



应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

工程材料及热处理

GONGCHENG CAILIAO JI RECHULI



主审 金崇源

主编 王虹元 王海文

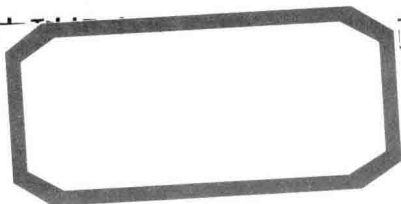


华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



应用型“十三五”规划精品教材



工程材料及热处理

GONGCHENG CAILIAO JI RECHULI



主 审 金崇源
主 编 王虹元 王海文
副主编 李 燕 罗文军 周 宇
 韩 蓉 邓佳玉



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 介 绍

本书从满足教学要求和工程实际应用出发,以工程材料的基础知识为主线,以工程材料的选用为重点,加强理论与实践相结合的训练,针对“中国制造 2025”发展实际和需要,注重新材料的讲解,侧重应用型人才的培养。全书主要内容包括:工程材料基础、金属材料基础知识、二元合金相图、钢的热处理、工业用钢、铸铁与铸钢、有色金属及粉末冶金材料、非金属材料、新型材料、工程材料的合理选用。

本书注重理论和实际应用相结合,内容由浅入深、通俗易懂,各章配有适量的习题,既便于教学又利于自学。本书可以作为大专院校教科书,也可作为工程技术人员、科技工作者学习使用工程材料及热处理自学用书。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及热处理/王虹元,王海文主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5680-2861-5

I. ①工… II. ①王… ②王… III. ①工程材料-高等学校-教材 ②热处理-高等学校-教材
IV. ①TB3 ②TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 108399 号

工程材料及热处理

Gongcheng Cailiao ji Rechuli

王虹元 王海文 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:舒 慧

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913
邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16

字 数:417千字

版 次:2017年6月第1版第1次印刷

定 价:38.00元



华中科大

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

只有无知，没有不满。

Only ignorant, no resentment.

.....迈克尔·法拉第(Michael Faraday)

迈克尔·法拉第（1791—1867）：英国著名物理学家、化学家，在电磁学、化学、电化学等领域都做出过杰出贡献。

应用型本科机电类专业“十三五”规划精品教材

审稿委员会名单

(按姓氏笔画排列)

卜繁岭	于惠力	王书达	王伯平	王宏远	王俊岭
王艳秋	王爱平	王海文	云彩霞	方连众	厉树忠
卢益民	尼亚孜别克		朱秋萍	刘锐	刘仁芬
刘黎明	李见为	李长俊	杨玉蓓	杨有安	杨旭方
张义方	张怀宁	张绪红	陈传德	陈朝大	周永恒
周洪玉	孟德普	赵振华	姜峰	骆耀祖	莫德举
顾利民	郭学俊	容太平	谈新权	傅妍芳	富刚
雷升印	路兆梅	熊年禄	霍泰山	鞠剑平	魏学业

前言

PREFACE

本书是根据高等教育基础课程教学基本要求,围绕培养高等应用型人才的目标而编写的,主要是为机械类专业学生编写的,同时也可以用于材料类专业“工程材料”课程的教学。

高等教育正处于全面提升质量与加强内涵建设的重要阶段。本着突出高等教育的特色这一原则,在编写过程中,本书汲取了各高等院校近年来机械工程材料课程改革的成功经验,并汲取了其他同类教材的优点。本书的内容强调基础性,重视概念的准确性。作为技术基础课,工程材料的基本理论、基本概念、基本知识和取材都必须是基础的,并且是成熟的。本书充分体现了这一特点。

本书重点介绍各类工程材料的成分、组织结构、热处理工艺、性能特点和应用范围,以实例说明零部件在不同工作条件下的失效方式和如何对零部件进行合理选材,并介绍机械设计者和制造者必须具备的材料知识和有关的基本理论。除绪论外,本书共 10 章:第 1 章介绍了工程材料基础;第 2 章介绍了金属材料的基础知识及工程材料的其他性能,要了解金属材料的特性,必须从本质上了解金属的组织结构和金属的结晶过程,掌握其规律,才能更好地控制其性能,正确选用材料,并指导人们开发新型材料;第 3 章主要介绍了二元合金相图;第 4 章主要介绍了钢的热处理,其中包括钢热处理时的组织转变,钢的退火、正火、淬火、回火,钢的表面热处理,还介绍了其他热处理的工艺简介及热处理的技术要求标注、工序位置安排与工艺分析;第 5 章介绍了工业用钢;第 6 章介绍了铸铁与铸钢;第 7 章介绍了有色金属及粉末冶金材料;第 8 章介绍了非金属材料;第 9 章介绍了新型材料;为了突出、强化机械零件的选材及热处理,单独设置了第 10 章工程材料的合理选用及一些应用举例,实用性很强。为了便于学生归纳和总结所学知识,各章均安排了一定量的思考与练习题。本书引用最新国家标准,并力求做到加强基础、突出重点、注重应用和适应面广。为了培养学生理论联系实际、解决实际问题的能力,书中给出了必要的关于理论、工艺和材料的数据、资料和实例。

本书由大连工业大学艺术与信息工程学院王虹元、大连工业大学王海文担任主编,由青岛理工大学琴岛学院李燕、桂林航天工业学院罗文军、皖西学院周宇、哈

尔滨石油学院韩蓉和邓佳玉担任副主编。具体编写分工如下:王虹元编写了绪论、第1、2、3章及第4章中第4.1、4.2小节,王海文编写了第4章中第4.3至第4.8小节及第10章,李燕编写了第5章,罗文军编写了第6章,周宇编写了第7章,韩蓉编写了第8章,邓佳玉编写了第9章。李政莹、于佳兴、叶沛鑫、王艺菲协助进行了资料的整理工作。

本书在编写过程中参阅了大量相关文献与资料,从中获益匪浅,在此,谨向所有参考文献的作者表示衷心的感谢。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeitit@163.com 免费索取。

本书虽然经反复推敲和校对,但由于编者水平有限,书中难免存在错误或不足之处,恳请读者批评指正,以便我们及时改进。

编者
2017年3月

目
录

CONTENTS

绪论	(1)
第1章 工程材料基础	(3)
1.1 材料科学概要	(3)
1.2 工程材料的分类	(5)
1.3 静载荷下材料的力学性能	(5)
1.3.1 强度与塑性	(6)
1.3.2 硬度	(8)
1.4 动载荷下材料的力学性能	(12)
1.4.1 冲击韧度	(12)
1.4.2 疲劳	(14)
1.5 工程材料的物理、化学及工艺性能	(15)
1.5.1 物理性能	(15)
1.5.2 化学性能	(16)
1.5.3 工艺性能	(16)
第2章 金属材料基础知识	(17)
2.1 金属的特性	(17)
2.1.1 金属键	(17)
2.1.2 金属的特性	(17)
2.2 金属与合金的晶体结构	(18)
2.2.1 纯金属的晶体结构	(18)
2.2.2 金属的实际晶体结构	(20)
2.2.3 合金的晶体结构	(23)
2.3 金属与合金的结晶	(25)
2.3.1 纯金属的结晶	(25)
2.3.2 合金的结晶	(29)
2.4 金属的塑性变形与再结晶	(29)

2.4.1 弹性变形与塑性变形	(29)
2.4.2 金属的塑性变形	(30)
2.4.3 塑性变形对金属组织和性能的影响	(32)
2.4.4 冷变形金属在加热时组织和性能的变化	(35)
2.4.5 金属的热加工	(37)
2.5 工程材料的其他性能	(38)

第3章 二元合金相图

3.1 二元合金相图的建立	(43)
3.2 二元合金相图的分析与使用	(43)
3.2.1 相图的分析步骤	(43)
3.2.2 合金的性能与相图之间的关系	(44)
3.3 铁碳合金的基本组织与性能	(46)
3.4 铁碳合金相图	(47)

第4章 钢的热处理

4.1 钢热处理时的组织转变	(56)
4.1.1 钢加热时的组织转变	(56)
4.1.2 钢冷却时的组织转变	(58)
4.2 退火	(65)
4.3 正火	(67)
4.4 淬火	(67)
4.4.1 淬火加热介质	(67)
4.4.2 钢的淬火加热	(68)
4.4.3 钢的淬火介质	(69)
4.4.4 钢的淬火冷却方法	(71)
4.4.5 钢的淬透性	(72)
4.5 回火	(74)
4.5.1 钢回火时的组织和性能变化	(75)
4.5.2 回火的分类和应用	(76)
4.5.3 回火脆性	(76)
4.6 表面热处理	(77)
4.6.1 表面淬火	(78)
4.6.2 化学热处理	(79)
4.7 其他热处理工艺简介	(82)
4.7.1 真空热处理	(83)
4.7.2 可控气氛热处理	(83)
4.7.3 形变热处理	(83)
4.7.4 超细化热处理	(83)
4.7.5 高能束热处理	(84)
4.8 热处理技术要求标注、工序位置安排与工艺分析	(85)

4.8.1	热处理技术要求标注	(85)
4.8.2	热处理工序位置安排	(85)
4.8.3	热处理工艺举例与分析	(86)
第5章	工业用钢	(89)
5.1	钢中常见杂质元素的影响	(89)
5.2	碳素钢的分类、牌号和用途	(91)
5.2.1	碳素钢的分类	(91)
5.2.2	碳素钢的牌号及用途	(91)
5.3	合金钢	(96)
5.3.1	合金元素在钢中的作用	(96)
5.3.2	合金钢的分类与牌号	(101)
5.3.3	低合金结构钢	(103)
5.3.4	机械结构用合金钢	(108)
5.3.5	合金工具钢与高速钢	(119)
5.3.6	特殊性能钢	(128)
第6章	铸铁与铸钢	(141)
6.1	铸铁的石墨化	(141)
6.1.1	铁碳合金双重相图	(141)
6.1.2	铸铁的石墨化	(141)
6.1.3	影响铸铁石墨化的因素	(142)
6.2	灰口铸铁	(143)
6.3	球墨铸铁	(146)
6.4	其他铸铁	(150)
6.4.1	可锻铸铁	(150)
6.4.2	蠕墨铸铁	(151)
6.4.3	合金铸铁	(152)
6.5	铸钢	(153)
6.5.1	铸钢的分类	(153)
6.5.2	铸钢的牌号	(153)
6.5.3	碳素铸钢(铸造碳素钢)	(155)
6.5.4	合金铸钢	(155)
第7章	有色金属及粉末冶金材料	(157)
7.1	铝及铝合金	(157)
7.1.1	铝及铝合金的性能特点	(158)
7.1.2	工业纯铝	(158)
7.1.3	铝合金	(158)
7.2	铜及铜合金	(162)
7.2.1	工业纯铜	(162)

7.2.2	铜合金	(163)
7.3	钛及钛合金	(166)
7.3.1	纯钛	(166)
7.3.2	钛合金	(167)
7.4	镁及镁合金	(168)
7.4.1	纯镁	(169)
7.4.2	镁合金	(169)
7.5	轴承合金	(170)
7.5.1	滑动轴承的性能与组织特征	(170)
7.5.2	常用轴承合金、牌号及应用	(172)
第8章 非金属材料 (174)		
8.1	高分子材料	(174)
8.1.1	工程塑料	(174)
8.1.2	橡胶	(178)
8.2	陶瓷材料	(180)
8.2.1	陶瓷的组织结构	(181)
8.2.2	陶瓷的性能	(181)
8.2.3	陶瓷的分类	(182)
8.3	复合材料	(183)
8.3.1	复合材料的命名	(184)
8.3.2	复合材料的分类	(184)
8.3.3	复合材料的性能特点	(184)
8.3.4	常用的复合材料	(185)
第9章 新型材料 (191)		
9.1	形状记忆合金	(191)
9.1.1	形状记忆效应原理	(191)
9.1.2	形状记忆合金及应用	(192)
9.2	非晶态金属	(195)
9.2.1	非晶态金属的结构特点	(196)
9.2.2	非晶态金属的性能特点及应用	(197)
9.3	超导材料	(199)
9.3.1	超导材料的基本性质	(199)
9.3.2	超导材料的分类及性能	(201)
9.3.3	超导材料的应用	(202)
9.4	储氢合金	(203)
9.4.1	储氢技术原理	(203)
9.4.2	储氢合金的条件	(204)
9.4.3	储氢合金的分类及研究现状	(204)
9.4.4	储氢合金的应用	(205)

9.5 纳米材料	(206)
9.5.1 纳米材料的性质	(207)
9.5.2 纳米材料的分类	(208)
9.5.3 纳米材料的性能及应用	(210)
第10章 工程材料的合理选用	(212)
10.1 机械零件选材的一般原则	(212)
10.1.1 材料选择原则	(212)
10.1.2 材料选择步骤	(213)
10.2 机械零件的失效	(213)
10.2.1 失效的概念	(213)
10.2.2 零件失效类型及原因	(214)
10.3 常用零件选材的原则方法	(216)
10.3.1 以防止过量变形为主的选材	(216)
10.3.2 以抗磨损性能为主的选材	(216)
10.3.3 以抗疲劳性能为主的选材	(217)
10.3.4 以综合力学性能为主的选材	(217)
10.3.5 选材时应注意的事项	(217)
10.4 轴类零件的选材及热处理	(218)
10.4.1 轴类零件的工作条件与失效形式	(218)
10.4.2 轴类零件的主要性能要求	(219)
10.4.3 轴类零件的选材与工艺路线实例	(219)
10.5 齿轮零件的选材及热处理	(223)
10.5.1 齿轮的工作条件与失效形式	(223)
10.5.2 齿轮的主要性能要求	(223)
10.5.3 齿轮的选材与热处理	(223)
10.5.4 齿轮的选材与工艺路线实例	(224)
10.6 弹簧类零件的选材及热处理	(227)
10.7 其他常见零件的选材及热处理	(228)
10.8 工具类零件	(229)
10.9 模具零件的选材及热处理	(230)
10.9.1 冷作模具	(230)
10.9.2 热作模具	(237)
10.9.3 塑料模具	(239)
10.10 工程材料的应用举例	(240)
10.10.1 汽车零件用材	(240)
10.10.2 机床零件用材	(240)
10.10.3 仪器仪表用材	(242)
参考文献	(244)

绪 论

工程材料是机械产品制造所必需的物质基础,是工业的“粮食”。工程材料的使用与人类进步密切相关,标志着人类文明的发展水平。所以,历史学家将人类的历史按使用材料的种类划分成了石器时代、陶器、铜器时代和铁器时代等。早在公元前 2000 年左右的青铜器时代,人类就开始对工程材料进行冶炼和加工制造。公元前 2000 多年的夏代,我国就掌握了青铜冶炼术,到距今 3000 多年的殷商、西周时期,该技术达到当时世界高峰,用青铜制造的生产工具、生活用具、兵器和马饰得到普遍应用。河南安阳武官村发掘出来的重达 875 kg 的后母戊鼎,不仅体积庞大,而且花纹精巧、造型美观。湖北江陵楚墓中发现的埋藏 2000 多年的越王勾践的宝剑仍金光闪闪,说明人们已掌握了锻造和热处理技术。春秋战国时期,我国开始大量使用铁器,白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁相继出现。公元 1637 年,明代科学家宋应星编著了闻名世界的《天工开物》,该书详细记载了冶铁、铸造、锻铁、淬火等各种金属加工制造方法,是最早涉及工程材料及成型技术的著作之一。在陶瓷及天然高分子材料(如丝绸)方面,我国也曾远销欧亚诸国,踏出了举世闻名的丝绸之路,为世界文明史添上了光辉的一页。19 世纪以来,工程材料获得了高速发展,到 20 世纪中期,金属材料的使用达到鼎盛时期,由钢铁材料所制造的产品约占机械产品的 95%。今后的发展趋势是传统材料不断扩大品种规模,不断提高质量并降低成本,新材料特别是人工合成材料等将得到快速发展,从而形成金属、高分子、陶瓷及复合材料三分天下的新时代。另外,功能材料、纳米材料等高科技材料将加速研究,逐渐成熟并获得应用。工程材料已成为所有科技进步的核心。

材料的种类有很多,其中用于机械制造的各种材料,称为机械工程材料。生产中用来制作机械工程结构、零件和工具的机械工程固体材料,分为金属材料、非金属材料、复合材料等。

目前金属材料仍是最主要的材料,它包括铁和以铁为基的合金(俗称黑色金属),如钢、铸铁和铁合金等;非金属材料(俗称有色金属),如铜及铜合金、铝及铝合金等。金属材料的性能与其化学成分、显微组织及加工工艺之间有着密切的联系,了解它们之间的关系,掌握它们之间的一些变化规律,是有效使用材料所必需的。本书在概括地阐述合金的一般规律的基础上,以最常用的金属材料——钢为实例,较详细地介绍了钢的性能与化学成分、显微组织和热处理工艺之间的关系。

当今,机械工业正向着高速、自动、精密方向快速发展,机械工程材料的使用量越来越大,在产品的设计与制造过程中,所遇到的有关机械工程材料和热处理方面的问题日益增多。实践证明,生产中往往由于选材不当或热处理不妥,机械零件的使用性能不能达到规定的技术要求,从而导致零件在使用中因发生过量变形、过早磨损或断裂等而早期失效。所以,在生产中合理选用材料和热处理方法、正确制订工艺路线,对充分发挥材料本身的性能潜力、保证材料具有良好的加工性能、获得理想的使用性能、提高产品质量、节约材料、降低成本等都起着重大作用。

本课程的主要内容由金属的力学性能、金属学基础知识、钢的热处理、常用金属材料、非金属材料、复合材料,以及工程材料的选用等部分组成。

“工程材料及热处理”是机械类专业必修的技术基础课,其教学目的和任务是使学生获

得常用机械工程材料的基础知识,为学习其他有关课程和将来从事生产技术工作奠定必要的基础。

学完本课程后应达到下列基本要求:

- (1) 熟悉常用机械工程材料的成分、组织结构、加工工艺与性能之间的关系及变化规律;
- (2) 掌握常用机械工程材料的性能与应用,具有选用常用机械工程材料和改变材料性能方法的初步能力;
- (3) 了解与课程有关的新材料、新技术、新工艺及其发展概况。

本课程的实践性和实用性都很强。为了保证教学质量,本课程应安排在金工实习后学习。书中热处理方法的选择及热处理工序位置的确定、工程材料的选用等内容,尚需在有关后续课、课程设计和毕业设计等中反复练习、巩固与提高,才能达到基本掌握与应用的要求。

第1章

工程材料基础



1.1 材料科学概要

材料是人类用于制造物品、器件、构件、机器或其他产品的物质,是人类赖以生存的基础。20世纪70年代,人们把信息、物质和能量誉为当代文明的三大支柱。80年代,以高技术群为代表的新技术革命,又把新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志。这主要是因为材料与国民经济建设、国防建设和人民生活密切相关。

人类发展的历史证明,材料是社会进步的物质基础,是人类进步程度的主要标志,所以人类社会的进步以材料作为里程碑。纵观人类发现材料和利用材料的历史,每一种重要材料的发现和广泛利用,都会把人类支配和改造自然的能力提高到一个新的水平,给社会生产力和人类生活水平带来巨大的影响,把人类的物质文明和精神文明向前推进一步。

早在一百万年以前,人类就开始用石头做工具,进入旧石器时代。大约一万年以前,人类学会了对石头进行加工,使之成为精致的器皿或工具,从而迈入新石器时代。在新石器时代,人类开始用皮毛遮身。8000年前中国就开始用蚕丝做衣服,4500年前印度人开始种植棉花,这些都证明了人类使用材料促进文明进步。在新石器时代,人类已知道使用自然铜和天然金,但这些自然金属毕竟数量有限、分散细小,没有对人类社会产生重要影响。

大约在8000~9000年前,人类还处于新石器时代时,就已发明了用黏土成型,再火烧固化而成为陶器。陶器不但用作器皿,而且可成为装饰品,是对精神文明的一大促进,历史上虽无“陶器时代”这一名称,但其对人类文明的贡献是不可估量的。在烧制陶器过程中,人们偶然发现了金属铜和锡,当然那时还不明白它们是铜、锡的氧化物在高温下被碳还原的产物,进而又生产出色泽鲜艳且能浇铸成型的青铜,从而使人类进入青铜时代。这是人类较大量利用金属的开始,也是人类文明发展的重要里程碑。世界各地进入青铜时代的时间各不相同。希腊约在公元前3000年,埃及约在公元前2500年,巴比伦约在公元前19世纪中叶,印度约在公元前3000年,已广泛使用青铜器。中国的青铜器在公元前2700年已经出现,至今约有5000年的历史,到商周(公元前17世纪~公元前3世纪)进入了鼎盛时期,如河南安阳出土的达875 kg的后母戊鼎、湖北随县(今随州市)的编钟、西安兵马俑青铜车马都充分反映了当时中国冶金技术水平和制造工艺的高超。

由使用青铜器过渡到使用铁器是生产工具的重大发展。在公元前13~14世纪,人类已开始使用铁器。3000年前,铁工具比青铜工具更为普遍,人类开始进入铁器时代。我国早在周代就开始冶炼铁,这比欧洲要早2000年。到春秋战国时期(公元前770年~公元前221年),开始大量使用铁器。从兴隆战国铁器遗址中挖掘的浇铸农具的铁模,说明当时的冶铸技术已由泥砂造型阶段进入了金属造型的高级阶段。在西汉时期,炼铁技术又有了很大发展,采用煤作为炼铁燃料,这比欧洲要早1700多年。此外,在采用先炼铁后炼钢的两步法炼钢技术方面,我国要比其他国家早1600多年。相应地,在金属加工技术方面,我国古代也有高度的发展,留下了大量的文物和历史文献。在17世纪以前,在材料的生产、加工和使用方面,我国一直处于世界领先地位。我们勤劳智慧的祖先为材料科学的发展做出了巨大的

贡献。

公元前 1000 年以后,铁器逐渐从亚洲大陆传到了文明古国巴比伦、埃及和希腊,并得到了广泛的应用。炼铁技术经过许多个世纪的传播和发展,在西欧和俄国创造了不少冶炼技术,使以钢铁为代表的材料生产和应用跨入了一个新的阶段。但是人们对材料的认识仍然是表面的、非理性的,仍然停留在工匠、艺人的经验水平上。

随着世界文明的进步,18 世纪发明了蒸汽机,19 世纪发明了电动机,对金属材料提出了更高的要求,同时,对钢铁冶金技术产生了更大的推动作用。1854 年和 1864 年先后发明了转炉和平炉炼钢,使世界钢产量有了一个飞跃。例如,1850 年世界钢产量为 6 万吨,1890 年达 2800 万吨,大大促进了机械制造、铁道交通及纺织工业的发展。电炉冶炼随之出现,不同类型的特殊钢相继问世,如 1887 年的高锰钢、1900 年的 18-4-1($W_{18}Cr_4V$)高速钢、1903 年的硅钢及 1910 年的奥氏体镍铬($Cr_{18}Ni_8$)不锈钢,把人类带进了文明时代。在此前后,铜、铝也得到了大量应用,而后,镁、钛和很多稀有金属都相继出现,从而使金属材料在整个 20 世纪占据了结构材料的主导地位。

随着现代科学技术和生产水平的飞速发展,传统的金属材料已经不能满足日益增长的要求,因而促进了非金属材料的迅猛发展,并使非金属材料得到了广泛的应用。20 世纪初人工合成有机高分子材料相继问世,如 1909 年的酚醛树脂(电木)、1920 年的聚苯乙烯、1931 年的聚氯乙烯及 1941 年的尼龙等,因其具有性能优异、资源丰富、建设投资少、收效快等优点而得到迅速发展。目前世界三大有机合成材料(树脂、纤维和橡胶)年产量逾亿吨,而且有机合成材料的性能不断提高,附加值大幅度增加,特别是特种聚合物正向功能材料的各个领域进军,显示出了其巨大的潜力。陶瓷本来用作建筑材料、容器或装饰品等,但由于其具有资源丰富、密度小、高模量、高硬度、耐腐蚀、膨胀系数小、耐高温、耐磨等特点,到了 20 世纪中叶,通过合成及其他制备方法做出各种类型的先进陶瓷(如 Si_3N_4 、 SiC 、 ZrO_2 等),成为近几十年来材料科学中非常活跃的研究领域。不过,由于其脆性问题难以解决,且价格过高,作为结构材料没有得到如钢铁或高分子材料一样的广泛应用。

金属、陶瓷、聚合物等材料虽然仍在不断地发展,但是,以上这些材料由于其各自固有的局限性而不能满足现代科学技术发展的需要。例如,金属材料的强度、模量和高温性能等几乎已开发到了极限;陶瓷的脆性,有机高分子材料的低模量、低熔点等固有的缺点极大地限制了其应用。这些都促使人们研究开发并按预定性能设计新型材料,也就是复合材料。复合材料综合了金属、陶瓷和高分子材料的优点。例如,玻璃纤维增强环氧树脂(俗称玻璃钢)的强度、刚度和耐蚀性已经超过很多普通钢铁材料。人们曾经预言,复合材料有可能成为 21 世纪的“钢”。但目前只有树脂基复合材料得到了较为广泛的应用,而金属基复合材料与陶瓷基复合材料则因其成本过高、制备工艺复杂,仅在宇航、航空、军事等领域有重要的应用。

目前,在工程中应用最广泛的仍然是金属材料,特别是钢铁材料。这不仅是由于金属材料的来源丰富、生产成本相对较低,而且它的性能优良,尤其是它具有较好的综合力学性能,即具有较高的强度、硬度和足够的塑性、韧性。金属材料强度大、硬度高,在较大的外力作用下不易变形和断裂,也不易磨损,而且塑性和韧性好,脆性小,不易突然断裂或破坏,安全可靠。

随着材料科学的发展,金属、陶瓷、高分子材料之间的界限将会越来越模糊。未来材料的发展趋势将是三者之间相互渗透、复合并相互促进。

1.2 工程材料的分类

所谓的工程材料,指的是用于工程制造的材料。工程材料的性能是影响产品或设备使用性能的重要因素,因此在现代工程技术的各个领域,工程材料一直受到人们的重视。

工程材料的分类方法有很多种。比较科学的方法是按照化学成分、结合键的特点来分类。一般而言,工程材料分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料四大类。

金属材料是以金属键为主要键合的材料,在工业上应用最为广泛。一般将金属材料分为两类。第一类是黑色金属,它包括铁、锰、铬及其合金。需要说明的是,黑色金属都不黑,纯铁是银白色的,锰是银白色的,铬是灰白色的。因为铁的表面常常生锈,盖着一层黑色的四氧化三铁与棕褐色的三氧化二铁的混合物,所以铁看上去是黑色的。常说的“黑色冶金工业”主要是指钢铁工业。又因为最常见的合金钢是锰钢与铬钢,这样,人们就把锰与铬也算成是“黑色金属”了。第二类是有色金属,是指除黑色金属以外的所有金属及其合金。按照性能特点,有色金属可分为轻有色金属(铝、镁等)、重有色金属(铜、镍)及稀有金属等多种。

高分子材料是指主要由分子量特别大的高分子化合物所组成的有机合成材料,其主要成分是碳和氢,按照用途可分为塑料、橡胶和合成纤维。塑料是以合成树脂或化学改性的天然高分子为主要成分,再加入填料、增塑剂和其他添加剂制得的,其分子间次价力、模量和形变量等介于橡胶和纤维之间,通常按合成树脂的特性分为热固性塑料和热塑性塑料。橡胶是一类线型柔性高分子聚合物,其分子链间次价力小、分子链柔性好,在外力作用下可产生较大形变,除去外力后能迅速恢复原状。橡胶分为天然橡胶和合成橡胶两种。合成纤维以天然高分子或合成高分子为原料,经过纺丝和后处理制得。纤维的次价力大、形变能力小、模量高,一般为结晶聚合物。

陶瓷材料属于无机非金属材料,也就是说,它是不含碳、氢的化合物,主要由金属氧化物和金属非氧化物组成。陶瓷按照成分和用途可分为普通陶瓷、特种陶瓷和金属陶瓷。

复合材料是由两种或两种以上不同种类的材料复合而组成的。它不仅保留了组成材料各自的优点,而且具有单一材料所不具备的优异性能。

工程材料也可以按照它的功能进行分类,可分为结构材料、功能材料两大类。结构材料本身不具有什么特殊的功能,只是起到一个结构的作用。作为功能材料,除了结构本身之外,它还有特殊的功能。比如磁性材料,它是一块东西,但是同时又具有磁性,又比如发光材料、液晶材料等。

1.3 静载荷下材料的力学性能

金属材料具有许多良好的性能,因此被广泛地应用于制造机械零件、日常生活用具。生产实践中,往往由于选材不当而造成设备、零件达不到使用要求或过早失效,因此了解和熟悉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主要依据。

金属材料的性能包括工艺性能和使用性能。工艺性能是指在制造机器零件过程中,金属材料适应各种冷、热加工工艺要求的能力,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;使用性能是指为保证机械零件能正常工作,金属材料应具备的性能,包括力学性能、物理性能(如热学性能、电学性能、磁学性能等)及化学性能(如耐蚀性、抗氧化性等)。