏,大多是受小能量的多次重复冲击,此时则应以小能量多次重复冲击试验来度量,实验证明,材料承受小能量多次重复冲击的能力主要决定于材料的强度,而不是决定于冲击韧性。

四、疲 劳

许多零件和制品,经常受到大小及方向变化的交变载荷,在这种载荷反复作用下,材料常在远低于其屈服强度的应力下即发生断裂,这种现象称为“疲劳”。材料在规定次数(一般钢铁材料取 10^7 次,有色金属及其合金取 10^8 次)的交变载荷作用下,而不致引起断裂的最大应力称为“疲劳极限”。光滑试样的弯曲疲劳极限用 σ_{-1} 表示。一般钢铁的 σ_{-1} 值约为其 σ_b 的一半,非金属材料的疲劳极限一般远低于金属。

提高零件的疲劳抗力可通过合理选材,改善材料的结构形状,避免应力集中,减少材料和零件的缺陷,提高零件表面光洁度,对表面进行强化等方法解决。

五、硬 度

硬度是材料对局部塑性变形的抗力。现在都是用压入硬度法测定。

硬度试验方法比较简便、迅速,而且一般还可在零件上直接试验而不破坏零件,另外还可通过测定的硬度值估计材料的近似 σ_b 值,所以得到广泛应用,特别是在零件图纸上,已成为一项重要技术指标。

由于测量的方法不同,常用的硬度指标有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)、维氏硬度(HV)和显微硬度(HM)等。陶瓷等材料还常用克努普氏显微硬度(HK)和莫氏硬度(划痕比较法)作为硬度指标。不同测量方法得到的硬度值不能直接相比较,但可通过各种硬度对应换算表来对照比较。

(一) 布氏硬度 HB

布氏硬度由于试验用压头是一淬火钢球,对过硬材料会使钢球变形甚至破坏,所以它的使用范围不能超过HB450,对金属来讲,只适用于测定退火、正火、调质钢、铸铁及有色金属的硬度。材料的 σ_b 与HB之间,有以下近似经验关系:

对于低碳钢: $\sigma_b \approx 0.36 \text{ HB}$;

对于高碳钢: $\sigma_b \approx 0.34 \text{ HB}$;

对于灰铸铁: $\sigma_b \approx 0.1 \text{ HB}$ 或 $\sigma_b \approx (\text{HB} - 40)/6$ 。

(二) 洛氏硬度 HR

洛氏硬度根据压头的材料及压头所加的负荷不同又分为 HRA、HRB、HRC 三种。

HRA 适用于测量硬质合金、表面淬火层或渗碳层。

HRB 适用于测量有色金属和退火、正火钢等。

HRC 适用于调质钢、淬火钢等。

洛氏硬度操作简便、迅速，应用范围广，压痕小，硬度值可直接从表盘上读出，所以得到更为广泛的使用。

(三) 维氏硬度 HV

维氏硬度的试验原理与布氏硬度相同，不同点是压头为金刚石四方角锥体，所加负荷较小 [5 ~ 120 kgf (49 ~ 1176 N)]。它所测定的硬度值比布氏、洛氏精确，压入深度浅，适于测定经表面处理零件的表面层的硬度，改变负荷可测定从极软到极硬的各种材料的硬度，但测定过程比较麻烦。

(四) 显微硬度 HM

测定材料各种组织的硬度时，要用显微硬度计，其实质就是小负荷的维氏硬度试验。负荷以 gf (9.8×10^{-3} N) 计量，压痕对角线长度以 μm 计量。一般用的显微硬度符号为 HM。

六、断裂韧性

在实际生产中，有的大型转动零件、高压容器、船舶、桥梁等，常在其工作应力远低于 σ_s 的情况下，突然发生低应力脆断。通过大量研究认为，这种破坏与制件本身存在裂纹和裂纹扩展有关。实际上，制件及其材料本身不可避免存在的各种冶金和加工缺陷，都相当于裂纹或在使用中发展为裂纹。在应力作用下，这些裂纹进行扩展，一旦达到失稳扩展状态，便会发生低应力脆断。

试验研究指出，材料中存在裂纹时，裂纹尖端就是一个应力集中点，而形成应力分布特殊的应力场。断裂力学分析指出，这一应力场强弱程度可用应力强度因子 K_I 来描述。 K_I 值的大小与裂纹尺寸 ($2a$) 和外加应力 (σ) 有下式关系：

$$K_I = Y\sigma\sqrt{a} \quad (\text{MN}/\text{m}^{3/2})$$

式中， Y 为与裂纹形状、加载方式和试样几何形状有关的一个无量纲的系数（具体数值可根据试样条件查手册）； σ 为外加应力，单位是 (MN/m^2)； a 为裂纹的半长，单位是 m。

由上式可见，随应力 σ 的增大， K_I 不断增大，当 K_I 增大到某一定值时，这可使裂纹前沿某一区域内的内应力大到足以使材料分离，从而导致裂纹突然失稳扩展而发生断裂。这个 K_I 的临界值，称为材料的断裂韧性，用 K_{IC} 表示，单位是 $\text{MN}/\text{m}^{3/2}$ 。

K_I 与 K_{IC} 的关系和静拉伸试验中应力 σ 与 σ_s 的关系一样，当试样应力 σ 增加到材料的 σ_s 时，试样才开始发生明显的塑性变形。应力 σ 是不断变化的值，同样， K_I 也是不断变化的值； σ_s 对材料来说有定值，同样， K_{IC} 对材料也有定值。换言之，断裂韧性 K_{IC} 是表示材料抵抗裂纹失稳扩展能力的机械性能指标。

材料各有其本身的 K_{IC} 值。它与裂纹形状、大小无关，也和外加应力无关，只决定于材料本身的特性（成分、热处理条件、加工工艺等情况）。

第二节 物理和化学性能

一、相对密度

不同材料的相对密度各不相同，如钢为7.8左右；陶瓷的相对密度为2.2~2.5；各种塑料的相对密度更小。材料的相对密度直接关系到产品的重量。

抗拉强度 σ_b 与相对密度 ρ 之比称为比强度；弹性模量 E 与相对密度 ρ 之比称为比弹性模量。这两者也是考虑某些零件材料性能的重要指标。

二、熔点

熔点是指材料的熔化温度。陶瓷的熔点一般都显著高于金属及合金的熔点，而高分子材料一般不是完全晶体，所以没有固定的熔点。

三、热膨胀性

材料的热膨胀性通常用线膨胀系数表示。对精密仪器或机器的零件，热膨胀系数是一个非常重要的性能指标；在异种金属焊接中，常因材料的热膨胀性相差过大而使焊件变形或破坏。

一般，陶瓷的热膨胀系数最低，金属次之，高分子材料最高。

四、磁性

材料能导磁的性能叫磁性。磁性材料中又分易磁化、导磁性良好，但外磁场去掉后，磁性基本消失的软磁性材料（如电工用纯铁、硅钢片等）和去磁后，保持磁场，磁性不易消失的硬磁性材料（如淬火的钴钢、稀土钴等）。许多金属如铁、镍、钴等均具有较高的磁性。但也有许多金属（如铝、铜、铅等）是无磁性的。非金属材料一般无磁性。

五、导热性

材料的导热性用其导热系数 λ 表示，其单位为 $W/(m \cdot K)$ 。制件材料的导热性愈差，则零件在加热或冷却时，由于表面和内部产生温差，膨胀不同，便会产生破裂。导热性好的材料（如铜、铝及其合金等），常用来制造热交换器等传热设备的零部件。

一般，金属及合金的导热系数远高于非金属材料。

六、导电性

材料的导电性一般用电阻率表示，电阻率的单位用 $\Omega \cdot m$ 表示。

通常金属的电阻率随温度升高而增加，而非金属材料则与此相反。

金属及其合金一般具有良好的导电性，银的导电性最好，铜、铝次之。

高分子材料都是绝缘体，但有的高分子复合材料也有良好的导电性。陶瓷材料虽然也是良好的绝缘体，但某些特殊成分的陶瓷却是有一定导电性的半导体。

七、相对介电常数

虽然电的绝缘体不传导电荷，但它们对电场并不是无效的。表示绝缘材料电性能的物理量称为介电常数 ϵ ，单位是 F/m 。真空介电常数为 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F/m$ 。

绝缘材料的介电常数 ϵ 与真空介电常数 ϵ_0 之比，称为该材料的相对介电常数 $\epsilon_r (= \epsilon/\epsilon_0)$ 。

八、耐腐蚀性

耐腐蚀性是指材料抵抗各种介质侵蚀的能力。非金属材料的耐蚀性能总的说来，远远高于金属材料。材料耐蚀性常用每年腐蚀深度（渗蚀度） K_a （ $mm/年$ ）来评定耐蚀等级。

九、高温抗氧化性

现代工业中许多在高温下工作的机器与设备, 首先必须具备抗氧化性能。所谓抗氧化性并不是指高温下完全不被氧化, 而通常是指材料在迅速氧化后, 能在表面形成一层连续而致密并与母体结合牢靠的膜, 从而阻止进一步氧化的特性。

高分子材料虽然也有氧化问题, 不仅其氧化温度不高, 而且其氧化机制也不相同。

第三节 工 艺 性 能

材料工艺性能的好坏, 会直接影响制造零件的工艺方法和质量以及制造成本。因此选材时也必须充分考虑它。主要应考虑的工艺性能有以下几方面。

一、铸造性

指浇注铸件时, 液体金属能充满比较复杂的铸型并获得优质铸件的性能。流动性好、收缩率小、偏析倾向小是铸造性好的衡量指标。

某些工程塑料, 在某些成型工艺方法中, 也要求好的流动性和小的收缩率。

二、可锻性

指材料是否易于进行压力加工的性能。可锻性好坏主要以材料的塑性及变形抗力来衡量。钢的可锻性良好, 铸铁不能进行任何压力加工。

热塑性塑料可经挤压和压塑成型, 这与金属挤压和模压成型相似。

三、可焊性

指材料是否易于焊接在一起并能保证焊缝质量的性能, 一般用焊接处出现各种缺陷的倾向来衡量。低碳钢具有优良的可焊性, 而铸铁和铝合金的可焊性就很差。某些工程塑料也有良好的可焊性, 但与金属的焊接机制及工艺方法并不相同。

四、切削加工性

指材料是否易于进行切削加工的性能。它与材料种类、成分、硬度、韧性、导热性及内部组织状态等许多因素有关。有利切削的硬度为 HB 160~230。切削加工性好的材料, 切削容易, 刀具磨损小, 加工表面光洁。金属和塑料相比, 切削工艺有不同的要求。

思 考 作 业 题

1. 零件设计时, 选取 $\sigma_{0.2}$ (或 σ_s) 还是选取 σ_b , 应以什么情况为依据?
2. δ 与 ψ 这两个指标, 哪个能更准确地表达材料的塑性? 为什么?
3. 有一碳钢制支架刚性不足, 有人要用热处理强化方法; 有人要另选合金钢; 有人要改变零件的截面形状来解决。哪种方法合理? 为什么?
4. K_{IC} 和 K_I 两者有什么关系? 在什么情况下, $K_I = K_{IC}$?
5. 结合物理和化学性能, 各举一例 (机器或设备等) 说明考虑该项性能指标的意义。