



普通高等学校机械制造及其自动化专业“十二五”规划教材
顾 问 杨叔子 李培根 李元元

机械工程材料及其成形技术基础的辅导与题解

申荣华 © 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



普通高等学校机械制造及其自动化专业“十二五”规划教材
顾 问 杨叔子 李培根 李元元

机械工程材料及其成形技术基础的辅导与题解



<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书是《机械工程材料及其成形技术基础》(申荣华主编,华中科技大学出版社,2011.3)的配套参考用书,内容包括该教材的各章内容提要与习题、习题解答、课堂讨论指导、实验指导、自测题及参考答案等部分。本书可作为大专院校机械工程类各专业学习“机械工程材料及其成形技术基础”、“机械工程材料”、“材料学概论”、“金属材料及热处理”、“材料成形技术基础”等课程的辅助或参考用书,也可作为研究生考试的辅导资料。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料及其成形技术基础的辅导与题解/申荣华 主编. — 武汉:华中科技大学出版社, 2011.4

ISBN 978-7-5609-6895-7

I. 机… II. 申… III. 机械制造材料-高等学校-教学参考资料 IV. TH14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 016983 号

机械工程材料及其成形技术基础的辅导与题解

申荣华 主编

责任编辑:刘 勤

封面设计:潘 群

责任校对:张 琳

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北通山金地印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:17.5 插页:2

字 数:330千字

版 次:2011年4月第1版第1次印刷

定 价:29.80元



华中出版

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

普通高等学校机械制造及其自动化专业“十二五”规划教材

编 委 会

丛书顾问：杨叔子 华中科技大学
李元元 华南理工大学

李培根 华中科技大学

丛书主编：张福润 华中科技大学

曾志新 华南理工大学

丛书编委（排名不分先后）

吕 明 太原理工大学

张宪民 华南理工大学

芮执元 兰州理工大学

邓星钟 华中科技大学

吴 波 华中科技大学

李蓓智 东华大学

范大鹏 国防科技大学

王艾伦 中南大学

王 杰 四川大学

何汉武 广东工业大学

何 林 贵州大学

高殿荣 燕山大学

李铁军 河北工业大学

高全杰 武汉纺织大学

刘国平 南昌大学

王连弟 华中科技大学出版社

何岭松 华中科技大学

邓 华 中南大学

郭钟宁 广东工业大学

李 迪 华南理工大学

管琪明 贵州大学

轧 刚 太原理工大学

李伟光 华南理工大学

成思源 广东工业大学

蒋国璋 武汉科技大学

程宪平 华中科技大学

前言

本书是《机械工程材料及其成形技术基础》(申荣华主编,华中科技大学出版社出版,2011.3)的配套教材,是根据“机械工程材料及其成形技术基础”教学大纲和教学基本要求编写的。“机械工程材料及其成形技术基础”是高等教育工科院校机械类和近机械类各专业学生必修的重要技术基础课程。机械工程材料部分的主要任务是阐述各种常用机械工程材料的化学成分、组织结构、强化手段或方法、使用性能及实际应用之间的相互关系与内在规律,为工程结构、机械零件的设计、制造加工和正确使用提供有关合理选材、用材的必要理论指导和实际帮助;材料成形技术基础部分是以阐明机械制造加工工艺为主的综合性技术科学内容,它涉及各类机械零部件成形技术的各个方面及特征。因此,“机械工程材料及其成形技术基础”是学习机械零件及设计等课程和机械类相关各专业课程所必不可少的先修课程之一。

全书内容包括《机械工程材料及其成形技术基础》各章的内容提要与习题、习题解答、课堂讨论指导、实验指导、自测题及参考答案等部分。内容提要部分阐述各章的基本内容和学习重点;习题采用多种形式,突出重点,兼顾一般,既考虑有助于对基本理论的理解和掌握,又重视培养学生运用所学理论知识分析、解决实际问题的能力;课堂讨论是组织学生有准备地讨论课程中关键重点和难点,使学生理解和掌握这些重点和基本理论,也是学生应用所学知识解决材料及其成形技术问题的一种模拟实践,书中拟定了四次课堂讨论题目,仅供参考选择;实验着重培养学生动手能力、分析问题能力和创新精神,实验指导部分安排了六个实验,其中实验1、3、4、5为基本实验,其余为选修实验。

本书可作为高等院校、成人高校机械类、近机械类专业本科专科学历学习“机械工程材料及其成形技术基础”、“机械工程材料”、“金属材料学”、“金属材料及热处理”、“材料成形技术基础”等课程的辅助用书或研究生考试的辅导资料。

本书由贵州大学申荣华教授任主编,参加编写的还有贵州大学陈之奇、彭合宜、周仁贵、姜云、张琳娜老师和贵州贵航能发装备制造有限公司石京显高工。全书由申荣华编写概述、第一部分绪论,第1、2、7、8、9章,第二部分,第三部分第1、2、7、8、9章,自测题和第四部分;陈之奇编写第一部分第3章,第三部分第3章;石京显编写第一部分第4、5章,第三部分第4、5章;彭合宜编写第一部分第6章,第三部分第6

章;张琳娜编写第一部分第 10 章,第三部分第 10 章;姜云编写第一部分第 11 章,第三部分第 11 章;周仁贵编写第一部分第 12 章,第三部分第 12 章和附录。

本书的编著者是在积累的教学经验和资料,以及在教学过程中使用过的机械工程材料及材料成形技术基础的学习指导、习题、课堂讨论、试卷、实验等基础上经过不断地修订、补充、编纂而成的。在编写的过程中,编者参阅了部分国内外相关教材、辅导资料,在此一并向文献作者致以深切的谢意!

限于编著者水平,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正,以便对内容不断完善和改进。

编 者

2011 年 2 月于贵阳

目录

概述	(1)
----------	-----

第一部分 各章内容提要和学习重点

绪论	(8)
0.1 内容提要	(8)
0.2 学习重点	(10)
第1章 零部件对材料性能的要求	(11)
1.1 内容提要	(11)
1.2 本章重点	(14)
第2章 材料的内部结构、组织与性能	(15)
2.1 内容提要	(15)
2.2 本章重点	(22)
第3章 改变材料性能的主要途径	(24)
3.1 内容提要	(24)
3.2 本章重点	(34)
第4章 常用金属材料	(35)
4.1 内容提要	(35)
4.2 本章重点	(41)
第5章 非金属材料及新型工程材料	(42)
5.1 内容提要	(42)
5.2 本章重点	(44)
第6章 工程设计制造中材料选择	(45)
6.1 内容提要	(45)
6.2 本章重点	(50)
第7章 金属材料的液态凝固成形技术	(51)
7.1 内容提要	(51)

7.2 本章重点	(57)
第 8 章 金属固态塑性成形技术	(59)
8.1 内容提要	(59)
8.2 本章重点	(64)
第 9 章 粉末压制和常用复合材料成形技术	(65)
9.1 内容提要	(65)
9.2 本章重点	(67)
第 10 章 固态材料的连接成形技术	(68)
10.1 内容提要	(68)
10.2 本章重点	(73)
第 11 章 有机高分子材料的成形技术	(74)
11.1 内容提要	(74)
11.2 本章重点	(75)
第 12 章 材料成形技术方案的拟订及产品检验	(76)
12.1 内容提要	(76)
12.2 本章重点	(79)

第二部分 课堂讨论指导

总述	(82)
课堂讨论 1 铁-碳相图分析及应用	(83)
课堂讨论 2 钢的热处理	(87)
课堂讨论 3 典型零件选材与工艺路线	(90)
课堂讨论 4 材料成形技术综合分析及应用	(93)

第三部分 练习题、自测题及参考答案

第 1 章的练习题及参考答案	(102)
1.1 练习题	(102)
1.2 练习题参考解答	(103)
第 2 章的练习题及参考答案	(106)
2.1 练习题	(106)
2.2 练习题参考答案	(113)

第 3 章的练习题及参考答案	(122)
3.1 练习题	(122)
3.2 练习题参考答案	(129)
第 4 章的练习题及参考答案	(136)
4.1 练习题	(136)
4.2 练习题参考答案	(143)
第 5 章的练习题及参考答案	(153)
5.1 练习题	(153)
5.2 练习题参考答案	(156)
第 6 章的练习题及参考答案	(159)
6.1 练习题	(159)
6.2 练习题参考答案	(164)
第 7 章的练习题及参考答案	(168)
7.1 练习题	(168)
7.2 练习题参考答案	(171)
第 8 章的练习题及参考答案	(177)
8.1 练习题	(177)
8.2 练习题参考答案	(181)
第 9 章的练习题及参考答案	(186)
9.1 练习题	(186)
9.2 练习题参考答案	(187)
第 10 章的练习题及参考答案	(189)
10.1 练习题	(189)
10.2 练习题参考答案	(193)
第 11 章的练习题及参考答案	(198)
11.1 练习题	(198)
11.2 练习题参考答案	(200)
第 12 章的练习题及参考答案	(203)
12.1 练习题	(203)
12.2 练习题参考答案	(205)
自测题 1 及参考答案	(207)
自测题 1	(207)
自测题 1 参考答案	(209)

自测题 2 及参考答案	(212)
自测题 2	(212)
自测题 2 参考答案	(215)

第四部分 实验指导

注意事项	(220)
实验 1 金属材料的力学性能实验	(221)
1.1 实验目的	(221)
1.2 实验设备及试样	(221)
1.3 实验概述	(221)
1.4 实验内容与要求	(227)
1.5 思考题	(227)
实验 2 光学金相显微镜的使用及铁-碳合金平衡组织观察	(228)
2.1 实验目的	(228)
2.2 实验概述	(228)
2.3 实验方法指导	(232)
2.4 注意事项	(233)
2.5 实验设备及材料	(233)
2.6 实验报告要求	(234)
2.7 思考题	(234)
实验 3 碳钢的淬火与回火	(235)
3.1 实验目的	(235)
3.2 实验概述	(235)
3.3 实验内容	(237)
3.4 实验步骤及注意事项	(237)
3.5 实验设备及材料	(238)
3.6 实验报告要求	(238)
实验 4 压力铸造及成形特点分析	(239)
4.1 实验目的	(239)
4.2 实验概述	(239)
4.3 实验内容	(244)
4.4 实验组织运行要求	(244)

4.5	实验器材	(244)
4.6	思考题	(244)
实验 5	热塑性塑料注射成形及其特点分析	(245)
5.1	实验目的	(245)
5.2	实验原理	(245)
5.3	实验设备和原料	(247)
5.4	实验步骤	(248)
5.5	思考题	(249)
实验 6	酚醛塑料的模压成形及特点	(250)
6.1	实验目的	(250)
6.2	实验原理	(250)
6.3	实验设备和原料	(252)
6.4	实验步骤	(253)
6.5	思考题	(253)
附录	(255)
附录 A	压痕直径与布氏硬度对照表	(255)
附录 B	布氏、维氏、洛氏硬度值的换算表	(258)
附录 C	常用铁基高温合金的热处理、性能和应用	(259)
附录 D	常用钛合金的牌号、成分、性能与用途	(260)
附录 E	常用热处理方法的相对费用	(261)
附录 F	国内外常用钢号近似对照表	(262)
附录 G	部分铝及铝合金中外牌号近似对照表	(265)
附录 H	常用金属材料的相对价格	(265)
附录 I	金相试样制作时的常用的浸蚀剂	(266)
附录 J	部分铁-碳合金的金相照片	(268)
参考文献	(271)

概 述

1. 本课程内容分为机械工程材料学和材料成形技术学两大篇

1) 第1篇机械工程材料学的内容可归纳为四大部分

第一部分为基本理论基础。它主要阐明机械工程材料的化学成分、组织结构与性能之间的相互关系与变化规律。

第二部分为机械工程材料的强韧化(钢的热处理)。它阐述强化机械工程材料的主要途径有二:一是通过优化成分设计来发展高性能的新材料;二是通过变更材料的加工处理工艺来充分发挥现有材料的性能潜力。而本篇则主要讨论后一途径——变更加工处理工艺,主要是钢的热处理。材料的所有性能都是其化学成分和组织结构在一定的外界因素(如载荷性质、应力状态、电场、磁场等)作用下的综合反映,它们构成了相互联系的系统。对材料结构和性能之间相互关系的了解,不仅能正确地认识材料结构的形成规律,而且也为正确地选择材料加工处理工艺和发展新材料提供了基础。例如,钢的化学成分对钢的强韧度的影响是通过影响钢的组织结构来实现的;当钢的化学成分一定时,还可通过不同的热处理工艺来改变材料的组织结构,进而导致钢在力学性能上有较大的差异。

第三部分为常用机械工程材料介绍。它包括碳钢、合金钢、非铁合金及其合金、非金属材料等。

第四部分为机械工程材料的合理选用。它主要介绍了机械工程材料合理选用的基本原则,有关失效分析的基本概念等。

由于机械工程中机械零件的用材主要以金属材料特别是钢铁为主,所以金属材料特别是钢铁,其基本理论、热处理与应用当属本篇的重点。具体说来,四大部分各有一个重点,即第一部分以铁-碳合金相图一节为重点;第二部分以钢的热处理原理与工艺为重点;第三部分中的工业用钢一节为重点;第四部分以机械工程材料的合理选用为重点。

机械工程材料学的内容相继可简化为理论基础、强化工艺、常用工程金属材料 and 合理选材四大部分。理论基础的核心是调整成分和结构;强化工艺的关键是控制组织;常用材料介绍的最重要依据是力学性能的确定;合理选材是最

重要的应用。所以,贯穿本篇的纲是“材料成分—组织(结构)—性能—强化和应用”。因此,在进行系统复习和总结时,不论对各个部分,还是各个章节,都可以用这一纲来引导,做到纲举目张。

2) 第2篇材料成形技术学的内容可归纳为六大部分

第一部分是液态凝固成形。应掌握铸造生产方法的原理、特点与应用。各种铸造工艺正是利用了液体的流动性使其适应性很强,且特别适合于生产形状复杂尤其是内腔复杂、较重的零件毛坯(特别是选用了脆性材料的零件)。但是,由于铸件的晶粒较粗大、组织疏松、成分不够均匀,力学性能较同样材料的锻件差。

第二部分是固态塑变成形。应掌握锻压生产方法的原理、特点与应用。各种锻压工艺是借助外力的作用,使金属坯料产生塑性变形,从而获得一定形状、尺寸和性能的毛坯或零件的方法。由于金属在固态下的塑性变形量是有限的,所以,锻压只能用于形状较简单毛坯或零件的生产。但是,锻压可以压合材料冶炼组织的内部缺陷,细化晶粒,使夹杂物均匀分布,形成合理的纤维组织,所以,锻压件的力学性能好,主要用于受力较大且受力复杂的毛坯或零件。

第三部分是固态连接成形。应掌握焊接生产方法的原理、特点与应用。焊接是将分离的金属,用局部加热、加压或两者同时进行的手段,借助于金属内部原子之间的结合,使金属连接成牢固整体的加工方法。与古老的连接方法——铆接相比,焊接方法的适应性广(如不同结构、不同合金、锻焊结合、铸焊结合、不同型材等),省工时,省材料(节约15%~20%的材料),有较高的结合强度,接头的严密性好。但是,由于局部加热,热影响区组织变坏,焊接后产生残余应力。焊接主要用于工程结构的制作,如各种压力容器、桥梁、船体、汽车、飞机构件等的制造。

第四部分是颗粒态固结成形。应掌握粉末冶金生产方法的原理、特点与应用。粉末压制工艺是利用颗粒态材料整体的流动和局部的塑变,获得一定形状、尺寸和性能的零件或毛坯的方法。由于其成形特点,能够生产出其他方法不能或很难制造的制品且材料的利用率很高,但粉末的价格较高,设备和模具投资较大,零件几何形状受到一定限制。

第五部分是高分子材料的黏流固(硬)化成形。应掌握高分子材料制品生产方法的原理、特点与应用。高分子材料制品的成形工艺是利用压力使加热后呈黏流态的高分子材料充填模具型腔以获得制品。塑料和橡胶是应用范围广、用量大的高分子材料,随着电子、家电、机械、日用五金等工业产品塑料化趋势的不断增大,对塑料、橡胶制品成形工艺及其模具的需求也越来越大。

第六部分是材料成形技术生产方法的选择。在充分了解各类毛坯生产方

法的特点后,根据零件毛坯的材料种类、力学性能、结构形状,生产批量、现场条件等情况,合理地选择材料成形生产的具体工艺或方法。

机械制造业中机械零件的用材主要以金属材料特别是钢铁为主,所以金属材料特别是钢铁,其成形原理、材料的工艺性、常用成形工艺及选用当属本篇的重点。具体说来,第一部分以砂型铸造工艺一节为重点;第二部分以锻造和板料冲压工艺为重点;第三部分以熔化焊一节为重点;第四部分以粉末冶金为重点;第五部分以塑料制品成形工艺为重点;第六部分以零件特征合理选择其成形技术方法为重点。

材料成形技术篇各章的内容相继可简化为成形理论基础、成形工艺、材料工艺性、结构工艺性和合理选择五大部分。理论基础的核心是成形原理及规律;成形工艺的关键是特征及应用范围;材料工艺性是确定成形技术最重要的依据;结构工艺性决定了工艺过程的繁简;合理选择具体工艺方法是最重要的应用。所以,贯穿本篇各章的纲是“成形原理—成形工艺—零件特征—应用”。因此,在进行系统复习和总结时,不论对各个部分,还是各个章节,都可以用这一纲来引导,做到纲举目张。

总之,在复习中,只要掌握该课程的这一总体结构,理顺各章关系,注意各章节之间的内在联系,紧紧抓住各章重点,掌握基本知识和基本内容,是完全能够达到本课程的基本要求与目的的。

2. 机械工程材料及其成形技术基础是一门叙述性很强的课程,特别强调对问题的理解及在理解基础上强化记忆一些重要内容

1) 要正确理解一些重要的名词、术语和图表的含义

例如相、组织、淬透性、回火马氏体、可铸性、热应力、加工硬化、可锻性、焊接电弧、热影响区、流动性、流变性等的含义究竟是什么;铁-碳合金相图中的碳含量对材料力学性能的影响图说明了什么,铸造工艺流程图说明了什么,塑料状态与温度的关系图说明了什么,从生产方法与生产成本的影响图可得出什么结论,等等。

2) 掌握一些基本图形数据和一些重要公式及计算方法

例如零件、毛坯与产品,结晶、重结晶及再结晶的概念与区别,奥氏体、过冷奥氏体与残余奥氏体,液态凝固成形、颗粒态烧结成形、黏流态固化成形,材料工艺性与结构工艺性等概念应明确与区分开来等。

又如铁-碳合金相图及其上特性点、线的碳含量与温度,共析碳钢的 TTT 与 CCT 曲线及其上的各条线含义、各区域的组织,常用 45 钢、T10、W18Cr4V 等的淬火、回火温度,合金的线收缩率,铸铁的浇注温度,碳钢的锻造加热温度等。

再如杠杆定律的应用与平衡状态下钢的相组分、组织组分相对百分含量的计算,确定再结晶温度、再结晶退火温度的经验公式及计算,烧结温度经验公式等。

3) 能深刻领悟一些重要的规律

例如钢的组织转变规律,加热转变的依据就在铁-碳相图中;冷却转变的依据则在钢的过冷奥氏体的两个冷却转变曲线(即 TTT 曲线与 CCT 曲线)中;各种材料成形技术的成形条件、特点和应用范围取决于其成形原理;工业上各种材料成形技术相互补充、缺一不可,如何选择与零件的材料、几何结构、批量、生产条件等密切相关;等等。深刻领悟并掌握了这些规律,就能正确把握课程的精髓。

4) 学会运用理论观点解释生产实际中的现象

例如加工硬化在生产实际中的应用实例,具体某种工业用钢经热处理后的组织,零件材料、结构、批量的多样化决定了其成形技术的多样化等,都要求将所学到的理论观点活学活用,具体分析生产中的实际问题。

5) 透彻理解

所谓透彻理解,实际上就是要正确、深刻地理解这些概念、原理、规律、图表、公式、工艺性等的内涵、适用条件等。有了深刻透彻的理解,自然就基本掌握了本课程的内容。

3. 采用“四点”学习法学习、理解和掌握机械工程材料及其成形技术基础的知识

“四点”学习法即学习内容的基础知识点(简称基点)、深入点、特点及应用切入点。

1) 基础知识点

基础知识点是指有关学习内容的基础知识,这些基础知识是一些实质、原理、原则等;如材料性能的实质是指材料在使用和制造加工中所具有(或表现出)的性质;晶体的实质是指组成材料(物质)原子(或离子、分子)在三维空间中呈规则排列;相图是用图解的形式表示不同成分、不同温度下合金系中各相的平衡关系,组织的概念;改变材料性能方法的原理有相变(热处理)原理,合金化原理,塑变强化原理,控制结晶原理等;材料的类别;选材原则;金属液态凝固成形原理,金属固态塑性变形成形原理,颗粒态烧(固)结成形原理、黏流态固(硬)化成形原理等。

2) 深入点

深入点是基础知识的深入和扩展,包括理论、机理、规律、影响因素、相互间关系等;如在其他条件合理的情况下,材料(的性能)决定了大多数零件的特性

(如功用、寿命、体积和重量等);材料结晶的基本规律,材料的性能与晶体结构的关系,碳对铁-碳合金组织和性能的影响规律;过冷奥氏体转变规律及影响因素;各种强化方法或手段的机理;合金液充型能力的因素;金属固态塑变成形规律及影响可塑性能力的因素;影响烧(固)结成形的因素;选择材料与成形技术的关系等。

3) 特点

特点是知识内容所具有的特征,如通常强度、硬度高的材料其塑韧度就较低;具有面心立方晶体的金属材料其塑性较好;高碳钢因组织中存在较多的渗碳体(Fe_3C)而硬度较高塑韧度差;各整体热处理工艺的冷却特点,不同的淬火+回火热处理工艺应用特点;各种类型的材料具有各自的特征,常用的材料要熟悉其“五要素”;各类零部件的技术特征如何;各类材料的成形性特点,各类成形技术方法的异同点及优缺点;各类成形件或毛坯的特点等。

4) 应用切入点

应用切入点是把所学知识内容进行实际应用或解决实际工程问题的着手点,即针对题目或实际工程问题从何处(切入点)开始分析,然后以“此点”连接相关知识内容,进行解题。

例如:机械工程材料的选用取决于零部件的主要性能(即切入点)要求,能达到该主要性能要求的材料可能有多种,在此基础上考虑材料的工艺性(绝大多数零部件在制造加工过程中需进行强化处理)、经济性,最终确定一种或得出结论;重要零部件的强化往往是多种方法(手段)的组合,如选用合金钢(合金化——强化基体、形成新相等)+采取锻造成形(热塑变——提高致密度、细化晶粒、形成纤维组织等)+正火或调质(整体热处理——细化晶粒、稳定组织等)+表面热处理(提高表面或局部硬度,耐磨、耐热、耐蚀性等)。

又如:成形技术(毛坯制作)方案的选择,既取决于零部件所用材料(第一切入点)又受制于零部件的技术特征(如结构、形状大小、生产纲领等——第二切入点),零部件所用的材质有些只能用一类成形技术生产毛坯或成形件,而有些则可选择多类成形技术;在由材质选定某类成形技术方法的基础上,再根据零部件的技术特征、技术经济性、安全性等最终确定一种成形工艺或得出结论。

针对这“四点”的要求应掌握“基点”,理解“深入点”,熟悉“特点”,会找“应用切入点”。

总之,要掌握科学的学习方法,进行科学的思维,积极主动地做好课程的系统复习。

