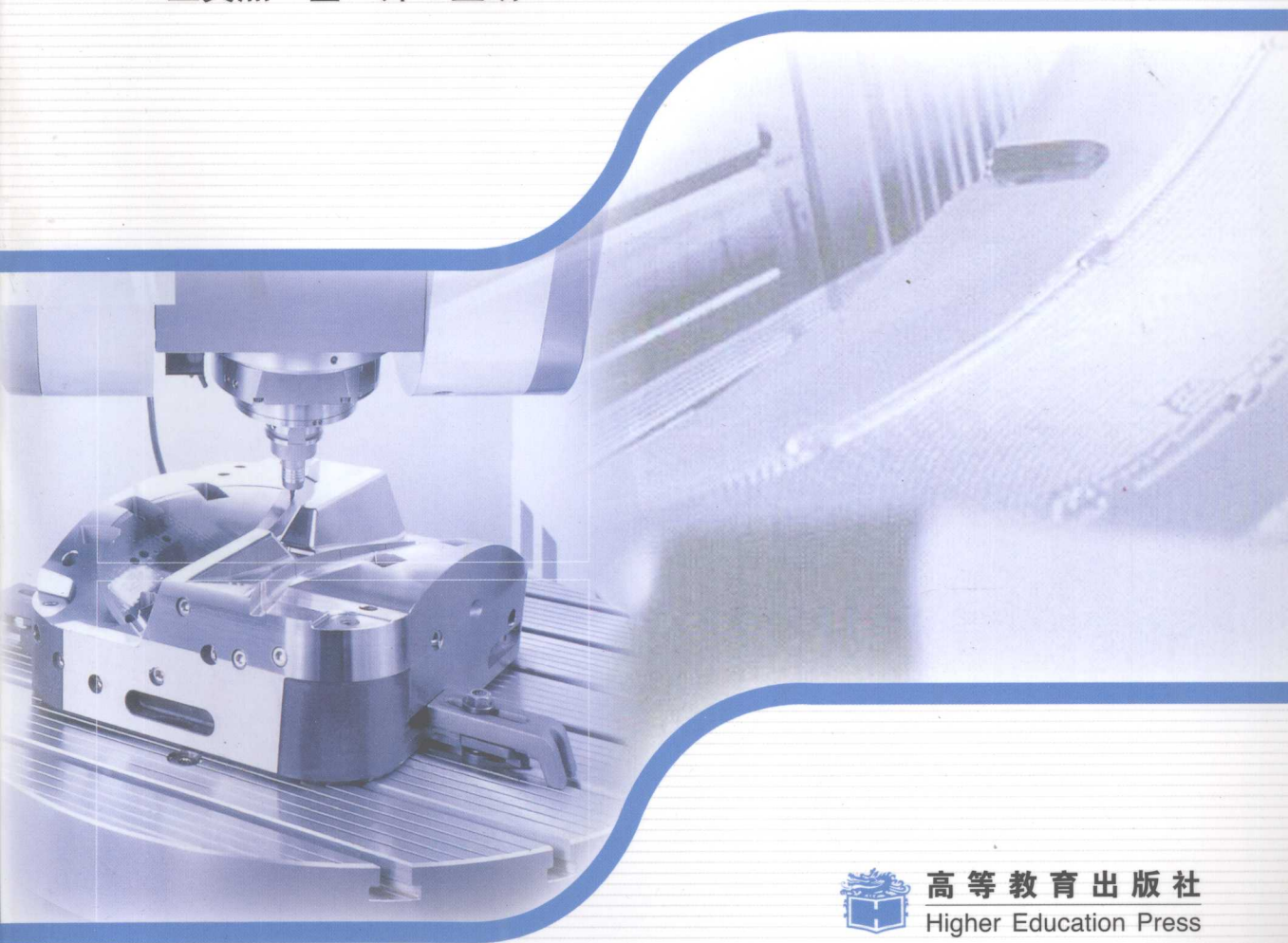


高等职业院校教材
“以就业为导向、以能力为本位” 课程改革成果系列

金属工艺学

第二版

王英杰 金 升 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

金属工艺学

第二版

王英杰 金 升 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是为了适应 21 世纪高等职业技术教育发展的需要修订而成的。

修订后全书共 18 章,主要包括金属材料与机械制造过程概述、金属的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金、非合金钢、钢的热处理、低合金钢与合金钢、铸铁、非铁金属及其合金、铸造、锻压、焊接、切削加工基础知识、切削机床基础知识、各种表面的机械加工方法、特种加工与数控加工简介、机械加工工艺过程的制定、表面处理技术简介等。

本书可作为高等职业技术教育的工程技术类相关专业的学生的教材,也可作为机械类、近机类的中等专业学生和职工培训用教材。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/王英杰、金升主编. —2 版. —北京:高等教育出版社,2008.4

ISBN 978-7-04-023455-8

I. 金... II. ①王... ②金... III. 金属加工-工艺学-专业学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 021351 号

策划编辑 王瑞丽 责任编辑 贺玲 封面设计 张楠 责任绘图 尹莉
版式设计 马敬茹 责任校对 朱惠芳 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 15.75
字 数 380 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2001 年 8 月第 1 版
2008 年 4 月第 2 版
印 次 2008 年 4 月第 1 次印刷
定 价 21.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23455-00

出版说明

国务院《关于大力发展职业教育的决定》的精神推动着我国职业教育事业蓬勃发展。为提高职业教育教学质量,教育部启动了新一轮职业教育教学改革行动。高等教育出版社始终站在更新观念及职教课改的前列,打造优质教学资源,研发精品教学资源,增强服务意识,提高服务本领,支持职业教育事业的发展。

在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中,高等教育出版社深切地了解到从事高等职业技术教学工作的教师们正以饱满的热情、高昂的斗志积极投身到课程改革的热潮中,他们也渴望能有一套遵循“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职教理念,符合中国国情,能够适合高素质技能型人才培养模式,适应实施理论实践一体化和项目教学法,且可操作性强的实用系列专业教材。我社本着服务于职业教育事业发展,服务于职业院校教师的教学,服务于职业院校学生的学习的指导思想,推出了本套满足高职院校(五年制)机电技术专业、数控技术专业教学实际需要的专业课改成果系列教材。

本系列教材是由多年从事高等职业教学工作的一线骨干教师和学科带头人通过社会调研,对劳动力市场人才进行需求分析,进行课题研究,研发专业人才培养方案,制定核心课程标准等技术程序,并在征询了相关企业人员的意见后编写而成的。其主要特点为:

1. 本系列教材打破了原有的“以学科为中心”的课程体系,以劳动和社会保障部颁发的相关国家职业标准为编写的依据之一,课程设置和教学内容与企业技术发展同步,贯彻了以就业为导向,突出职业岗位能力培养为主的职教思想。

2. 专业核心课程采用综合化模块结构体系;专业基础理论削枝强干,够用为度,兼顾发展;技能训练课程内容实行“项目化”,项目根据学生掌握专门技术的认知规律设置课题。本系列教材在使用时有较强的可操作性。

3. 适应了学分制改革的需要,避免了教学内容的重复与交叉,给学生自主学习和个性化发展留有充分的空间。

4. 本系列教材以最新的相关国家技术标准编写,融入了新知识、新技术、新工艺和新方法。语言表述平实,通俗易懂,便于学生的自学。

伴随着教育部新一轮职业教育教学改革的不断深化,本套教材在推广使用中,将根据反馈的信息和教学需求的变化进行修订与完善。

高等教育出版社

第二版前言

本书第一版自2001年出版以来,一直受到高等职业院校广大师生的好评和关心。但随着科学技术的不断发展、新的国家标准的陆续颁布和实施、教育教学改革的不断深化、社会对学生就业素质与能力需求的变化以及考虑用书学校提出的修改意见与要求,非常有必要进行修订。因此,我们按照高等教育出版社的要求,于2007年对第一版进行了全面的修订。

本书是为了适应21世纪高等职业教育需要,由高等教育出版社组织修订的高职金属工艺学系列教材之一。

修订后本书共18章,主要内容包括金属材料与机械制造过程概述、金属的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金、非合金钢、钢的热处理、低合金钢与合金钢、铸铁、非铁金属及其合金、铸造、锻压、焊接、切削加工基础知识、切削机床基础知识、各种表面的机械加工方法、特种加工与数控加工简介、机械加工工艺过程的制定、表面处理技术简介等。

一、修订版的基本思路

(1) 保持第一版教材的适用范围和定位。

(2) 基本保持第一版教材的内容框架结构,如章节顺序和图表。

(3) 适应目前教育教学改革中出现的新情况、新问题、新要求,简化部分教学内容及其难度,使理论知识科普化,形成容易理解的常识;突出实践环节,加强工艺流程和应用范围的介绍,使学生对加工工艺过程具有初步认识,贴近生产过程,并为后续相关课程进行必要的知识铺垫。

(4) 修改第一版教材中存在的不足之处。

(5) 保持第一版教材在文字说明方面精炼、通俗易懂和形象直观的特色,进一步对文字说明和图表进行推敲和修改。

二、主要的修订内容和补充内容

(1) 对部分表格进行了修订,使内容更精炼和典型,突出了重点。

(2) 采用新的布氏硬度标准 GB/T 231.1—2002。

(3) 删除原第20章中的电子束加工、离子束加工、电铸加工等内容;删除原第10章非金属材料、第11章金属的腐蚀及其防护方法、第14章粉末冶金、第16章材料选择与毛坯加工方法分析、第23章产品质量的检验与控制、第24章装配、第25章产品经济性分析等内容。

(4) 对个别插图进行更新和修改,使插图的形式更统一、内容更丰富、表达更准确、形象更直观。

(5) 对个别定义和概念进行修订,如规定残余伸长应力、韧脆转变温度、可锻铸铁等概念。

三、本书主要特色

(1) 立足高等职业教育素质和能力的均衡培养,内容覆盖面宽、系统、严谨、层次分明,突出实践性,注重理论与实际相结合。

(2) 注重将理论知识科普化,将工艺过程精炼和突出;配备了方便学生复习和便于任课教师

组卷的合理数量的复习思考题;简化了目前不适合学生基本素质状况的庞大的试题库建设及组卷工作。

(3) 配备了相关配套教材,如王英杰主编《金工实习指导》和《金属工艺学实验与课程设计指导》配套教材。

(4) 实行开放式教学,引导学生深入社会,了解企业的状况,探索解决问题的途径,培养积极进取精神。

(5) 善于利用信息社会提供的现代化信息技术手段,拓宽知识面,培养学生的信息素养。

(6) 培养学生自学能力,适应终身学习型社会需要。

本书可作为高等职业技术教育的工程技术类相关专业的学生的教材,也可作为机械类、近机类的中等专业学生和职工培训用教材。

本教材适合于70学时左右的金属工艺学课程教学要求,建议课时(总课时72学时)分配如下表:

章	建议课时	章	建议课时	章	建议课时
绪论、第一章	2	第七章	4	第十三章	4
第二章	4	第八章	2	第十四章	4
第三章	4	第九章	4	第十五章	6
第四章	4	第十章	6	第十六章	2
第五章	2	第十一章	6	第十七章	2
第六章	8	第十二章	6	第十八章	2
小时	24		28		20
总计		72(含实验)			

本书由王英杰、金升任主编,并负责拟定编写提纲和统稿;涂嘉任副主编。参加本次修订工作的有王英杰、金升、涂嘉、陆俊华、石爱军、段荣寿、同金叶、郭晓平、王美玉、孙曼曼、杜力。

本书由王忠才审稿,最后由《金属工艺学》高等职业技术教育系列教材编写组审定通过,在此表示衷心的感谢!

本书在编写过程中参考了大量的文献资料,特向文献资料的作者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年11月

第一版前言

本书是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专教育人才培养目标的要求编写的,是工科高等职业技术教育的通用教材。为了贯彻落实教育部要求课程教材改革要面向 21 世纪,适应素质教育、创新教育和创业教育的需要,建立具有中国特色的现代化基础教育课程体系的精神,针对目前逐步兴起的高等职业技术教育缺少相应的金属工艺学课程教材的状况,并结合目前金属工艺学教学过程中出现的新要求、新情况以及某些教材中存在的问题,我们认真查阅了大量的参考资料,进行了多次专题交流与研讨,并积极汲取了各种现有教材的精华。

知识经济时代迫切需要具有综合素质、实践能力和创新能力的人才,这就需要从根本上改变传统的应试教育模式,确立以培养人的综合素质为基础的能力教育模式。可以说,素质教育的本质就是能力教育,就是要充分开发学生的潜能。

能力教育与素质教育实际上是同一问题的两个不同侧面和不同表述。素质是能力的基础,能力则是素质的外在表现,素质付诸实践就表现为能力,离开素质,能力就成了无本之木;离开能力,素质也无法表现。

能力教育必须以人的素质与能力为基础和核心,强调重视学习和掌握知识,引导学生学会获取知识的方法,学会运用知识进行创造性思考,学会把知识有效地转化为素质和能力。职业技术教育要加强基础的认知学习,使学生有更大的“柔性”,给予每个在校学生更大的发展空间和深层的受教育机会,使其更好地适应今后工作中的需求和岗位变换。

本教材的教学目标是:①比较系统地介绍机械制造过程,强化学生的工程意识、质量意识、效益意识和环境保护意识,培养和造就素质高、知识面宽的应用型人才;②适应未来若干年的就业形势,积极培养学生的创业意识和创业能力,为其自谋职业奠定良好的基础知识和实践经验;③强化实验教学,提高学生的动手能力和实践技能;④培养综合应用能力,引导学生学会应用所学的理论知识解决一些实际问题,使学生具有一定的解决实际问题的感性认识和经验,做到触类旁通,融会贯通;⑤培养学生团结合作、相互交流、相互学习、勇于探讨问题的学习风气;⑥引导学生深入社会,了解企业的状况,善于发现实际问题,探索解决问题的途径,培养不断创新和积极进取的创业精神。

本书内容丰富、新颖;文字精练、准确、通俗易懂;在内容组织上注意逻辑性、系统性和层次分明,突出实践性和适用性,注重理论与实际相结合;在时代性上尽量反映机械制造方面的新技术、新材料、新工艺和新设备,使教师和学生的认识在一定层次上能跟上现代科技发展与职业技术教育的新要求。本教材每章之后都有小结,可指导学生掌握学习重点和学习方法。此外,各章都附有较全面的各种类型的复习与思考,以便学生自学时自我检查是否掌握和理解了所学的基础知识。

另外,我们还编写了与本教材配套的《金属工艺学实验与课程设计》一书,以供教师和学生进行实验教学和典型零件加工工艺设计方面的综合训练。

本教材建议学时(总学时为 100 学时)分配如下表：

章	建议学时	章	建议学时	章	建议学时
第一章	2	第十章	3	第十九章	6
第二章	6	第十一章	2	第二十章	2
第三章	4	第十二章	4	第二十一章	2
第四章	6	第十三章	4	第二十二章	2
第五章	2	第十四章	2	第二十三章	2
第六章	8	第十五章	5	第二十四章	2
第七章	6	第十六章	2	第二十五章	2
第八章	2	第十七章	6	课程设计	9
第九章	2	第十八章	3	机动	4
小计	38		31		31
总计	100				

本书主编王英杰，副主编涂嘉。绪论、第一章至第九章、第十一章至第十三章由太原铁路机械学校王英杰编写；第十章由太原铁路机械学校李雪芳编写；第十四章和第十五章由兰州铁路机械学校张美丽编写；第十六章至第十八章由南昌铁路机械学校涂嘉编写；第十九章由太原铁路机械学校向秀梅编写；第二十章和第二十一章由太原铁路机械学校赵建英编写；第二十二章和第二十三章由安徽省农业机械学校程林仙编写；第二十四章和第二十五章由广州铁路机械学校王青编写。全书由清华大学李家枢教授、九江职业技术学院郁兆昌副教授审稿。

由于编写时间仓促及编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。同时，本书在编写过程中参考了大量的文献资料，在此向文献资料的作者致以诚挚的谢意。

编者

2000 年 12 月

目

录

绪论	1
第一章 金属材料与机械制造过程	
概述	3
第一节 金属材料的分类	3
第二节 钢铁材料生产过程概述	4
第三节 机械制造过程概述	7
复习与思考	8
第二章 金属的性能	9
第一节 金属的力学性能	9
第二节 金属的物理性能与化学性能	18
第三节 金属的工艺性能	20
复习与思考	21
第三章 金属的晶体结构与结晶	23
第一节 金属的晶体结构	23
第二节 纯金属的结晶	25
第三节 金属的同素异构转变	27
第四节 合金的晶体结构	28
第五节 合金的结晶	30
复习与思考	31
第四章 铁碳合金	33
第一节 铁碳合金的基本组织	33
第二节 铁碳合金状态图	35
复习与思考	39
第五章 非合金钢	41
第一节 杂质元素对钢性能的影响	41
第二节 非合金钢的分类	42
第三节 非合金钢的牌号及用途	43
复习与思考	49
第六章 钢的热处理	50
第一节 钢在加热时的组织转变	51
第二节 钢在冷却时的组织转变	52
第三节 退火与正火	53
第四节 淬火	55
第五节 回火	58
第六节 钢的表面热处理与化学热处理	59

第七节 热处理新技术简介	62
第八节 热处理工艺应用	64
复习与思考	67
第七章 低合金钢与合金钢	69
第一节 合金元素在钢中的作用	69
第二节 低合金钢与合金钢的分类及牌号	71
第三节 低合金钢	73
第四节 合金钢	74
复习与思考	83
第八章 铸铁	85
第一节 铸铁概述	85
第二节 常用铸铁	86
第三节 合金铸铁	92
复习与思考	93
第九章 非铁金属及其合金	95
第一节 铝及铝合金	95
第二节 铜及铜合金	99
第三节 钛及钛合金	104
第四节 滑动轴承合金	106
复习与思考	108
第十章 铸造	110
第一节 铸造概述	110
第二节 砂型铸造	110
第三节 铸造工艺图	116
第四节 合金的铸造性能	119
第五节 铸件的结构工艺性	122
第六节 特种铸造	124
第七节 铸造新技术简介	126
复习与思考	128
第十一章 锻压	130
第一节 锻压概述	130
第二节 锻压加工的基本知识	131
第三节 金属锻造工艺	134
第四节 自由锻工艺过程设计	139
第五节 锻件的结构工艺性	141

第六节 冲压	142	第六节 磨床	197
第七节 锻压新技术简介	145	复习与思考	199
复习与思考	147	第十五章 各种表面的机械加工方法	201
第十二章 焊接	150	第一节 外圆表面的加工方法	201
第一节 焊接概述	150	第二节 孔的加工方法	205
第二节 焊条电弧焊	151	第三节 平面的加工方法	206
第三节 气焊与气割	156	第四节 圆柱齿轮齿形的加工方法	209
第四节 其他焊接方法	159	第五节 精密加工简介	213
第五节 常用金属材料的焊接	163	第六节 零件结构的切削加工工艺性	216
第六节 焊接应力与变形	165	复习与思考	217
第七节 焊件的结构工艺性	167	第十六章 特种加工与数控加工简介	218
第八节 焊接新技术简介	170	第一节 特种加工简介	218
复习与思考	172	第二节 数控加工简介	222
第十三章 切削加工基础知识	174	复习与思考	226
第一节 切削加工概述	174	第十七章 机械加工工艺过程的制定	227
第二节 切削运动与切削用量	174	第一节 机械加工工艺过程概述	227
第三节 切削刀具	176	第二节 工件的安装与定位基准	229
第四节 切削过程中的物理现象	180	第三节 零件加工工艺路线的制定	231
复习与思考	183	复习与思考	233
第十四章 切削机床基础知识	185	第十八章 表面处理技术简介	235
第一节 机床的分类与型号	185	第一节 表面处理技术概述	235
第二节 车床	186	第二节 表面处理工艺简介	236
第三节 钻床和镗床	192	复习与思考	240
第四节 刨床和插床	194	参考文献	241
第五节 铣床	195		

绪 论

金属材料和非金属材料的使用及其加工方法的不断改进是人类社会发展的重要里程碑,历史上的所谓石器时代、青铜器时代和铁器时代都是以材料作为时代标志的。今天,如果没有耐高温、高强度、高性能的钛合金等金属材料,就不可能有现代宇航工业的发展。所以,早在 20 世纪 70 年代初,国内外的材料专家就把金属材料比作现代工业的骨架了。因此,如果没有金属材料,当今社会科学技术的发展与进步,以及整个社会的生活与生产,都是不堪设想的。

人类社会从石器时代进入青铜器时代以后,金属材料便在人类生活中占据了十分重要的地位。特别是大规模生产钢铁工艺的出现,使金属材料的生产和消耗量急剧上升,促进了科学技术和社会经济的飞速发展,同时也使地球上现有的金属资源越来越少。据估计,铁、铝、铜、锌、银等几种主要金属的储量,如今只能再开采 100~300 年。怎么办呢?一是向地壳的深部要资源;二是向海洋要资源;三是节约金属材料,寻找其代用品。目前,世界各国都在积极采取措施,研究和开发新材料,不断改进现有金属材料的加工工艺,提高其性能,充分发挥其潜力,从而达到节约金属材料的目的。例如,轻体汽车的设计就是利用高强度钢材与非金属材料等,达到减轻汽车自重、节约金属材料和省油目的的。

20 世纪中叶,随着科学技术的发展、社会环保意识的加强以及生产的需求,出现了许多的非金属材料。非金属材料的使用,不仅满足了机械制造工程中的特殊需求,而且还大大简化了机械制造的工艺过程,降低了成本,提高了产品的使用性能。其中,比较突出的就是塑料、陶瓷和复合材料的广泛应用。目前,它们的特殊性能正在不断地得到广大工程技术人员的认可,而且其应用范围正不断地扩大。

同时,随着科学技术的发展,在机械零件的加工工艺技术方面也有了突飞猛进的发展。例如,激光技术与计算机技术在机械零件加工过程中的应用,使得机械零件加工设备不断创新,零件的加工质量和效率不断提高;计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和生产管理信息系统(MIS)的综合应用,突破了传统的机械零件加工方法,产生了巨大的变革。因此,作为一名工程技术人员或管理人员,了解金属材料和非金属材料的性能、应用、加工工艺过程以及先进的加工技术是非常重要的。掌握这方面的知识不仅可以使机械工程设计更合理、更具有先进性,而且还会培养机械零件生产的质量意识、经济意识、创新意识,做到高质高效和合理降低生产成本。

回顾历史,我国曾是世界上使用金属材料最早的国家之一。我国使用铜的历史约有 4 000 余年,大量出土的青铜器,说明在商代(公元前 1562—公元前 1066 年)就有了高度发达的青铜加工技术。例如,河南安阳出土的司母戊大方鼎,体积庞大、花纹精巧、造型精美,重达 875 kg,属殷商祭器。在当时的条件下要浇注这样庞大的金属器物,如果没有大规模的劳动分工和精湛的雕塑艺术与铸造技术,是不可能完美地制造成功的。

另外,早在公元前 6 世纪即春秋末期,我国就已出现了人工冶炼的铁器,比欧洲出现生铁早

1 900 多年,如 1953 年在我国河北兴隆地区发掘出土的用来铸造农具的铁模子,即能说明铁制农具早在我国春秋战国时期就已大量地应用于农业生产中了。同时,我国古代还创造了三种炼钢方法:第一种是从矿石中直接炼出的自然钢,用这种钢制作的刀剑在东方各国享有盛誉,后来在东汉时期传入欧洲;第二种是西汉期间经过“百次”冶炼锻打的百炼钢;第三种是南北朝时期的灌钢,即先炼铁后炼钢的两步炼钢技术,这种炼钢技术我国比其他国家早 1 600 多年,直到明朝之前的 2 000 多年间,我国钢铁生产技术在世界上一直遥遥领先。明朝宋应星所著《天工开物》一书中详细记载了古代冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、淬火等多种金属加工方法,书中介绍的锉刀、针等工具的制造过程与现代制作工艺几乎一致。可以说,这本书是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一。

历史充分说明,我国古代劳动人民在金属材料及其加工工艺方面取得了辉煌的成就,为人类文明做出了巨大的贡献。新中国成立后,我国在金属材料与非金属材料及其加工工艺理论研究方面有了突飞猛进的发展,推动了机械制造、矿山冶金、交通运输、石油化工、电子仪表、航天航空等现代化工业的发展。原子弹、氢弹、导弹、人造地球卫星、超导材料、纳米材料等重大项目的研究与试验成功,都标志着我国在金属材料与非金属材料及其加工工艺方面达到了新的水平。

可以说,金属材料与非金属材料加工工艺技术水平的高低,在某种程度上代表着一个国家机械制造的水平,与国民经济的快速发展有着密切的关系。只有材料生产和机械制造工艺水平的不断提高,并保持先进水平,才会有力地促进现代工业、农业、航天事业等飞速发展和科学技术的不断进步,加快国民经济的发展步伐;才会很好地保护好环境,达到清洁生产;才会在世界经济一体化进程中保持发展优势。但是,目前我国机械制造的整体工艺水平与工业先进国家相比还有明显的差距,这就需要我们工程技术人员深入地研究有关金属材料与非金属材料及其加工工艺理论,不断地学习和认识新技术、新工艺、新设备和新材料,为提高我国机械制造工艺水平而努力。

“金属工艺学”比较系统地介绍了金属材料的种类、加工过程、性能和应用方面的基础知识,是融汇多种专业基础知识为一体的专业技术基础课,是培养从事机械制造行业应用型、管理型、操作型与复合型人才的一必修课程,同时对于培养学生的综合工程素质、技术应用能力、经济意识和创新能力也是非常有益的。在内容编写方面通俗易懂,注重对学生积极进行启发和引导,培养其探索精神和学习归纳能力。在学习本课程时,要多联系在金属材料方面的感性知识和生活经验,要多讨论、多交流、多分析和多研究,特别是在实习中要多观察、勤实践,做到理论联系实际,这样才能更好地综合学好系列教材中的知识,做到全面发展。

学习本课程的基本要求是:

- (1) 了解常用金属材料的牌号性能和用途。
- (2) 理解常用热处理工艺的原理、特点及应用。
- (3) 了解零件的各种加工工艺的基本原理和特点,并初步具有综合选择零件毛坯及其加工方法的能力。
- (4) 了解各种加工方法所用设备(工具)的工作原理和应用范围,掌握一些主要设备和工具的基本操作方法。
- (5) 了解各种加工工艺对零件结构的工艺性的一般要求,做到灵活应用。
- (6) 了解与本课程有关的新技术、新工艺、新设备、新材料的发展概况。

第一章 金属材料与机械制造过程概述

金属材料是现代工农业生产中使用最广的机械工程材料。对于从事机械制造、工程建设等方面的人员来说,了解金属材料的分类及机械制造生产过程具有非常重要的意义。

第一节 金属材料的分类

金属是指具有良好的导电性和导热性,有一定的强度和塑性并具有光泽的物质,如铁、铝和铜等。金属材料是由金属元素或以金属元素为主组成的并具有金属特性的工程材料,它包括纯金属和合金两类。

纯金属在工农业生产中虽然具有一定的用途,但是由于其强度、硬度一般都较低,而且冶炼困难,价格较高,因此在使用上受到较大限制。目前,在工农业生产中广泛使用的主要是合金材料。

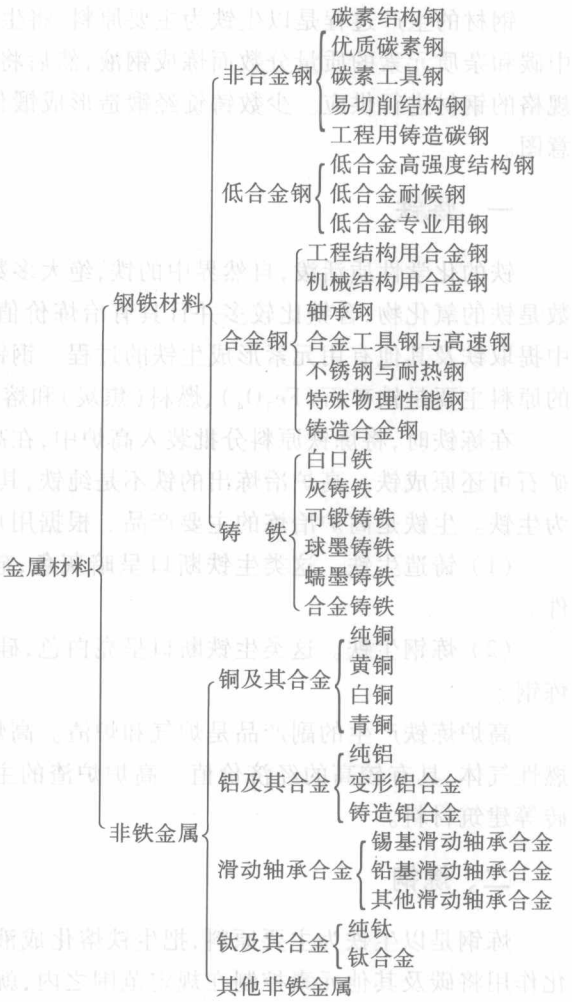
合金是指两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素组成的金属材料。例如,普通黄铜是由铜和锌两种金属元素组成的合金,非合金钢是由铁和碳组成的合金。与组成合金的纯金属相比,合金除具有更好的力学性能外,还可通过调整组成元素之间的比例,以获得一系列性能各不相同的合金,从而满足工农业生产上不同的性能要求。

金属材料,尤其是钢铁材料在国民经济建设的各个方面都有着重要作用,这是由于它具有比其他材料更优越的性能,如物理性能、化学性能、力学性能及工艺性能等,能够适应生产和科学技术发展的需要。金属材料通常可分为钢铁材料和非铁金属两大类(表 1-1)。

1. 钢铁材料

以铁或以铁为主而形成的物质,称为钢铁

表 1-1 金属材料的分类



材料(或称黑色金属),如钢和生铁。

2. 非铁金属

除钢铁材料以外的其他金属,都称为非铁金属(或称有色金属),如铜、铝和镁等。

除常用金属材料外,在国民经济建设中还出现了许多新型的高性能金属材料,如非晶态金属材料、纳米金属材料、单晶合金以及新型金属功能材料(永磁合金、形状记忆合金、超塑性金属、超细金属隐身材料)等。

第二节 钢铁材料生产过程概述

钢铁材料是铁和碳的合金。钢铁材料按其碳的质量分数 w_c (含碳量) 进行分类,包括工业纯铁 ($w_c < 0.0218\%$)、钢 ($w_c = 0.0218\% \sim 2.11\%$) 和生铁 ($w_c > 2.11\%$)。

生铁由铁矿石经高炉冶炼而得,它是炼钢和铸造的主要原材料。

钢材的生产过程是以生铁为主要原料,将生铁装入高温的炼钢炉里,通过氧化作用降低生铁中碳和杂质元素的质量分数而炼成钢液,然后将钢液铸成铸锭,铸锭经热轧或冷轧后,制成不同规格的钢材进行供应。少数铸锭经锻造形成锻件后进行供应。图 1-1 为钢铁材料生产过程示意图。

一、炼铁

铁的化学性质活泼,自然界中的铁,绝大多数是以含铁化合物形式存在的。炼铁用的原料多数是铁的氧化物,含铁比较多并且具有冶炼价值的矿物称为铁矿石。炼铁的实质就是从铁矿石中提取铁及其他有用元素形成生铁的过程。钢铁工业生产铁的主要方法是高炉炼铁。高炉炼铁的原料主要是铁矿石 (Fe_3O_4)、燃料(焦炭)和熔剂(石灰石)。

在炼铁时,将炼铁原料分批装入高炉中,在高温和压力的作用下,经过一系列的化学反应,铁矿石可还原成铁。高炉冶炼出的铁不是纯铁,其中还含有碳、硅、锰、硫、磷等杂质元素,这种铁称为生铁。生铁是高炉冶炼的主要产品。根据用户的不同需要,生铁可分为以下两类:

(1) 铸造生铁。这类生铁断口呈暗灰色,硅的质量分数较高,用于机械制造厂生产各种铸件。

(2) 炼钢生铁。这类生铁断口呈亮白色,硅的质量分数较低 ($w_{\text{Si}} < 1.5\%$),用来在炼钢炉中炼钢。

高炉炼铁产生的副产品是炉气和炉渣。高炉排出的炉气中含有大量的 CO 、 CH_4 和 H_2 等可燃性气体,具有较高的经济价值。高炉炉渣的主要成分是 CaO 、 SiO_2 ,可用来制造水泥、渣棉和渣砖等建筑材料。

二、炼钢

炼钢是以生铁为主要原料,把生铁熔化成液体,或直接将铁液注入高温的炼钢炉中,利用氧化作用将碳及其他元素控制在规定的范围之内,就得到了钢。

1. 炼钢方法

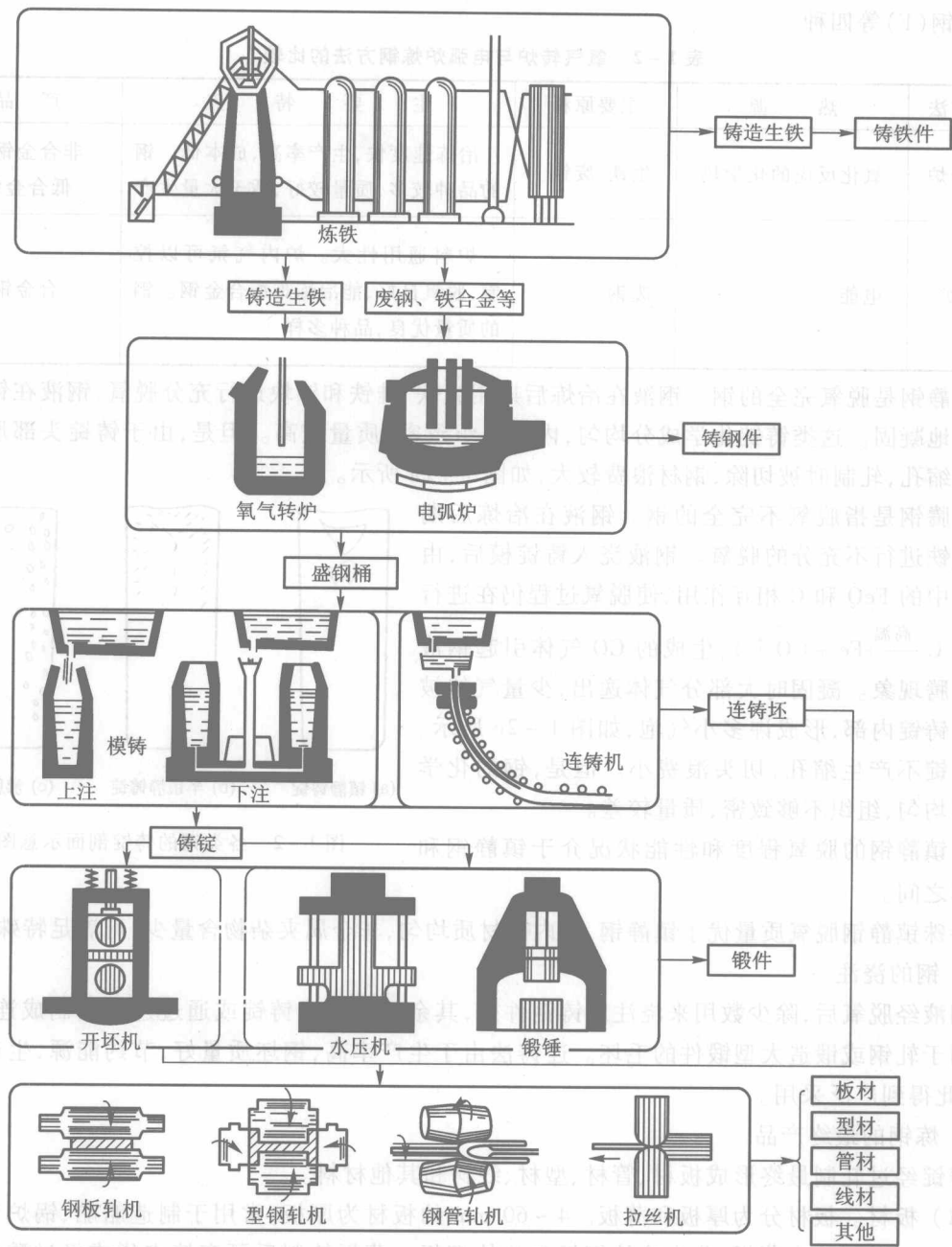


图 1-1 钢铁材料生产过程示意图

现代炼钢方法主要有氧气转炉炼钢法和电弧炉炼钢法,这两种炼钢方法的热源及特点比较列于表 1-2。

2. 钢的脱氧

钢液中的过剩氧气与铁生成氧化物,对钢的力学性能会产生不良的影响,因此,必须在浇注前对钢液进行脱氧。按脱氧程度的不同,钢可分为特殊镇静钢(TZ)、镇静钢(Z)、半镇静钢(b)

和沸腾钢(F)等四种。

表 1-2 氧气转炉与电弧炉炼钢方法的比较

炼钢方法	热 源	主要原料	主 要 特 点	产 品
氧气转炉	氧化反应的化学热	生铁、废钢	冶炼速度快,生产率高,成本低。钢的品种较多,质量较好,适于大量生产	非合金钢和低合金钢
电弧炉	电能	废钢	炉料通用性大。炉内气氛可以控制,脱氧良好,能冶炼难熔合金钢。钢的质量优良,品种多样	合金钢

镇静钢是脱氧完全的钢。钢液在冶炼后期用锰铁、硅铁和铝块进行充分脱氧,钢液在铸锭模内平静地凝固。这类铸锭化学成分均匀,内部组织致密,质量较高。但是,由于铸锭头部形成相当深的缩孔,轧制时被切除,钢材浪费较大,如图 1-2a 所示。

沸腾钢是指脱氧不完全的钢。钢液在冶炼后期仅用锰铁进行不充分的脱氧。钢液浇入铸锭模后,由于钢液中的 FeO 和 C 相互作用,使脱氧过程仍在进行 ($\text{FeO} + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$),生成的 CO 气体引起钢液产生沸腾现象。凝固时大部分气体逸出,少量气体被封闭在铸锭内部,形成许多小气泡,如图 1-2c 所示。这类铸锭不产生缩孔,切头浪费小。但是,钢的化学成分不均匀,组织不够致密,质量较差。

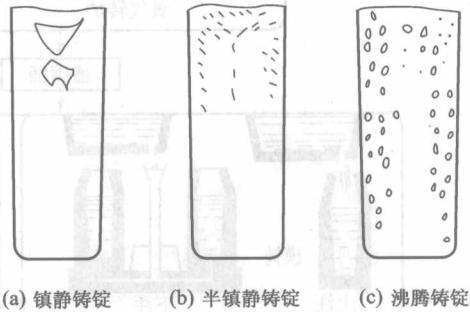


图 1-2 各类钢的铸锭剖面示意图

半镇静钢的脱氧程度和性能状况介于镇静钢和沸腾钢之间。

特殊镇静钢脱氧质量优于镇静钢,其内部材质均匀,非金属夹杂物含量少,可满足特殊需要。

3. 钢的浇注

钢液经脱氧后,除少数用来浇注成铸钢件外,其余都浇注成铸锭或通过连铸法制成连铸坯。铸锭用于轧钢或锻造大型锻件的毛坯。连铸法由于生产率高,钢坯质量好,节约能源,生产成本低,因此得到广泛采用。

4. 炼钢的最终产品

铸锭经过轧制最终形成板材、管材、型材、线材和其他材料。

(1) 板材。板材分为厚板和薄板。4~60 mm 的板材为厚板,常用于制造船舶、锅炉和压力容器;4 mm 以下的为薄板,分为冷轧钢板和热轧钢板。薄板轧制后可直接交货或经过酸洗镀锌或镀锡后交货使用。

(2) 管材。管材分为无缝钢管和有缝钢管两种。无缝钢管用于石油、锅炉等行业;有缝钢管是用带钢焊接制成的,用于制作煤气管道、自来水管等。采用焊接方法制作的钢管生产率较高、成本低,但质量和性能与无缝钢管相比稍差些。

(3) 型材。型材常用的有方钢、圆钢、扁钢、角钢、工字钢、槽钢、钢轨等。

(4) 线材。线材是用圆钢经过冷拔而成的。其中的高碳钢丝用于制作弹簧丝或钢丝绳,低

碳钢丝用于捆绑或编织等。

(5) 其他材料。其他材料主要是指要求具有特种形状与尺寸的异形钢材,如车轮轮箍、齿轮轮坯等。

第三节 机械制造过程概述

机械产品的制造过程一般分为设计、制造与使用三个阶段,如图 1-3 所示。

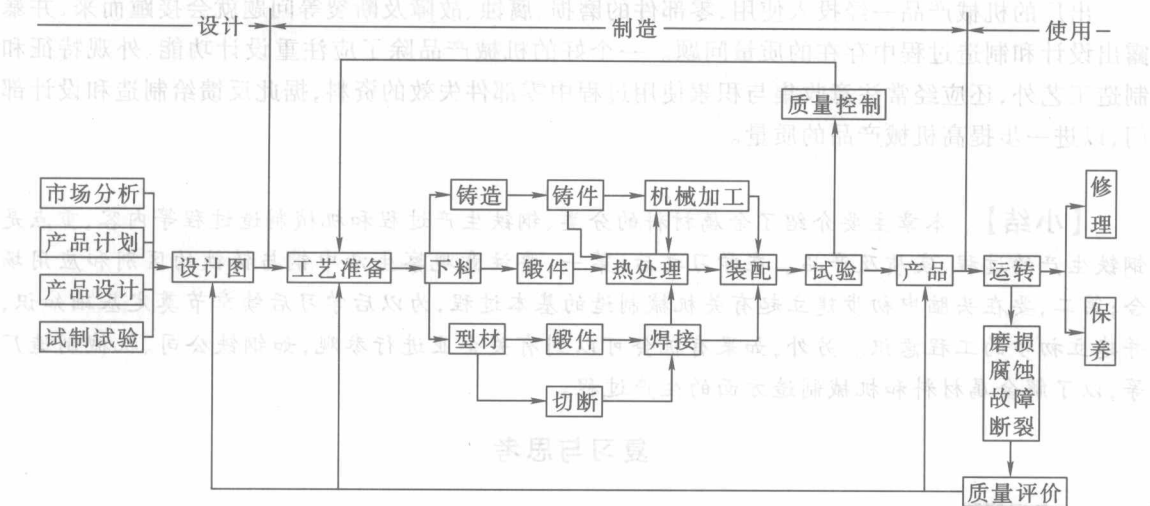


图 1-3 机械产品制造过程的三个阶段

一、设计阶段

在设计阶段首先要从市场调查、产品性能、生产数量等方面出发,制定出产品的研制开发规划。在设计时先进行总体设计,再进行部件设计,画出总装配图、部件图和零件图。然后根据机械零件的使用条件、场合、性能及环境保护要求等,选择合理的材料及加工方法。不同的机械产品有不同的性能要求,如汽车必须满足动力性能、控制性能、操纵性、安全性,以及使用起来舒适、燃料消耗率低、噪声小等要求。在满足了产品性能和成本要求的前提下,由工艺部门编制工艺规程或工艺图,并交付生产。

设计人员在设计零件时,应根据机械产品的使用场合、工作条件等选择零件的材料和决定加工方法。例如,在高温氧化性气氛环境中工作的受力零件,应选择耐热性高的耐热钢;如果零件的形状复杂,则应选择铸造生产。同时,在设计过程中要特别重视零件的使用性能、使用条件、材质及其加工方法的统一。

二、制造阶段

生产部门根据工艺规程与机械零件图进行制造,然后进行装配。通常,不能根据设计图直接进行零件加工,而应根据设计图绘制出零件制造图,再按制造图进行零件加工。这是由于设计图