

工程材料

张鲁阳 主编

华中理工大学出版社

高等工程专科学校教材



工 程 材 料

张鲁阳 主编

责任编辑 漆文琰

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 12.25 字数: 268 000

1990年7月第1版 1990年7月第1次印刷

印数: 1-6 000

ISBN 7-5609-0454-8/TG·15

定价: 2.42元

内 容 简 介

本书共分12章，主要包括：金属学基础，热处理基本原理和工艺，常用金属材料和非金属材料的特点及应用，常见机械零件的选材、热处理及其结构工艺性等。本书对传统的理论内容有所精简，适当引进新技术和新工艺，重点突出实际应用，尤其加强了选材方面的内容。每章后附有习题与思考题。

本书为高等工程专科学校机械类或近机类专业的教材。同时可作为各类专科教育、培训班的教学用书，也可供有关工程技术人员和技术工人参考。

前 言

本书是在东北、华中地区高等工程专科学校教材建设协调委员会的组织领导下，由部分专科学校共同编写的。

本书是以国家教委“金工课程教学指导小组”提出的《机械制造基础》课程教学的基本要求为依据，以专科人才培养业务规格和专科教学特点为主要目标，旨在为专科机械类专业提供一本较为适宜的《工程材料》教材。本书也能供职工大学、业余大学、函授大学等有关专业选用，同时也能供有关工程技术人员、技术工人参考。

本书的主要内容包括：金属学基础，热处理基本原理和工艺，常用金属材料和非金属材料的性能特点及应用，常见机械零件的选材、热处理及结构工艺性等。讲授全书约需50~60学时。

根据上述要求，编写本书时注意了以下几点：

(1) 精简理论内容，突出实际应用。本着讲清规律、少讲机理的原则，有关理论章节的内容都有不同程度的削减；将热处理原理和工艺分两章编写，着重突出各种热处理工艺的实质、特点、应用及对零件结构的要求；加强机械零件的材料选用内容（6学时），结合典型机械和零件，阐明选材的原则和方法。

(2) 适应科技发展和教学目标的需要，适当引进新内容。如增加非金属材料简介、特种热处理工艺等内容，以适应机械

工业发展的需要；增加金属材料的断裂、强化等内容，以适应加强零件选材的教学要求等。

(3) 每章后附有适量的习题与思考题，以便读者复习巩固已学知识并培养分析问题、解决问题的能力。

(4) 全书采用最新国家标准、部颁标准和国家法定计量单位。

为了全面完成课程的教学任务，建议在讲授前安排教学实习，讲授后安排生产实习，讲授中安排适量的实验。为利于学生掌握“机械零件的材料选用”一章的内容，可采用分段教学，将该章安排在毕业实习前讲授。

参加本书编写工作的有：郑州机械专科学校张鲁阳（绪论、第六、八、十二章）、李定乾（第九章）；沈阳冶金机械专科学校陈思政（第五、七、十章）；郑州纺织工学院徐景芳（第四章）、孙晓贤（第一章）；洛阳建筑材料工业专科学校肖玉珂（第二、三章）；长春冶金地质专科学校孙玉英（第十一章）；河南机电专科学校赵长海（附录）。全书由张鲁阳主编，郑州纺织工学院胡在矶教授主审。

由于编者水平有限，加之时间仓促，本书错误、不当之处在所难免，敬请各位老师和读者批评指正。

编 者

1989年3月

绪 论

材料是人类社会发展的重要物质基础。历史上所谓的“石器时代”、“铜器时代”、“铁器时代”等等，都是用人类制造生产工具所使用的材料来表征古代社会发展的文明程度的。当今世界正在跨入按照人们的需要设计材料、合成材料的新时代。工业、农业、国防和科学技术的进步以及人民生活的改善，无一不与材料和材料科学的发展有关。材料、能源和信息已成为现代科学技术和生产发展的重要支柱。

工程材料通常可以分为金属材料、陶瓷材料和有机高分子材料三大类。复合材料则是由两种或两种以上的基本材料组成，这样可使各组成材料取长补短，发挥各自的性能特点。在各种机械设备中，目前应用最广、最多的仍然是金属材料，约占整个材料的80~90%。非金属材料用于机械工程尚处于初始阶段，但它已逐步显示出越来越广阔的发展前景。

工程材料的品种繁多，仅金属材料，世界上大约就有近4万种，而且正以每年1千种左右的速度增长着。不同的工程材料有着不同的性能（主要是使用性能和工艺性能），以满足不同机械及零件的需要。一种先进机械产品的质量和性能，除了先进的设计外，在很大程度上还取决于所用的材料。先进的设计参数，要靠材料的高性能指标来保证，产品的竞争力也取决于材料的价格和加工成本。因此，机械设计和制造的重要任务之一，就是从众多的材料中，合理地选用材料和正确地制定材

料的加工工艺。随着机械产品向着高速度、高效能、高参数和精密、大型、轻量的方向发展,以及材料生产和加工处理技术的进步,机械设计和制造工作者所面临的任務就更加广泛、深入和艰巨。

材料的使用性能与其成分、组织以及加工工艺密切相关,尤其是金属材料,可通过不同的热处理工艺来改变金属的表面成分和内部组织结构,以获得不同的性能,从而满足不同的使用要求。《工程材料》的基本任务,就是建立并阐明材料的成分、组织、性能、应用的一般规律,为机械零件和工程结构的设计、制造和使用,提供选材、用材、选择工艺手段、安排工艺路线的基本原则和方法。《工程材料》的主要内容包括:金属学基础,钢的热处理原理及工艺,常用金属材料和非金属材料的性能特点及应用,机械零件的材料选用等。通过本课程的学习,应使学生在掌握金属学和热处理的基本理论以及工程材料基本知识的基础上,能根据机械零件的服役条件,合理地选用材料,正确制定热处理技术条件,选定热处理工艺方法,妥善安排工艺路线和热处理工序的位置,并为学习后继课程以及从事机械设计和制造方面的工作,奠定必要的基础。

中国是世界上最早使用金属材料和热处理技术的国家之一。早在4千年以前,中国人就掌握了青铜的冶铸技术,在商、周时代(公元前16~11世纪)已有了举世闻名的青铜文化。中国掌握炼铁技术和使用铁器也比欧洲国家早约2千年。大量的出土文物和历史文献,证实了我国古代在掌握金属材料的成分、性能和用途的关系规律以及热处理技术等方面都取得了很大的成就。至于我国古代的陶瓷和作为天然高分子材料的丝绸,在世界文明史上更是占有光辉的一页。但在长期的封建专制下和近百年的半封建、半殖民地的社会中,中国的古代文明

没有得到继续发扬光大。

18世纪以后，随着近代工业的发展，对材料尤其是钢铁材料的需求急剧增长，促进了冶金技术和材料科学的迅速发展。19世纪后期，由于金相显微镜的使用，并结合物理化学分析法，逐步揭示了金属内部的组织结构，形成了金相学。20世纪初期，又由于X射线技术和电子显微镜的出现，开始建立起材料微观结构与宏观性能之间的关系，使材料科学不断发展，日趋完善。

新中国成立以来，随着社会主义建设事业的发展，材料科学和材料的生产、加工和应用水平也在飞速发展。在金属材料方面，我国已经建立了自己的合金钢系统，并拥有数量相当可观的金属热处理设备。在低碳马氏体应用、球墨铸铁应用、辉光离子热处理、碳氮共渗和氮碳共渗等技术领域已经达到或接近世界先进水平，各种机械设备乃至尖端技术的用材已逐步国产化。当然，我们在材料质量、材料利用率、寿命和可靠性等方面还存在一定的差距。我国四化建设的深入发展，必将为材料科学的发展以及材料的生产和应用开拓更为广阔的天地，相信我们能在不久的将来，赶上世界的先进水平。

工程材料按其性能特点又可分为结构材料和功能材料两大类。结构材料以机械性能为主，兼有一定的物理、化学性能；功能材料以特殊的物理、化学性能为主，如超导、激光、半导体、形状记忆和能量转换等材料。工程材料的研究对象主要是结构材料。当前，结构材料正向着节约资源、能源，提高材料性能，减低材料消耗的方向发展。因此，以非金属材料代替部分金属材料，以铝合金代替部分钢，以碳素钢代替合金钢，以硅锰合金钢代替镍铬合金钢，以及发展和应用高强度钢和超高强度钢等，是材料发展的总趋势。在金属材料的强化手段方

面，积极发展并采用强韧化处理新技术，尤其是各种表面处理新技术，如化学热处理、表面喷涂、CVD或PVD表面沉积、离子输入及激光、超高频表面硬化等，对发挥材料性能潜力、提高产品的质量和寿命，有着重要的作用。

总之，机械工业和其它工业的发展，科学技术的进步，促进了材料科学的发展。而材料科学的发展，又推动了机械工业和整个国民经济的向前迈进。为了适应社会和经济发展的需要，机械设计和机械制造工作者，必须掌握材料科学的基础理论、基本知识和具有选材用材的能力。

目 录

绪论

第一章 金属与合金的晶体结构	(1)
§1-1 金属的晶体结构.....	(1)
一、金属特性与金属键	(1)
二、金属的晶体结构	(2)
§1-2 合金的晶体结构.....	(4)
一、组元及相的概念	(5)
二、固态合金的相结构.....	(5)
§1-3 实际金属的组织结构.....	(7)
一、多晶体	(8)
二、晶体的缺陷	(8)
三、合金的相组成及组织	(12)
第二章 金属的塑性变形和机械性能	(14)
§2-1 金属的塑性变形与再结晶.....	(14)
一、金属的塑性变形	(14)
二、塑性变形金属在加热时的变化	(21)
三、金属的热加工	(24)
§2-2 金属的断裂.....	(25)
一、断裂的基本类型	(25)
二、金属断裂的过程	(26)
三、影响脆断的基本因素	(27)
§2-3 金属材料的机械性能.....	(28)
一、静拉伸试验——强度和塑性	(28)
二、冲击韧性	(31)

三、断裂韧性	(32)
四、疲劳极限	(34)
五、硬度	(35)
第三章 金属与合金的结晶	(38)
§3-1 金属的结晶	(38)
一、结晶的概念	(38)
二、结晶过程	(40)
三、结晶后的晶粒大小及其影响因素	(42)
四、铸锭的宏观组织与性能	(44)
§3-2 二元合金相图及合金的结晶	(45)
一、相图的概念	(45)
二、二元相图的建立	(45)
三、匀晶相图	(47)
四、共晶相图	(50)
五、共析相图简介	(54)
§3-3 根据相图推断合金的性能	(55)
一、根据相图推断合金的机械性能	(55)
二、根据相图推断合金的工艺性能	(56)
第四章 铁碳合金相图和碳钢	(59)
§4-1 铁碳合金相图	(59)
一、铁碳合金中的基本相	(59)
二、铁碳合金相图分析	(61)
三、含碳量与铁碳合金平衡组织和机械性能间的关系	(73)
四、铁碳合金相图的应用	(74)
§4-2 碳钢	(76)
一、碳钢中常存杂质对钢性能的影响	(76)
二、碳钢的分类	(78)
三、碳钢的编号及用途	(78)
第五章 钢的热处理原理	(87)

§5-1 钢在加热时的转变	(87)
一、钢的临界点	(87)
二、奥氏体的形成过程及影响因素	(88)
三、奥氏体晶粒度概念及其影响因素	(91)
§5-2 钢在冷却时的转变	(94)
一、奥氏体的等温转变曲线(S曲线)	(95)
二、过冷奥氏体等温转变的类型及转变产物的组织与性能	(99)
三、奥氏体的连续冷却转变曲线(CCT曲线)	(105)
四、S曲线的实际应用	(108)
§5-3 钢在回火时的转变	(109)
一、回火过程的组织变化	(110)
二、回火转变产物的组织与性能	(111)
三、回火脆性	(113)
*§5-4 钢的时效	(114)
一、钢的淬火时效	(114)
二、钢的应变时效	(116)
第六章 钢的热处理工艺	(121)
§6-1 钢的退火与正火	(121)
一、退火	(122)
二、正火	(124)
三、退火与正火的选择	(125)
§6-2 钢的淬火与回火	(126)
一、淬火	(126)
二、回火	(130)
§6-3 钢的淬透性	(132)
一、淬透性的概念	(132)
二、影响淬透性的因素	(133)
三、淬透性的测定	(134)
四、淬透性的应用	(136)

§6-4	钢的表面淬火	(140)
一、	感应加热表面淬火(感应淬火)	(140)
二、	火焰加热表面淬火(火焰淬火)	(146)
§6-5	钢的化学热处理	(147)
一、	渗碳淬火回火	(148)
二、	渗氮	(152)
三、	碳氮共渗淬火回火和氮碳共渗	(155)
§6-6	零件热处理技术条件及结构工艺性	(157)
一、	零件热处理技术条件	(157)
二、	热处理零件结构工艺性	(161)
*§6-7	特种热处理工艺简介	(166)
一、	真空热处理和可控气氛热处理	(166)
二、	强韧化处理	(168)
三、	表面强化处理	(170)
* 第七章	金属材料的强化	(176)
§7-1	概述	(176)
§7-2	固溶强化	(177)
一、	固溶强化概念	(177)
二、	固溶强化机理概要	(178)
三、	固溶强化的表达式	(180)
§7-3	位错强化	(180)
一、	位错强化概念	(180)
二、	位错强化机理概要	(181)
三、	位错强化的表达式	(182)
§7-4	晶界强化	(182)
一、	晶界强化概念	(182)
二、	晶界强化的表达式	(183)
三、	细晶强化的实际应用	(183)
§7-5	分散强化	(184)

一、分散强化概念	(184)
二、分散强化机理概要	(185)
三、分散强化的应用	(186)
§7-6 其它强化简述	(186)
一、两相合金的强化	(186)
二、马氏体强化	(187)
三、形变强化	(187)
四、晶须的强化	(188)
五、非晶态金属的强化	(188)
六、纤维复合材料的强化	(189)
§7-7 各种强化类型的实际应用	(189)
一、强度与塑性、韧性的关系	(189)
二、强化的应用举例	(190)
第八章 合金钢	(193)
§8-1 合金钢概论	(193)
一、合金钢的概念	(193)
二、合金元素在钢中的作用	(194)
三、合金钢的分类与编号	(201)
§8-2 合金结构钢	(202)
一、调质钢	(203)
二、渗碳钢	(207)
三、弹簧钢	(211)
四、滚动轴承钢	(214)
五、其他结构钢	(217)
§8-3 合金工具钢	(220)
一、刀具钢	(221)
二、模具钢	(229)
三、量具钢	(236)
§8-4 特殊性能钢	(237)

一、不锈钢	(237)
二、耐热钢	(242)
三、高锰耐磨钢	(245)
第九章 铸铁	(251)
§9-1 铸铁的石墨化及其影响因素	(251)
一、铸铁的石墨化过程	(252)
二、影响石墨化的因素	(253)
§9-2 铸铁的分类和牌号表示方法	(256)
一、铸铁的分类	(256)
二、铸铁牌号的表示方法	(257)
§9-3 灰口铸铁	(258)
一、灰口铸铁的成分、组织	(258)
二、灰口铸铁的性能和用途	(260)
三、灰口铸铁的孕育处理	(262)
§9-4 球墨铸铁及蠕墨铸铁	(263)
一、球墨铸铁	(263)
二、蠕墨铸铁	(266)
§9-5 其它铸铁	(267)
一、可锻铸铁	(267)
二、合金铸铁	(269)
§9-6 铸铁的热处理	(271)
一、铸铁热处理的特点	(271)
二、灰口铸铁的热处理	(272)
三、球墨铸铁的热处理	(273)
第十章 有色金属及其合金	(277)
§10-1 铝及其合金	(277)
一、纯铝	(277)
二、铝合金	(278)
§10-2 铜及其合金	(287)

一、纯铜	(290)
二、铜合金	(290)
§10-3 轴承合金与粉末冶金材料	(298)
一、轴承合金	(298)
二、粉末冶金材料	(300)
*§10-4 钛及其合金	(303)
一、纯钛的性能及用途	(303)
二、钛合金的种类、性能及用途	(304)
第十一章 非金属材料简介	(308)
§11-1 高分子材料的基础知识	(308)
一、高分子化合物的概念	(308)
二、高聚物的结构与性能	(309)
三、高聚物的力学状态	(311)
§11-2 工程塑料	(312)
一、塑料的组成及分类	(312)
二、工程塑料的特性	(313)
三、常用工程塑料	(314)
四、工程塑料的选用	(318)
§11-3 工业陶瓷	(322)
一、陶瓷的概念	(322)
二、陶瓷的结构	(323)
三、陶瓷的性能	(323)
四、常用工业陶瓷	(324)
§11-4 复合材料	(326)
一、玻璃纤维增强树脂基复合材料	(326)
二、层合复合材料	(328)
第十二章 机械零件的材料选用	(331)
§12-1 选材的基本原则	(332)
一、使用性原则	(332)

二、工艺性原则	(335)
三、经济性原则	(339)
§12-2 失效形式与选材	(342)
一、变形失效与选材	(343)
二、静载荷、冲击载荷下的断裂失效与选材	(344)
三、疲劳断裂失效与选材	(346)
四、表面损伤失效与选材	(348)
§12-3 典型机械及零件的选材	(352)
一、典型机械的用材特点	(352)
二、轴类零件的选材	(355)
三、齿轮的选材	(359)
附录 I 金属材料硬度的测定	(366)
一、布氏硬度	(366)
二、洛氏硬度	(367)
三、维氏硬度	(369)
附录 II 热处理技术条件的符号及表示法(GC423-62)...	(373)