



21世纪高职高专规划教材

金属 工艺学

■主编 卞洪元 丁金水

Jinshu gongyixue



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

金属工艺学

主编 卞洪元 丁金水

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是为了适应高等职业技术教育发展的需要而编写的机电一体化、数控技术专业规划教材之一。

全书主要内容包括:钢铁材料生产简介、金属的性能、金属的晶体结构与结晶、合金的相结构与相图、铁碳合金、钢的热处理、非合金钢和合金钢、铸铁、非铁金属、粉末冶金、金属表面处理技术简介、非金属材料、铸造、锻压、焊接、金属切削加工的基础知识、切削机床的基础知识、各种表面的机械加工、数控加工与特种加工简介、机械加工工艺规程的制订、装配等。本书采用国家最新标准,突出实践性、实用性和先进性。

本教材是机械类、机电类、数控类专业通用教材,也可作为相关技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学 / 卞洪元, 丁金水主编. — 北京: 北京理工大学出版社, 2006.8 (2007.1 重印)

ISBN 978-7-5640-0779-9

I. 金… II. ①卞… ②丁… III. 金属加工-工艺学-高等学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 006696 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 21.75

字 数 / 421 千字

版 次 / 2006 年 8 月第 1 版 2007 年 1 月第 2 次印刷

印 数 / 4001 ~ 8000 册

定 价 / 32.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

当前，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

如今，中国已成为制造业大国，但还不是制造业强国。我们要从制造业大国走向制造业强国，必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术，提高计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

制造业要发展，人才是关键。尽快培养一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育既担负着培养高技能人才的任务，也为自身的发展提供了难得的机遇。

为适应制造业的深层次发展和数控技术的广泛应用，根据高等职业教育发展与改革的新形势，北京理工大学出版社组织知名专家、学者，与生产制造企业的技术人员反复研讨，以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想，确立了“满足制造业对人才培养的需求，适应行业技术改革，紧跟前沿技术发展”的思路，编写了这套高职高专教材。本套教材力图实现：以培养综合素质为基础，以能力为本位，把提高学生的职业能力放在突出位置，加强实践性教学环节，使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者；以企业需求为基本依据，以就业为导向，增强针对性，又兼顾适应性；课程设置和教学内容适应技术发展，突出机电一体化、数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法；教学组织以学生为主体，提供选择和创新的空間，构建开放、富有弹性、充满活力的课程体系，适应学生个性化发展的需要。

本套教材的主要特色有：

1. 借鉴国内外职业教育先进教学模式，顺应现代职业教育教学制度的改革趋势；
2. 以就业为导向，进行了整体优化；
3. 理论与实践一体化，强化了知识性和实践性的统一。

本套教材适合于作为高职高专院校机电一体化、数控技术、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

本书是根据高等职业技术教学的要求而编写的,以培养高等技术应用人才为目标。本书将理论、实训与实验紧密结合,注重联系生产实际和强化应用,为培养高素质的高等职业技术人才奠定必要的机械制造工艺方面的基础,在培养学生的工程意识、创新思维、运用规范的工程语言、技术信息与解决工程实际问题的能力方面,具有重要作用。

本书共 21 章,系统地阐述了钢铁生产、金属材料的性能、金属的结构与结晶、合金的相结构与相图、铁碳合金、钢的热处理、工业用钢、铸铁、非铁金属、粉末冶金、非金属材料、金属表面处理技术、铸造、金属压力加工、金属的焊接、金属切削加工的基础知识、切削机床的基础知识、各种表面的机械加工、数控加工简介、机械加工工艺规程的制订、机械装配简介等方面的基本原理和基础知识,每章有复习思考题。书末还附有压痕直径与布氏硬度对照表、碳钢硬度与抗拉强度换算表等。本书所用名词、单位、符号等贯彻了最新国家标准。

本书有如下特点:

1. 编写内容力求少而精,既注重了必要的基本理论知识,又突出了实用性。在介绍常规机械制造方法的基础上,适量增加了常用的机械制造先进技术的内容,如数控加工等。
2. 不仅注重学生获取知识和分析问题能力的培养,而且力求体现对学生工程素质和创新能力培养。
3. 各章附有思考与练习题,体现了教学基本要求,教师可根据具体情况选择布置,以便帮助学生明确实习要求和掌握重点内容。
4. 名词术语和计量单位尤其是各种材料分类、牌号以及名词解释等均采用最新国家标准。

准和行业标准。

5. 编写了实践教学环节的课堂讨论、习题课和实验等内容,重点突出、叙述简练、图文并茂、实用性强、方便自学等特点。

本书主要用作机械、机电类专业通用的高职高专技术基础课程教材,也可作为工程技术人员的参考书。

参加本书编写的有:江苏省高淳职教中心丁金水(绪论,第1、7、8章)、江苏省射阳职业高级中学周祥基(第2、3、4、5章)、江苏联合职业技术学院盐城机电分院卞洪元(第6、13、14、15章,全书统稿和修改)、江苏联合职业技术学院盐城机电分院禹加宽(第9、10、20、21章)、飞翔化工(张家港)有限公司卞亚洲(第11、12章)、江苏省盐城技师学院陈为华(第16、17、18、19章)。卞洪元、丁金水任主编。

本书在编写过程中得到了多方面的帮助,参阅了大量国内外的专著、教材、论文等文献资料,在此一并致谢。

由于编者水平有限,编写时间短促,书中缺点、错误在所难免,恳请批评指正。

编者

目 录

绪论	(1)
第1章 钢铁生产	(3)
1.1 炼铁	(3)
1.2 炼钢	(4)
1.3 钢的浇注和钢材	(5)
复习思考题	(6)
第2章 金属材料的性能	(7)
2.1 金属的力学性能	(7)
2.2 金属的工艺性能	(23)
复习思考题	(25)
第3章 金属的结构与结晶	(26)
3.1 金属的晶体结构	(26)
3.2 纯金属的结晶	(28)
3.3 金属的同素异构转变	(33)
复习思考题	(34)
第4章 合金的相结构与相图	(35)
4.1 合金的组织	(35)
4.2 二元合金相图	(37)
4.3 匀晶相图	(39)
4.4 共晶相图	(41)
4.5 包晶相图和共析相图	(45)
复习思考题	(46)

第5章 铁碳合金	(47)
5.1 铁碳合金的基本相	(47)
5.2 铁碳合金状态图分析	(50)
5.3 典型合金的结晶过程及其组织	(54)
5.4 碳对铁碳合金组织和性能的影响	(59)
复习思考题	(62)
第6章 钢的热处理	(64)
6.1 钢在加热时的组织转变	(64)
6.2 钢在冷却时的组织转变	(68)
6.3 钢的退火与正火	(74)
6.4 钢的淬火	(76)
6.5 钢的回火	(81)
6.6 钢的表面热处理	(83)
6.7 热处理新技术及先进工艺简介	(87)
6.8 热处理技术条件及工序位置	(88)
复习思考题	(90)
第7章 工业用钢	(92)
7.1 钢中常存杂质和合金元素的作用	(92)
7.2 非合金钢	(96)
7.3 低合金钢和合金钢的分类和牌号	(103)
7.4 低合金钢	(105)
7.5 合金钢	(106)
复习思考题	(118)
第8章 铸铁	(120)
8.1 概述	(120)
8.2 灰铸铁	(121)
8.3 可锻铸铁	(124)
8.4 球墨铸铁	(125)
8.5 蠕墨铸铁	(127)
8.6 合金铸铁	(128)

复习思考题	(129)
第9章 非铁金属	(131)
9.1 铝及其合金	(131)
9.2 铜及铜合金	(137)
9.3 钛及钛合金	(142)
9.4 轴承合金	(144)
复习思考题	(147)
第10章 粉末冶金	(148)
10.1 粉末冶金的特点与工艺	(148)
10.2 硬质合金	(149)
10.3 其他粉末冶金材料	(151)
复习思考题	(152)
第11章 非金属材料	(153)
11.1 塑料	(153)
11.2 橡胶和胶粘剂	(156)
11.3 陶瓷材料	(157)
11.4 复合材料	(159)
复习思考题	(161)
第12章 金属表面处理技术简介	(162)
12.1 金属表面强化处理	(162)
12.2 金属表面的防腐处理	(164)
12.3 金属表面装饰加工	(167)
复习思考题	(168)
第13章 铸造	(169)
13.1 砂型铸造	(169)
13.2 合金的铸造性能	(175)
13.3 铸造应力、变形和裂纹	(178)
13.4 铸件的结构设计简介	(179)
13.5 铸造工艺图的制定	(181)

13.6 特种铸造	(183)
复习思考题	(186)
第14章 金属压力加工	(187)
14.1 概述	(187)
14.2 金属的塑性变形	(188)
14.3 锻造工艺	(191)
14.4 自由锻工艺过程设计简介	(198)
14.5 锻件的结构工艺性	(200)
14.6 板料冲压	(202)
14.7 其他压力加工方法简介	(205)
复习思考题	(208)
第15章 金属的焊接	(209)
15.1 概述	(209)
15.2 焊条电弧焊	(210)
15.3 气焊与气割	(216)
15.4 其他焊接方法	(219)
15.5 常用金属材料的焊接	(224)
15.6 焊接应力与变形	(226)
15.7 焊件的结构工艺性	(228)
复习思考题	(231)
第16章 金属切削加工的基础知识	(233)
16.1 切削加工概述	(233)
16.2 金属切削刀具	(233)
16.3 金属切削过程及其物理现象	(238)
16.4 切削力、切削温度与切削液	(244)
16.5 金属材料的可切削性	(247)
16.6 提高生产率的途径	(249)
复习思考题	(253)
第17章 切削机床的基础知识	(254)
17.1 机床的分类与型号	(254)

17.2	车床与车削加工	(258)
17.3	铣削加工	(265)
17.4	镗削加工	(269)
17.5	磨削加工	(270)
17.6	钻削加工	(275)
17.7	刨削加工	(276)
	复习思考题	(278)
第 18 章	各种表面的机械加工	(279)
18.1	外圆加工方法	(279)
18.2	孔加工方法	(280)
18.3	平面加工方法	(282)
18.4	齿轮加工	(283)
	复习思考题	(289)
第 19 章	数控加工简介	(290)
19.1	数控机床概述	(290)
19.2	数控车削加工	(295)
19.3	数控铣床加工	(297)
19.4	加工中心概述	(301)
19.5	电火花线切割加工	(304)
	复习思考题	(308)
第 20 章	机械加工工艺规程的制订	(309)
20.1	生产过程的基本概念	(309)
20.2	工艺规程及其制订的原则	(313)
20.3	制订工艺规程时要解决的主要问题	(315)
	复习思考题	(323)
第 21 章	机械装配简介	(324)
21.1	机械产品的装配工艺和装配精度	(324)
21.2	保证装配精度的方法	(326)
	复习思考题	(330)

附录 1 压痕直径与布氏硬度对照表 (331)

附录 2 碳钢硬度与抗拉强度换算表 (333)

参考文献 (334)

绪 论

金属工艺学是一门研究机械制造生产全过程,涉及金属材料的性能、金属零件的毛坯成形和机械加工以及整机装配的综合性技术科学。

机器制造的过程是:先用铸造、锻压或焊接等方法制成零件的毛坯(或半成品、成品),再经过切削加工制成零件,最后将制成的各种机械零件装配成机器。

金属工艺学是在社会生产实践中发展起来的综合性技术学科,金属材料的使用在我国具有悠久的历史。根据大量出土文物考证,我国在公元前 16 世纪就开始使用金属材料。殷商时代(公元前 16 世纪至公元前 1046 年),在生产工具、武器、生活用具等方面已大量使用青铜。如重达 875 kg 的司母戊大鼎,不仅体积庞大,而且花纹精巧,造型美观,说明当时人们已具有很先进的铸造技术。我国还是生产铸铁最早的国家,公元前 5 世纪至公元前 4 世纪的春秋时期已出现了铸铁的铸造。特别在战国后期,铸铁件生产得到了迅速发展。在热处理技术方面,远在西汉时就有“水与火合为粹(同淬)”之说,东汉时则有“清水淬其锋”等有关热处理技术的记载。出土的文物如西汉的钢剑、书刀等,经金相检验,发现其内部组织接近于淬火马氏体和渗碳体组织。这说明我国在西汉时已相继采用各种热处理方法并已具有相当高的水平。

但是,由于我国长期处于封建社会制度下,严重地束缚了社会生产力的发展。鸦片战争以后,帝国主义的侵略,又使我国逐渐沦为半殖民半封建社会,使我国的科学技术和生产水平处于极端落后的状态。

新中国成立以来,社会主义建设事业的蓬勃发展,促进了机械制造工业的迅速发展。1962 年我国自行设计制造了 12 000 t 水压机,1964 年爆炸了原子弹,随后又爆炸了氢弹,发射了人造地球卫星和洲际导弹等。所有这一切都与机械制造工业的发展密切相关。我国的经济建设既要求机械制造工业担负更艰巨的任务,又为机械制造工业开拓了广阔的天地。如真空技术、激光技术和计算机技术等 in 机械制造工业中的应用都是新课题。

金属工艺学是高等职业院校多数工科专业的技术基础课。它为培养高素质的高等职业技术人才奠定了必要的机械制造工艺方面的基础。

本课程的基本要求如下:

(1) 掌握常用金属材料的成分、组织、种类、牌号、性能及应用,了解非金属材料类别、特性和用途。

(2) 熟悉金属热处理的基本原理,掌握常用热处理方法及其适用范围。

(3) 掌握铸造、锻压、焊接、粉末冶金和切削加工的基本原理,熟悉其工艺特点、工艺设计基本知识和应用范围。

(4) 了解零件结构工艺性的基本知识,具有分析零件结构工艺性的初步能力。

(5) 具有选择材料、毛坯、加工方法和制定加工工艺路线的能力。

本课程是一门综合性技术学科,内容非常丰富。另一方面,由于材料的种类繁多,其性能又千变万化,加工方法的复杂多变,因此课程涉及的术语多,概念多,而且较抽象,学习起来有一定的难度。但只要弄清楚重要的概念和基本理论,抓住每章、每节的重点,各章节之间的相互联系,掌握事物的规律,按零件加工过程这一主线进行学习和记忆,注意理论联系实际,认真进行作业和实验等环节,是完全可以学好这门课程的。

本课程实践性和应用性都很强,在教学过程中要注意理论与实践的联系,要强调实际技能的培养。首先要认真地进行金工实习,获得铸造、锻压、焊接、热处理和切削加工的感性认识,了解金属材料的主要加工方法及加工工艺、所用设备及工具的使用,掌握一定手工操作技能,还要辅以教学实验。只有这样,才能培养学生具有分析问题和解决问题的能力,取得良好的教学效果。



第 1 章

钢铁生产

钢铁是铁和碳的合金。由于铁具有良好的性能，又是地壳内蕴藏量最丰富的资源之一，且具有价格低廉、容易加工成形等优点，因此，钢铁材料已成为应用最广泛的金属材料，是现代工业尤其是机械制造业的支柱。

钢铁材料生产的主要过程是炼铁和炼钢。

1.1 炼 铁

炼铁就是从铁矿石中提取铁及其他有用元素的过程。

1.1.1 炼铁原料

炼铁用的主要原料是铁矿石、焦炭和熔剂。铁矿石是炼铁的主要原料。自然界的铁矿石大多是以氧化物的形式存在，常用的铁矿石有赤铁矿 (Fe_2O_3)、磁铁矿 (Fe_3O_4) 等。铁矿石中除了铁的氧化物之外还含有硅、锰、硫、磷等非铁氧化物杂质，统称为脉石。炼铁的目的是从铁矿石中还原出铁并与脉石分离，从而获得一定成分的生铁，其实质是还原过程。焦炭是炼铁的主要燃料。在燃烧时放出大量的热，以保证炼铁所需要的高温，同时在不完全燃烧时产生还原剂 (CO 等)。炼铁常用的熔剂是石灰石 (CaCO_3)。它可与脉石和焦炭燃烧后的灰分形成低熔点，密度较铁液小，流动性好的熔渣，易与铁水分离排出炉外。

1.1.2 炼铁过程

炼铁是在高炉中进行的，高炉炉体主要由装料机构、炉喉、炉缸、出渣口、出铁口等组成，如图 1-1 所示。炼铁的基本过程是：将铁矿石、焦炭和熔剂按一定比例由装料机构装入炉内，同时从环形风管通过风口向炉缸吹入热风。焦炭燃烧，产生高温和大量的 CO 气体， CO 气体上升与铁矿石接触，将铁的氧化物还原成纯铁。在高温下，纯铁逐渐吸收碳和少量硅、锰、磷、硫等杂质元素，成为熔点较低的铁液（即生铁），从出铁口流出，熔渣浮在铁液上面，从出渣口排出。

1.1.3 高炉产品

高炉产品主要有：铸造生铁和炼钢生铁。铸造生铁含硅量较高，硬度较低，断口呈灰色，又称灰口生铁，主要作为铸造生产的原料。炼钢生铁含硅量较低、硬度高，断口呈白色，又称白口生铁，主要用作炼钢原料。

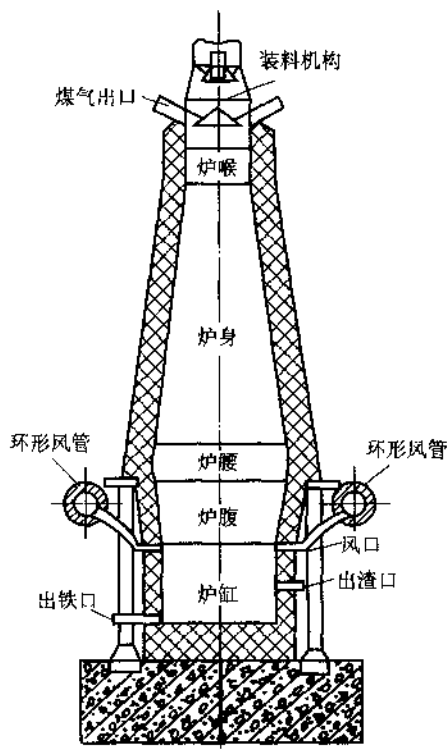


图 1-1 高炉炉体结构示意图

1.2 炼 钢

炼钢就是通过氧化、造渣等过程，将生铁中碳和各种杂质元素的含量减小到钢规定的成分要求。炼钢的实质是氧化过程。

1.2.1 炼钢原料

炼钢的主要原料是生铁和废钢，此外还有熔剂（石灰石、莹石）、氧化剂，铁矿石和脱氧剂（铝、硅铁、锰铁）等。

1.2.2 炼钢方法

炼钢方法主要有转炉炼钢、电炉炼钢和平炉炼钢等三种。

目前应用最广的炼钢法是氧气顶吹转炉炼钢法，如图 1-2 所示。氧气顶吹转炉炼钢时，按比例向装于炉内的生铁液中加入一定量的废钢和熔剂（ CaO 等），氧枪吹入氧气，将铁液中部分碳、锰、硅、磷等元素氧化成氧化物，以气体（ CO ）和炉渣的形式排除。加入的熔剂使磷和混入铁液中的硫变成磷酸钙和硫化钙，成为炉渣排出。 CO 逸出时，对钢液搅拌强烈，有利于排出其他有害气体和夹杂物。钢液中杂质氧化的同时，大量的铁也被氧化，生成 FeO 。 FeO 会降低钢的力学性能，因此在炼钢后期要进行脱氧，即向钢液中加入硅铁、锰铁、铝等脱氧剂，以去除 FeO 中的氧。

电炉炼钢法主要有两种：电弧炉和感应电炉，其中电弧炉应用较广。电弧炉构造如图 1-3 所示。通电后，石墨电极与炉料间产生电弧热，使炉料熔化，向炉内吹氧或加入铁矿石，使金属液中的碳和杂质氧化。当碳和杂质的含量及温度都达到技术要求时，再向炉内加入石灰等造渣材料、炭粉、电石等还原剂，以达到脱氧、去磷等目的。