

高职高专工科类系列教材



Gongcheng cailiao

工程材料及成形技术基础

GONGCHENG CAILIAO JI CHENGXING JISHU JICHU

亓四华◎主编



中国科学技术大学出版社

选题组稿 ○ 职教部 文字编辑 ○ 刘卫东 封面设计 ○ 张 勇

定价：29.00元

ISBN 978-7-312-02389-7



9 787312 023897 >

高职高专工科类系列教材

工程材料及成形技术基础

GONGCHENG CAILIAO JI CHENGXING JISHU JICHU

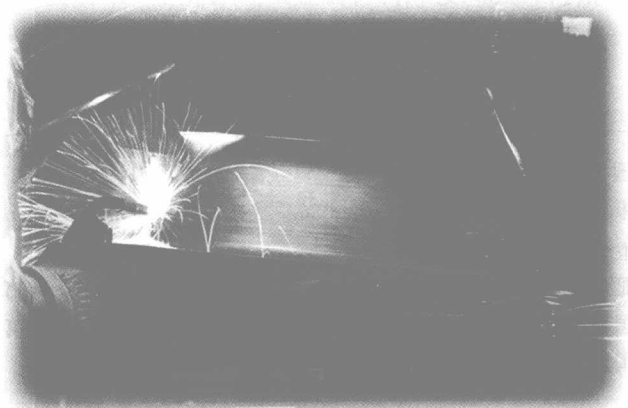
主 编：亓四华

编写人员：(以姓氏笔画为序)

王小平 王立跃 亓四华

张书权 张新建 胥 楷

顾 伟



中国科学技术大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及成形技术基础/亓四华主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,
2008.9

ISBN 978-7-312-02389-7

I. 工… II. 亓… III. 工程材料—成型—高等学校:技术学校—教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 135978 号

选题组稿:职教部 文字编辑:刘卫东

出版	中国科学技术大学出版社 安徽省合肥市金寨路 96 号,230026 http://press.ustc.edu.cn	开本	710 mm×960 mm 1/16
印刷	合肥现代印务有限公司	印张	17.75
发行	中国科学技术大学出版社	字数	350 千
经销	全国新华书店	版次	2008 年 9 月第 1 版
		印次	2008 年 9 月第 1 次印刷
		定价	29.00 元

凡购买中国科大版图书,如有印装质量问题,请与本社发行部门调换。

前 言

《工程材料及成形技术基础》是高等工科职业技术学院机械类专业必修的一门重要的技术基础课程。该课程主要介绍工程材料及成形技术的基础理论和相关工艺知识,是学生了解和认知机械制造的基础平台。

本书在编写过程中,力求体现职业技术教育特色,注重职业岗位的需求,贯彻“必需、够用”的原则,内容上力求少而精,注重理论与实际的结合。以突出机械产品制造对工程材料的选择和材料成形技术的特殊需求为特色,以材料的成分—工艺—组织—性能—应用为主线,以典型产品的材料选择和成形工艺为重点。

本书系统地阐述了工程材料及成形技术的基本原理、基本知识和工程应用的内容。主要内容包括:工程材料及成形技术在制造业中的地位与作用,工程材料及成形技术的发展,工程材料的力学性能,材料科学的基础知识,热处理原理及各种热处理工艺方法,热处理在机械零件生产过程中的作用。工程材料的分类及编号,各种工程材料成分、组织、性能特点及用途,工程材料的成形方法(包括铸造成形、压力加工成形和焊接成形)等。

为了保持教材的先进性,书中引入了较多的新材料与新技术等知识。本书在编写过程中,采用最新国家标准。为便于学生复习,提高学习成效,全书每章均附有习题。

本书可作为高等工科职业技术学院机械类、近机类专业的教材及有关工程技术人员的学习参考书。

本书共分十一章,由亓四华担任主编,参加本书编写的有:亓四华(前言、绪论、第八章、第九章)、顾伟(第一章、第二章)、张书权(第三章、第五章第二节)、王立跃(第四章、第五章第一节)、胥凯(第六章、第七章)、张新建(第十章)、王小平(第十一章),全书由亓四华统稿。

本书在编写过程中参阅并引用了国内有关教材、手册及相关文献,在此谨向原作者表示诚挚的感谢!

本书涉及的专业面较广,由于编者水平有限,编写时间仓促,书中的缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2008年6月

目 录

前 言	(I)
第〇章 绪 论	(1)
一、工程材料及成形技术在制造业中的地位与作用	(1)
二、工程材料及成形技术的发展	(3)
三、本课程的特点、主要内容及教学要求	(7)
第一章 工程材料的主要性能	(9)
第一节 单向静拉伸载荷下材料的力学性能	(9)
一、拉伸试验	(9)
二、强度	(11)
三、塑性	(12)
第二节 硬度	(13)
一、布氏硬度	(14)
二、洛氏硬度	(15)
第三节 冲击韧性	(16)
第四节 疲劳极限	(17)
习 题	(18)
第二章 金属的晶体结构与结晶	(19)
第一节 金属的晶体结构	(19)
一、理想晶体结构	(19)
二、金属的实际晶体结构	(22)
第二节 纯金属的结晶与同素异构转变	(25)
一、纯金属的结晶	(26)
二、金属的同素异构转变	(30)
第三节 合金的晶体结构	(30)

一、基本概念	(30)
二、固态合金的相结构	(31)
习 题	(33)
第三章 二元合金相图及应用	(34)
第一节 相图的建立	(34)
第二节 匀晶相图	(35)
一、相图分析	(35)
二、合金的结晶过程	(36)
三、枝晶偏析	(36)
第三节 共晶相图	(37)
一、相图分析	(37)
二、典型合金的结晶过程	(38)
第四节 其他相图	(39)
一、二元共析相图	(39)
二、形成稳定化合物的相图	(40)
第五节 相图与性能的关系	(41)
一、合金的使用性能与相图的关系	(41)
二、合金的工艺性能与相图的关系	(41)
第六节 铁碳合金相图	(42)
一、铁碳合金的基本组织	(42)
二、铁碳合金相图分析	(44)
三、铁碳合金的成分、组织和性能的变化规律	(50)
四、铁碳合金相图的应用	(51)
习 题	(53)
第四章 钢的热处理	(54)
第一节 钢的热处理概述	(54)
第二节 钢的热处理原理	(55)
一、钢在加热时的组织转变	(55)
二、钢在冷却时的组织转变	(60)
第三节 钢的普通热处理	(68)
一、钢的退火	(69)
二、钢的正火	(71)

三、钢的淬火	(72)
四、钢的回火	(75)
第四节 钢的表面热处理与化学热处理	(76)
一、表面淬火	(76)
二、化学热处理	(78)
第五节 钢的热处理新技术	(80)
一、可控气氛热处理	(80)
二、真空热处理	(80)
三、离子渗扩热处理	(81)
四、形变热处理	(81)
习 题	(82)
第五章 常用工程金属材料	(83)
第一节 铁碳合金	(83)
一、碳钢	(83)
二、铸铁	(87)
第二节 合金钢	(94)
一、合金元素在钢中的主要作用	(95)
二、合金钢分类和编号	(97)
三、合金结构钢	(98)
四、合金工具钢	(106)
五、特殊性能钢	(112)
习 题	(115)
第六章 有色金属及其合金	(117)
第一节 铝及铝合金	(117)
一、工业纯铝	(118)
二、铝合金	(118)
三、常用铝合金	(120)
第二节 铜及铜合金	(123)
一、工业纯铜	(123)
二、黄铜	(124)
三、青铜	(127)
第三节 滑动轴承合金	(130)

一、轴承合金的性能要求和组织特征	(130)
二、轴承合金的分类及牌号	(131)
习 题	(132)
第七章 非金属材料	(134)
第一节 高分子材料	(134)
一、高分子材料基本概念	(134)
二、塑料	(134)
三、橡胶	(138)
第二节 陶瓷材料	(140)
一、陶瓷材料制作工艺	(140)
二、陶瓷材料的物质结构和显微结构	(141)
三、陶瓷材料的性能特点	(142)
四、常用工业陶瓷及其应用	(143)
第三节 复合材料	(144)
一、复合材料的分类	(144)
二、复合材料的性能特点	(145)
三、复合材料简介	(146)
习 题	(148)
第八章 工程材料的选择	(150)
第一节 机械零件的失效分析	(150)
一、基本概念	(150)
二、零件的失效形式	(150)
三、失效的基本因素	(153)
四、失效分析的步骤及方法	(154)
第二节 工程材料的选材原则	(154)
一、保证使用性能足够的原则	(155)
二、工艺性能良好的原则	(157)
三、经济性合理的原则	(159)
第三节 典型零件材料的选材举例	(159)
一、轴类零件	(159)
二、齿轮类零件的选材	(161)
三、刃具的选材	(163)

习 题	(164)
第九章 铸 造	(165)
第一节 合金的铸造性能	(166)
一、合金的流动性及充型能力	(166)
二、铸件的凝固方式	(168)
三、铸造合金的收缩	(169)
四、铸造应力、变形与裂纹	(173)
第二节 砂型铸造	(174)
一、砂型铸造的工艺流程	(174)
二、砂型铸造造型方法	(174)
三、浇注系统的确定	(177)
四、铸造工艺设计	(178)
第三节 特种铸造	(185)
一、熔模铸造	(185)
二、金属型铸造	(187)
三、压力铸造	(188)
四、低压铸造	(189)
五、离心铸造	(190)
六、铸造方法的选择	(191)
第四节 铸件结构工艺性	(192)
一、合金铸造性能对铸件结构设计的要求	(192)
二、铸造工艺对铸件结构设计的要求	(194)
第四节 铸造新技术与发展趋势	(198)
一、造型技术的发展	(198)
二、快速原型制造技术	(199)
三、计算机在铸造中的应用	(200)
习 题	(200)
第十章 锻 压	(202)
第一节 锻压加工工艺基础	(203)
一、金属的锻造性能	(203)
二、锻造比及流线组织	(204)
三、金属的塑性变形规律	(205)

第二节 常用锻造方法	(206)
一、自由锻	(207)
二、模锻	(214)
第三节 板料冲压	(216)
一、板料冲压特点及应用	(216)
二、冲裁	(216)
三、拉伸	(217)
四、弯曲	(219)
五、成形	(219)
六、板料冲压件的结构工艺性	(221)
第四节 现代塑性加工与发展趋势	(223)
一、精密模锻	(224)
二、挤压	(224)
三、轧制成形	(226)
习 题	(229)
第十一章 焊 接	(230)
第一节 焊接概述	(230)
一、焊接的分类	(230)
二、焊接的特点	(231)
第二节 焊接基础知识	(231)
一、熔焊冶金过程	(231)
二、焊接接头组织和性能	(233)
三、焊接应力与变形	(235)
第三节 常用焊接方法	(241)
一、手工电弧焊	(242)
二、埋弧自动焊	(246)
三、气体保护焊	(248)
四、压焊与钎焊	(251)
第四节 常用金属材料的焊接	(255)
一、金属材料的焊接性	(255)
二、碳钢及低合金结构钢的焊接	(256)
三、不锈钢的焊接	(258)
四、铸铁的焊补	(259)

五、非铁金属的焊接	(260)
第五节 焊接结构工艺性	(261)
一、焊接结构的材料选择	(261)
二、焊接方法的选择	(262)
三、焊接接头的工艺设计	(262)
第六节 现代焊接技术与发展趋势等	(266)
一、离子弧焊接与切割	(266)
二、激光焊接	(267)
三、电子束焊接	(267)
四、焊接技术的发展趋势	(268)
习 题	(269)
参考文献	(271)

第〇章 绪 论

一、工程材料及成形技术在制造业中的地位与作用

制造业是工业时代国民经济增长的源泉,综观发达国家经济的高速发展进程中,制造业均起着关键的作用。目前制造业在各国国民经济中仍然占有十分重要的地位,特别是制造技术的高低成为一个国家核心竞争力的标志之一,而制造技术的提高离不开工程材料的发展和材料成形技术的进步。

众所周知,材料是人们生活和生产赖以进行的物质基础,而任何材料在被人们制造成有用物品(无论是生活用品或是生产工具等)的过程中,都要经过成形加工。任何设备或机器,无论是飞机、船舶、火车、大型发电机组、各种流水生产线等大型工具和装备,还是微电子产品、仪器、仪表等细微的零件产品;无论是工业、农业、能源、化工、建筑、军工等领域的工艺装备,还是到各种民用家用电器,都是由许多零件组装而成。这些零件无一例外的都是由具备一定使用性能和工艺性能的工程材料经过若干工序加工成形的。

机械制造过程一般是先根据零件的服役条件,选择满足使用性能和工艺性能要求的工程材料,然后经过铸造、锻压或焊接等成形工艺方法将材料制作成零件的毛坯(或半成品),再经切削加工制成形状、尺寸和表面光洁度符合设计要求的零件,在此过程中根据需要还要适时地进行热处理,以改进毛坯或零件的工艺性能和使用性能,最后把质量合格的各种零部件装配成机器,其过程如图 0-1 所示。

由上可知,机械零件的生产制造过程是把设计者的思想转变为实际产品的过程,因此必须着重考虑以下两方面的问题:首先必须考虑选择何种工程材料来制造,通常由设计者根据零件的工作条件、工作环境、价格等因素作出选择;其次考虑选择何种方法来加工成形,目的是使用较高的效率、较低的成本获得符合设计要求的毛坯或零件。工程材料的选择是进行毛坯或零件生产的前提,而合理的加工工艺是获得最终的毛坯或零件产品的必经阶段,两者是相互联系、密不可分的。而且材料的选择是否得当、成形方法是否合理直接决定了技术上是否可行、质量上是否可靠、成本是否低廉、用户是否满意。

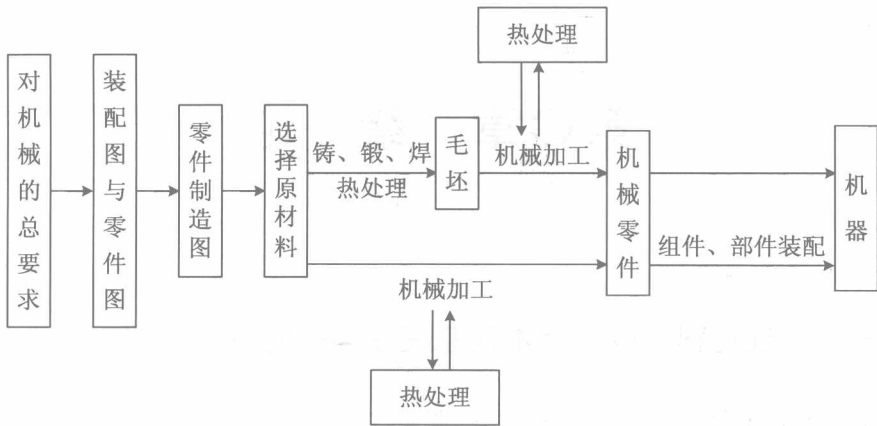


图 0-1 机械制造的一般过程

如今,由各种工程材料制造的大量机械零件和工程结构件被用在机械、能源、化工、建筑、船舶、车辆、仪器仪表、航空航天等工程领域中,这些工程材料是制造业发展的重要物质基础。因为在各种装备研制过程中,材料本身的性质是装备中各种机械零件和工程结构件使用性能达到其设计要求的基本保证,而且越是先进的装备对材料的性能要求越高。据估算,燃气涡轮发动机效率与性能的提高大约有50%来自材料的改进;飞机性能的提高,材料的贡献所占比例达70%左右;汽车每减重100kg,每升油就多行驶0.5km。也正是由于材料在各种装备研究制造过程中的基础和支撑作用,各国在制定国家与产业发展计划时,都将新材料开发与技术应用作为优先发展的关键技术。

材料成形技术是一门研究将材料如何加工成毛坯或零件,并研究如何保证和提高零件的安全可靠度和寿命的技术科学。传统上的材料成形技术有液态成形(铸造)、塑性成形(锻造)、连接成形(焊接)等方法,随着非金属材料 and 复合材料的广泛应用,非金属材料的成形等工艺技术也获得了快速发展。在大部分的材料成形过程中,材料除了发生几何尺寸的变化外,还会发生成分、组织结构及性能的变化。因此,材料成形技术的任务不仅要研究如何使机器零件获得必要的几何尺寸、更重要的是通过一定的技术措施使加工的零件获得必要的成分、组织结构及性能,从而保证机器零件安全可靠度和寿命。因此,材料成形技术包括获得零件形状和尺寸的工艺过程,如铸、锻、焊等,也包括保证成分、组织结构及性能的热处理工艺。

材料科学及材料成形技术在国民经济各个部门和行业都有着广泛的应用,尤其对于制造业来说更是具有举足轻重的作用。制造业是指所有生产和装配制成品的企业群体的总称,包括机械制造、运输工具制造、电气设备、仪器仪表、食品工业、服装、家具、化工、建材、冶金等,它在整个国民经济中占有很大的比重。统计资料

显示,近年来我国制造业占国民生产总值 GDP 的比例已超过 35%,因此,制造技术的高低是一个国家综合经济实力的象征。在高科技时代,国民经济的发展越来越依靠先进的制造技术,材料科学及材料成形技术是制造技术的重要组成部分,在国民经济中占有十分重要的地位,并且在一定程度上代表着一个国家的工业和科技发展水平。

据统计,占全世界总产量将近一半的钢材是通过焊接制成件或产品后投入使用的;在机床和通用机械中铸件质量占 70%~80%;农业机械中铸件质量占 40%~70%;汽车中铸件质量约占 20%,锻件质量约占 70%;飞机上的锻件质量约占 85%;发电设备中主要零件如主轴、叶轮、转子等均为锻件制成;家用电器和通信产品中 60%~80%的零部件是冲压件和塑料成形件。再从我们熟悉的交通工具——轿车的构成来看,发动机中的缸体、缸盖、活塞等一般都是铸造而成;连杆、传动轴、车轮轴等是锻造而成;车身、车门、车架、油箱等是经冲压和焊接制成;车内装饰件、仪表盘、车灯罩、保险杠等是塑料成形制件;轮胎等是橡胶成形制品。因此,可以毫不夸张地说,没有先进的工程材料及材料成形技术,就没有现代制造业。

二、工程材料及成形技术的发展

(一) 工程材料的发展及应用

工程材料就是人类用来制作各种产品的物质,是先于人类产生的,为人类生产和生活的物质基础。人类社会的发展史表明,生产中使用的材料的性质直接反映了人类社会的文明水平,材料的更新与发展促进了人类社会的进步,其中先进材料是工业革命的先导,是一个国家综合国力的重要标志。一种新材料的出现和应用,孕育着一项或多项技术的诞生,甚至导致若干领域的技术革命,从而大大加速了社会的发展进程,并给社会生产和人们的生活带来巨大的变化。所以,历史学家根据制造生产工具的材料,将人类生活的时代划分为石器时代、青铜器时代、铁器时代。当今,人类正跨进人工合成材料的新时代。

大约二三百萬年前人类最先使用的工具是石头,由古猿到原始人的漫长进化过程中,石器一直是人类使用的主要的工具之一。当时,制造石器的原料大都为燧石和石英石,因为这些石头坚硬,能纵裂成薄片,崩解为锋刃,容易加工,而且资源丰富。约五十萬年前人类学会了用火,在六七千年以前的原始社会末期,我们的祖先开始用火烧制陶器。新石器时代的仰韶文化和龙山文化时期,制陶技术已经发展到能在氧化性窑中 950℃ 温度下烧制红陶;在还原性炉气中 1050℃ 温度下烧制薄胎黑陶与白陶。三千多年前的殷、周时期发明了釉陶,炉窑温度提高到 1200℃。

到东汉出现了瓷器,并于9世纪传至非洲东部和阿拉伯世界,13世纪传到日本,15世纪传至欧洲。瓷器成为中国文化的象征,对世界文明产生了很大的影响。

而制陶技术的发展又为炼铜准备了必要的条件。我国青铜的冶炼在夏(公元前2140~1711年)以前就开始了,虽然晚于古埃及和西亚,但发展较快,到殷、西周时期已发展到较高的水平,普遍用于制造各种工具、食器、兵器。从河南安阳晚商遗址出土的司母戊鼎重达875kg,是迄今世界上最古老的大型青铜器。从湖北江陵楚墓中发掘出的两把越王勾践的宝剑,长55.6cm,至今仍锋利异常,是我国古青铜器的杰作。从湖北隋县出土的战国青铜编钟是我国古代文化艺术高度发达的见证。春秋战国时期《周礼·考工记》中关于青铜“六齐”的科学论述,反映我们的祖先已经认识了青铜的性能与成分之间的关系。他们在青铜材料的冶炼和应用方面达到了当时世界的高峰,创造了灿烂的青铜文化。

由青铜器过渡到铁器是生产工具的重大发展。我国从春秋战国时期(公元前770~221年)开始大量使用铁器。从兴隆战国铁器遗址中发掘出了浇铸农具用的铁模,说明冶铸技术已由泥砂造型水平进入铁模铸造的高级阶段。到了西汉时期,炼铁技术又有了很大的提高,采用煤作炼铁的燃料,要比欧洲早一千七百多年。在河南巩县汉代冶铁遗址中,发掘出20多座冶铁炉和锻炉,炉型庞大,结构复杂,并有鼓风装置和铸造坑,可见当年生产规模之壮观。我国古代创造了三种炼钢方法:第一种是从矿石中直接炼出自然钢,用这种钢作的剑在东方各国享有盛誉,东汉时传入了欧洲;第二种是西汉时期的经过“百次”冶炼锻打的百炼钢;第三种是南北朝时期生产的灌钢。先炼铁后炼钢的两步炼钢技术,我国要比其它国家早一千六百多年。从西汉到明朝的一千五、六百年间,我国钢铁生产技术远远超过了世界各国。相应地,其它金属材料的工艺技术也都有高度的发展,留下了大量的珍贵文物和历史文献。

在材料领域中还应该提到的是丝绸。丝绸是一种天然高分子材料,它在我国有着悠久的历史,于11世纪传到波斯、阿拉伯、埃及,并于1470年传到意大利的威尼斯,进入欧洲。

历史充分说明,我们勤劳智慧的祖先,在材料的创造和使用上有过辉煌的成就,为人类文明做出了巨大的贡献。

铁器在公元一千多年以前的亚洲大地上出现以后,逐渐在文明古国的巴比伦、埃及和希腊也得到了广泛的应用。经过许多世纪的发展,西欧和俄国后来居上,创造了不少冶炼技艺,使以钢铁为代表的材料生产和应用跨进一个新的阶段。但是,由于材料的问题太复杂,直到17世纪的科学革命和18、19世纪的工业革命时期,人们对材料的认识仍是非理性的,还主要停留在工匠、艺人的经验技术的水平上。

18世纪以后,由于工业迅速发展,对材料特别是钢铁的需求急剧增长。因此,