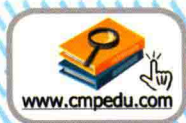


高职高专规划教材

金属工艺学

王英杰 张芙丽 主编

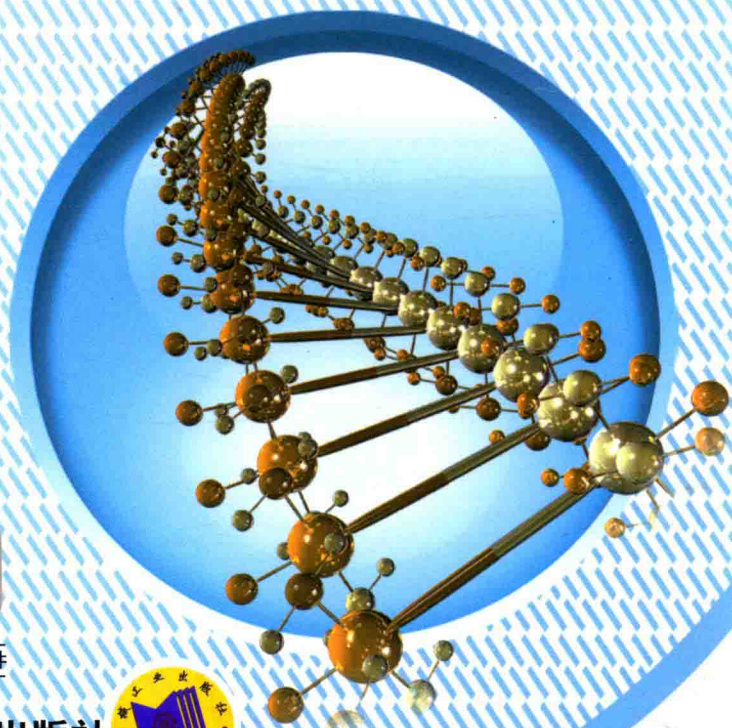
JINSHU
GONGYIXUE



配电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专规划教材

金属工艺学

主 编	王英杰	张芙丽
副主编	金 升	王成国
参 编	张雅琴	杜 力
	王美玉	张 颖
主 审	郭晓平	



机械工业出版社

本书是为了适应高等职业技术教育的发展需要而编写的。全书共9章,主要阐述了金属材料基础知识、钢的热处理、钢铁材料、非铁金属及其合金、非金属材料、铸造、金属压力加工、焊接、切削加工基础知识等。

本书具有以下特点:第一,注重在理论知识、素质、能力、技能等方面对学生进行全面的培养;第二,注重吸取现有相关教材的优点,充实新知识、新工艺、新技术等内容,简化过多的理论介绍,采用最新标准;第三,突出职业技术教育特色,做到图解直观形象,理论联系实际,加强学生实践技能和综合应用能力的培养;第四,通过教学活动培养学生的工程意识、经济意识、管理意识和环保意识;第五,注重文字叙述精炼,通俗易懂,总结归纳提纲挈领;第六,每章配备了各类复习思考题、交流与研讨题、课外调研活动等,引导学生积极思维,造就师生相互交流与研讨的气氛,培养学生观察、探索、分析以及应用理论知识的能力。

本书主要面向高等职业技术教育的工科学生。此外,还可作为机械类、近机类等中等专业学校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,张芙丽主编. —北京:机械工业出版社,2010.8 (2013.2重印)
高职高专规划教材
ISBN 978-7-111-31622-0

I. ①金… II. ①王…②张… III. ①金属加工-工艺学-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TG

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第162224号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:王海峰 于奇慧 责任编辑:于奇慧
版式设计:霍永明 责任校对:吴美英
封面设计:陈沛 责任印制:张楠
北京京丰印刷厂印刷
2013年2月第1版·第4次印刷
184mm×260mm·17.25印张·423千字
10 001—13 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-31622-0
定价:33.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

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》等文件及根据高职高专教育人才培养目标的要求而编写的,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、技能培养、创新教育和创业教育的需要,建立具有中国特色的现代化高等职业教育课程体系的精神,针对目前高等职业技术教育缺少满足金属工艺学课程教学新要求的教材,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,并且在编写过程中积极汲取各种现有教材的精华,对新的金属工艺学教材进行了科学合理的编写。

知识经济时代迫切需要具有综合素质高、实践能力强和创新能力突出的职业技术人才,这就需要我们采用科学合理的教学模式,提高人的综合素质和职业技能。能力教育与素质教育实际上是同一个问题的两个不同侧面和不同表述。素质本质上是能力的基础,能力则是素质的外在表现,素质诉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、观察、确证和把握。

另外,突出能力教育必须以人的素质与能力为基础和核心,强调重视学习方法和掌握知识,学会运用知识进行创造性的思考和实践,学会把知识有效地转化为素质和能力。高等职业教育不仅要加强基础知识的学习,而且还要使学生有更大的柔性(或可持续发展能力)。“柔性”就是给予每个在校学生更大的发展空间和深层的受教育机会和能力,以适应未来职业生涯中的工作岗位需求和岗位变换。

本教材的教学目标是:

- (1) 了解常用金属材料的牌号、性能、用途、加工工艺方法和一般选用原则。
- (2) 了解常用非金属材料的分类、性能和用途。
- (3) 理解常用热处理工艺的特点及应用,熟悉典型零件的热处理方法。
- (4) 初步具有选择毛坯和编制零件加工工艺规程的基本能力。
- (5) 了解主要加工方法所用设备(或工具),掌握部分设备(或工具)的基本操作方法。
- (6) 了解各种加工工艺方法对零件结构工艺性的一般要求,丰富实践经验,做到灵活应用。
- (7) 重视零件制造成本的经济性,树立环境保护意识,贯彻清洁生产思想。培养学生的创业意识和创业能力,为其创业奠定良好的基础知识和基本经验。
- (8) 强化实践教学,提高学生的动手能力和实践技能;培养综合应用能力,引导学生学会应用所学的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。
- (9) 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;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;适应信息社会发展需要,培养学生的信息素养,引导学生善于利用现代

信息技术拓宽知识面，了解更多的相关知识。

本教材在内容编写方面尽量做到布局合理、丰富、新颖和趣味性；在文字介绍方面尽量做到精炼、准确、通俗易懂，插图形象生动；在内容组织方面尽量注意逻辑性、系统性、文化特性和趣味性，突出实践性和适用性，注重理论与实际相结合；在时代性方面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。每章有较全面的各种类型的复习题，供学生自学时自我检查。

本教材除可供高等职业技术教育院校使用外，还可作为工科中等职业教育、成人教育和机械类中高级技术工人的培训教材，也可作为有关人员的参考书。

本教材建议课时（总课时 60 学时）分配如下表：

章	建议课时	章	建议课时	章	建议课时
第一章	10	第四章	4	第七章	6
第二章	6	第五章	4	第八章	6
第三章	6	第六章	6	第九章	12
小计	22		14		24
总计	60				

本书主编为王英杰、张芙丽；副主编为金升、王成国。全书由王英杰拟定编写提纲和统稿。具体分工为：绪论、第二章和第八章由山西大学职业技术学院王英杰编写；第三章由山西大学职业技术学院王美玉编写；第四章由山西大学职业技术学院杜力编写；第五章由太原科技大学生物工程学院张雅琴编写；第六章由浙江师范大学职业技术学院金升编写；第七章由太原铁路机械学校张颖编写；第一章由太原铁路机械学校王成国编写；第九章由兰州交通大学张芙丽编写。本书由高级工程师郭晓平审稿。

由于编写时间及编者水平有限，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

目 录

前言

绪论 1

第一章 金属材料基础知识 4

第一节 金属材料的分类 4

第二节 钢铁材料生产过程概述 5

第三节 机械制造过程概述 8

第四节 金属材料的性能 9

第五节 金属材料的晶体结构 21

第六节 纯金属的结晶过程 25

第七节 金属材料的同素异构转变 27

第八节 合金的晶体结构与结晶过程 28

第九节 金属材料的铸锭组织特征 31

第十节 铁碳合金相图 32

复习与思考 38

第二章 钢的热处理 42

第一节 钢在加热时的组织转变 43

第二节 钢在冷却时的组织转变 46

第三节 退火与正火 48

第四节 淬火 51

第五节 回火 56

第六节 金属的时效 57

第七节 表面热处理与化学热处理 58

第八节 热处理新技术简介 63

第九节 热处理工艺应用 64

复习与思考 66

第三章 钢铁材料 69

第一节 杂质元素对钢材性能的影响 69

第二节 非合金钢的分类、牌号及用途 71

第三节 合金元素在钢材中的作用 77

第四节 低合金钢和合金钢的分类、 牌号及用途 79

第五节 铸铁的分类、牌号及用途 91

复习与思考 99

第四章 非铁金属及其合金 103

第一节 铝及铝合金 103

第二节 铜及铜合金 108

第三节 钛及钛合金 111

第四节 滑动轴承合金 113

第五节 硬质合金 115

复习与思考 117

第五章 非金属材料 119

第一节 高分子材料 119

第二节 陶瓷材料 130

第三节 复合材料 132

复习与思考 136

第六章 铸造 138

第一节 砂型铸造 138

第二节 铸造工艺图 144

第三节 合金的铸造性能 147

第四节 铸件结构工艺性 150

第五节 特种铸造简介 151

第六节 铸造新技术简介 154

复习与思考 156

第七章 金属压力加工 157

第一节 金属压力加工概述 157

第二节 金属锻造工艺 162

第三节 自由锻造工艺过程设计基础 167

第四节 锻造结构工艺性 169

第五节 冲压 171

第六节 金属压力加工新技术简介 175

复习与思考 177

第八章 焊接 179

第一节 焊接概述 179

第二节 焊条电弧焊 180

第三节 气焊与气割 188

第四节 其他焊接方法简介 193

第五节 常用金属材料的焊接 196

第六节 焊接应力、焊接变形及焊接 缺陷 199

第七节 焊接结构工艺性 202

第八节 焊接新技术简介 204

复习与思考 205

第九章 切削加工基础知识 207

第一节 切削加工运动及切削要素 207

第二节	切削刀具	209	第十节	圆柱齿轮齿形加工方法	239
第三节	金属切削过程中的物理现象	213	第十一节	光整加工简介	242
第四节	金属切削机床的分类和编号	215	第十二节	特种加工方法简介	245
第五节	车床及车削加工	217	第十三节	数控加工简介	248
第六节	钻床及钻削加工、镗床及镗削加工、 拉床及拉削加工	226	第十四节	零件结构的切削加工工艺性 简介	252
第七节	刨床及刨削加工、插床及 插削加工	230	第十五节	先进制造技术简介	254
第八节	铣床及铣削加工	232	第十六节	机械加工工艺过程简介	257
第九节	磨床及磨削加工	235	复习与思考	263	
			参考文献	267	

绪 论

材料是社会发展的物质基础，人类利用材料制作了生产与生活中使用的工具、设备及设施，不断改善了自身的生存环境与空间，创造了丰富的物质文明和精神文明，因此，材料同人类社会的发展密切相关。同时，历史学家为了科学地划分人类在各个社会发展阶段的文明程度，就以材料的生产和使用作为人类文明进步的尺度。以材料为标志，人类社会经历了石器时代（公元前 10 万年）、陶器时代（公元前 8000 年）、青铜器时代（公元前 5000 年）、铁器时代（公元前 1000 年）、水泥时代（公元元年）、钢时代（公元 1800 年）、硅时代（公元 1950 年）、新材料时代（公元 1990 年）等，可以看出，人类使用材料的足迹经历了从低级到高级、从简单到复杂、从天然到合成的过程，目前人类已进入金属（如钛金属）、高分子、陶瓷及复合材料共同发展的时代。

在材料的使用及其加工过程中，金属材料的生产和应用是人类社会发展的重要里程碑，它象征着人类在征服自然、发展社会生产力方面迈出了具有历史意义的一步，促进了整个社会生产力的快速发展。尤其是进入铁器时代，特别是大规模生产钢铁工艺的出现，金属材料在人类生活中占据了重要地位，人类社会的经济活动和科学技术水平发生了显著变化。

金属材料广泛应用于机械装备制造、建筑（图 0-1）、石油、交通运输、国防建设（图 0-2）、航空航天等行业，并且随着金属材料大规模生产及其消耗量的急剧上升，极大地促进了人类社会经济与科学技术的飞速发展。今天，如果没有耐高温、高强度、高性能的高温合金及钛合金等金属材料，就不可能有现代宇航工业的发展。当今社会人类科学技术的发展与进步以及整个社会的生活与生产活动，如果离开金属材料，那是不堪设想的。

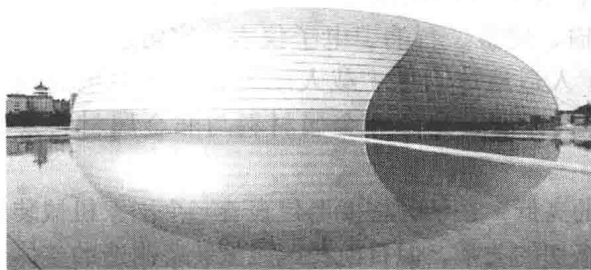


图 0-1 国家大剧院



图 0-2 航空母舰

随着金属材料的广泛使用，地球上现有的金属矿产资源也越来越少。据估计，铁、铝、铜、锌、银、锡等几种主要金属的储量，只能再开采 100 ~ 300 年。怎么办呢？一是向地壳的深部要金属；二是向海洋要金属；三是节约金属材料，寻找它的代用品。目前，世界各国都在积极采取措施，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。如轻体汽车的设计,就是利用高强度钢材达到减轻汽车自重、节约金属材料和省油目的。

20 世纪中叶,随着科技的发展、社会环保意识的加强及生产的特殊需求,出现了越来越多的非金属材料。非金属材料的使用,不仅满足了机械工程中的特殊需求,而且还大大简化了机械制造的工艺过程,降低了机械制造成本,提高了机械产品的使用性能。其中比较突出的非金属材料就是塑料、陶瓷与复合材料等。目前它们所具有的特殊性能不断地得到广大工程技术人员认可,而且其应用范围在不断地扩大,正在逐步地改变着金属材料占绝对主导地位的局面。

目前,机械零件的加工技术出现了日新月异的发展。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,如计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)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,了解材料的性能、应用、加工工艺过程以及与之相关的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,而且还能培养机械零件生产的质量意识、经济意识、环保意识、创新意识,做到机械生产过程高质、高效、清洁和安全,并合理地降低生产成本。同时,对于从事现代机械制造行业的技术人员来讲,学习本课程的有关知识对于提高自身素质,更好地适应现代化生产以及知识经济社会也具有很好的指导意义和必要性。

我国是历史上使用和加工金属材料最早的国家之一。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、淬火等多种金属材料的加工工艺方法。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《天工开物》一书是世界上有关金属加工工艺方法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,为人类文明作出了巨大的贡献。

新中国成立后,我国在金属材料、非金属材料及其加工工艺理论研究方面有了很大的提高,在 2008 年我国钢铁产量突破 5 亿 t,成为国际钢铁市场上举足轻重的“第一力量”,推动了机械制造、矿山冶金、交通运输、建筑、石油、电子仪表、宇宙航行等行业的发展。原子弹、氢弹、导弹的试验成功,人造地球卫星、载人航天和探月卫星的成功发射,纳米材料和功能材料的研究与开发等,标志着我国在金属材料与非金属材料及其加工工艺方面都达到了新的水平。

金属材料与非金属材料的加工工艺技术的高低,在某种程度上代表着一个国家机械装备的制造水平,并与国民经济的快速发展有着密切的关系。但目前我国机械装备制造的整体工艺水平还比较落后,与工业先进国家相比还有明显的差距,非常需要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,为进一步提高我国机械装备制造工艺水平而努力。

《金属工艺学》教材具有内容广、实践性强和综合性突出的特点,比较系统地介绍了金属材料与非金属材料的分类、性能、加工工艺方法及其应用范围等知识。该课程是融汇多种专业基础知识为一体的专业技术基础课,是培养从事机械装备制造行业应用型、管理型、操作型及复合型人才的一必修课程。我们在内容编写方面注重体现通俗易懂和趣味性;在教学方

式上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。学习该课程对于培养自身的综合职业素质、经济意识、环保意识、创业意识和创新能力非常有益。同学们在学习本课程时，一定要多联系自己在金属材料和非金属材料方面的感性知识和生活经验，多讨论、多交流、多分析和多研究，特别是在实习中要多观察，勤于实践，做到理论联系实际，这样才能更好地学好教材中的基础知识，做到融会贯通，全面发展。

第一章 金属材料基础知识

【学习目标与学习方法】

本章主要介绍金属材料的分类、钢铁生产过程和机械产品制造过程；介绍金属材料的常用性能指标和使用范围；介绍金属材料的晶体结构、结晶过程、同素异晶转变、铸锭组织等知识；介绍铁碳合金的基本组织、铁碳合金相图及其应用等内容。学习的重点是基本概念与分类、炼铁与炼钢的实质；性能测试指标及其应用；微观结构和组织特征；铁碳合金基本组织及铁碳合金相图。学习过程中，第一，要准确理解有关概念；第二，要在头脑中初步建立起有关金属材料成形加工的基本过程；第三，理解微观结构与微观组织特征，对金属宏观性能的影响；第四，要善于用学到的知识对日常生活中的现象进行分析和思考，试一试能否用学到的理论知识对遇到的实际问题或现象进行科学地解释，如“冰冻三尺非一日之寒”、“雪花是如何形成的？”、“为什么雪花融化后会形成粉末沉淀现象？”等都可以用本单元学到的知识去分析和解释；第五，本单元涉及的知识面广，为了巩固所学的知识，要学会对所学的知识进行分类、归纳和整理，提高学习效率。

金属材料是现代工业、建筑及国防建设中使用最广的工程材料。对于从事机械制造、工程建设及国防建设等方面的人员来说，了解金属材料方面的相关知识具有重要意义。

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，其他金属或非金属为辅构成的，并具有金属特性的工程材料，它包括纯金属和合金两类。

纯金属在工业生产中虽具有一定的用途，但由于其强度、硬度一般都较低，且冶炼技术复杂，价格较高，因此在使用上受到较大的限制。目前广泛使用的是合金状态的金属材料。

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，碳素钢是由铁和碳组成的合金，合金钢是由铁、碳和合金元素组成的合金。与纯金属相比，合金除具有更好的力学性能外，还可以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，从而满足不同的性能要求。

【想一想】 纯金的纯度是99.99%，用24K表示；含金量（质量分数）是49.99%的黄金用12K表示。那么，18K的黄金其含金量是多少？12K的黄金和18K的黄金是合金吗？查一查资料，它们主要含有什么元素？

金属材料，尤其是钢铁材料在国民经济中有重要的作用，这主要是由于金属材料具有比其他材料优越的性能，如物理性能、化学性能、力学性能及工艺性能等，能够满足生产和科

学技术发展的需要。金属材料通常还可分为钢铁材料和非铁金属两大类,如图 1-1 所示。

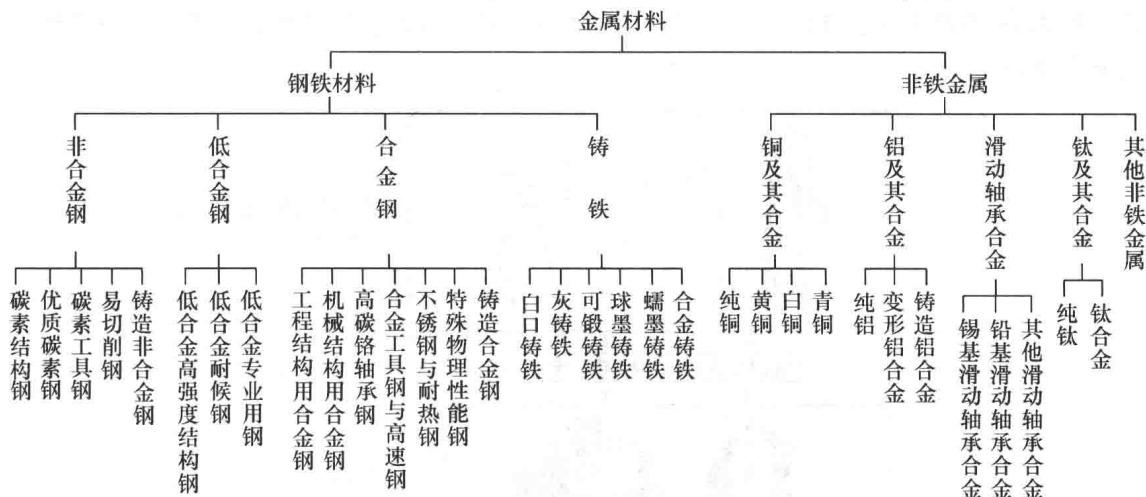


图 1-1 金属材料分类

1. 钢铁材料

以铁或以铁为主而形成的金属材料,称为钢铁材料(或称黑色金属),如各种钢材和铸铁。

2. 非铁金属

除钢铁材料以外的其他金属材料,统称为非铁金属(或称有色金属),如铜、铝、镁、锌、钛、锡、铅、铬、钼、钨、镍等。

除此之外,还出现了许多新型的具有特殊性能的金属材料,如粉末冶金材料、非晶态金属材料、纳米金属材料、单晶合金、超导合金以及新型的金属功能材料(如永磁合金、高温合金、形状记忆合金、超细金属隐身材料、超塑性金属材料、储氢合金)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 $w(\text{C})$ (含碳量) 进行分类,可分为工业纯铁 [$w(\text{C}) < 0.021\ 8\%$]; 钢 [$w(\text{C}) = 0.021\ 8\% \sim 2.11\%$] 和白口铸铁或生铁 [$w(\text{C}) > 2.11\%$]。

生铁由铁矿石经高炉冶炼而得,它是炼钢和铸件生产的主要原材料。

钢材生产以生铁为主要原料,首先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的质量分数,获得所需要的钢液,然后将钢液浇铸成钢锭或连铸坯,再经过热轧或冷轧后,制成各种类型的型钢。图 1-2 所示为钢铁材料生产过程示意图。

【炼铁与炼钢的历史】 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 年在河北兴隆地区发掘出的用来铸造农具的铁模子,说明当时铁制农具已大量地应用于农业生产中。我国古代还创造了三种炼钢方法:第一种是战国晚期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，这种炼钢技术的出现比其他国家早1 600多年。直到明朝之前的2 000多年间，我国在钢铁生产技术方面一直遥遥领先于世界。

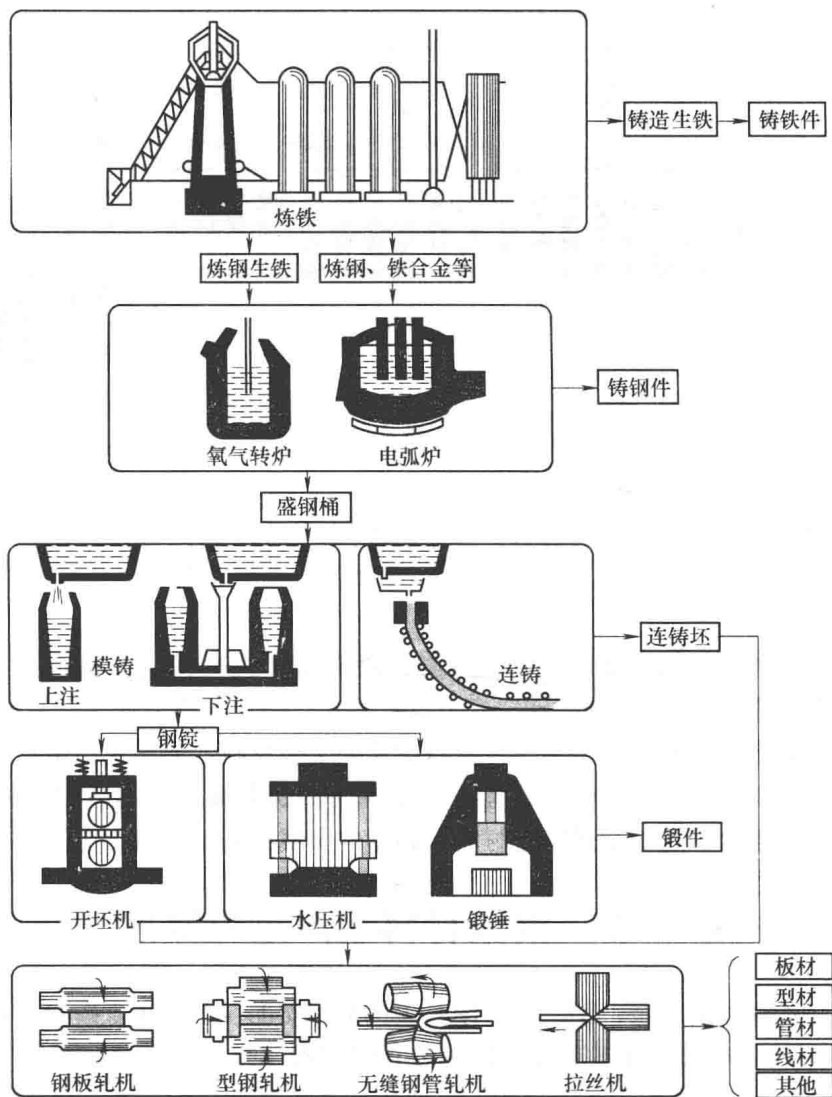


图 1-2 钢铁材料生产过程示意图

一、炼铁

炼铁用的原料主要是含铁的氧化物。含铁比较多且有冶炼价值的矿物有赤铁矿石、磁铁矿石、菱铁矿石、褐铁矿石等。铁矿石中除了含有铁的氧化物以外，还含有硅、锰、硫、磷等元素的氧化物杂质，这些杂质称为脉石。炼铁的实质就是从铁矿石中提取铁及其有用元素并形成生铁的过程。现代炼铁的主要方法是高炉炼铁。高炉炼铁的炉料主要是铁矿石、燃料（焦炭）和熔剂（石灰石）。

焦炭作为炼铁的燃料，一方面为炼铁提供热量，另一方面焦炭在不完全燃烧时所产生的CO，又作为使氧化铁和其他金属元素还原的还原剂。熔剂的作用是使铁矿石中的脉石和焦

炭燃烧后的灰分转变成密度小、熔点低和流动性好的炉渣（漂浮在钢液表面），并使之与铁液分离。常用的熔剂是石灰石（ CaCO_3 ）。

炼铁时需要将炼铁原料分批分层装入高炉中，在高温和压力的作用下，经过一系列的化学反应，将铁矿石还原成铁。高炉冶炼出的铁不是纯铁，其中含有碳、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，生铁可分为两类：铸造生铁和炼钢生铁。铸造生铁的断口呈暗灰色，硅的质量分数较高，主要用于生产复杂形状的铸件。炼钢生铁的断口呈亮白色，硅的质量分数较低（ $w(\text{Si}) < 1.5\%$ ），用来炼钢。

高炉炼铁产生的副产品主要是炉气和炉渣。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，可以回收利用。高炉炉渣的主要成分是 CaO ， SiO_2 ，也可以回收利用，用于制造水泥、渣棉和渣砖等建筑材料。

二、炼钢

炼钢以生铁（铁液或生铁锭）和废钢为主要原料，此外，还需要加入熔剂（石灰石、氟石）、氧化剂（ O_2 、铁矿石）和脱氧剂（铝、硅铁、锰铁）等。炼钢的主要任务是把生铁熔化成液体，或直接将高炉铁液注入高温炼钢炉中，利用氧化作用将碳及其他杂质元素减少到规定的化学成分范围之内，以获得需要的钢材。所以，用生铁炼钢实质上是一个氧化过程。

1. 炼钢方法

现代炼钢方法主要有氧气转炉炼钢法和电弧炉炼钢法。各种炼钢方法的热源及生产特点比较列于表 1-1。

表 1-1 氧气转炉炼钢法和电弧炉炼钢法的比较

炼钢方法	热 源	主要原料	主 要 特 点	产 品
氧气转炉炼钢法	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，适合于大量生产	非合金钢和低合金钢
电弧炉炼钢法	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

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处理。按钢液脱氧程度的不同，钢可分为特殊镇静钢（TZ）、镇静钢（Z），半镇静钢（b）和沸腾钢（F）四种。

（1）镇静钢（Z）指脱氧完全的钢。钢液冶炼后期用锰铁、硅铁和铝块进行充分脱氧，钢液在钢锭模内平静地凝固。这类钢锭的化学成分均匀，内部组织致密，质量较高。但由于钢锭头部形成较深的缩孔，轧制时需要切除，因此，钢材浪费较大，如图 1-3a 所示。

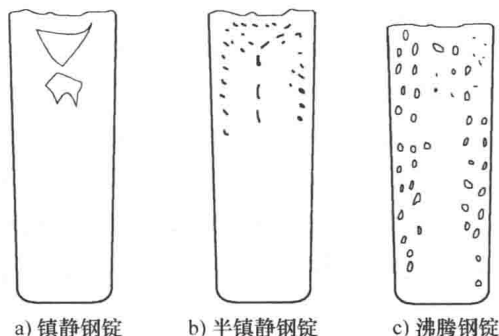


图 1-3 镇静钢锭、半镇静钢锭和沸腾钢锭

(2) 沸腾钢 (F) 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。钢液浇入钢锭模后, 钢液中的 FeO 和碳相互作用, 脱氧过程仍在进行 ($\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$), 生成的 CO 气体引起钢液沸腾现象, 故称沸腾钢。钢液凝固时大部分气体逸出, 少量气体被封闭在钢锭内部, 形成许多小气泡, 如图 1-3c 所示。这类钢锭缩孔较小, 切头浪费少。但是, 钢的化学成分不均匀, 组织不够致密, 质量较差。

(3) 半镇静钢 (b) 其脱氧程度和性能状况介于镇静钢和沸腾钢之间。

(4) 特殊镇静钢 (TZ) 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, 能满足特殊需要。

3. 钢的浇铸

钢液经脱氧后, 除少数用来浇铸成铸钢件外, 其余都浇铸成钢锭或连铸坯。钢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

钢锭经过轧制最终形成板材、管材、型材、线材及其他类型的材料。

(1) 板材 板材一般分为厚板和薄板。4 ~ 60mm 为厚板, 常用于造船、锅炉和压力容器; 4 mm 以下为薄板, 分为冷轧和热轧钢板。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而成, 用于制作煤气及自来水管等。焊接钢管生产率较高、成本低, 但质量和性能与无缝钢管相比稍差些。

(3) 型材 常用的型材有方钢、圆钢、扁钢、角钢、工字钢、槽钢、钢轨等。

(4) 线材 线材是用圆钢或方钢经过冷拔而成的。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, 如车轮箍、齿轮坯等。

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、制造和使用三个阶段, 如图 1-4 所示。

一、设计阶段

机械产品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, 制定出产品的开发计划。在设计时首先进行总体设计, 再进行部件设计, 并画出装配图和零件图。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, 选择合适的材料和合理的加工方法。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、维护与维修方便等要求。在满足了产品性能和成本要求的前提下, 则由工艺部门编制生产加工工艺规程或工艺图, 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制作材料和加工方法。例如, 在高温氧化性气氛环境中工作的受力零件, 应选择耐热性好的耐热钢;

如果零件的形状复杂,则应选择铸造方式进行生产。同时,在设计过程中要特别重视零件的使用性能、使用条件、材质以及加工方法的协调。

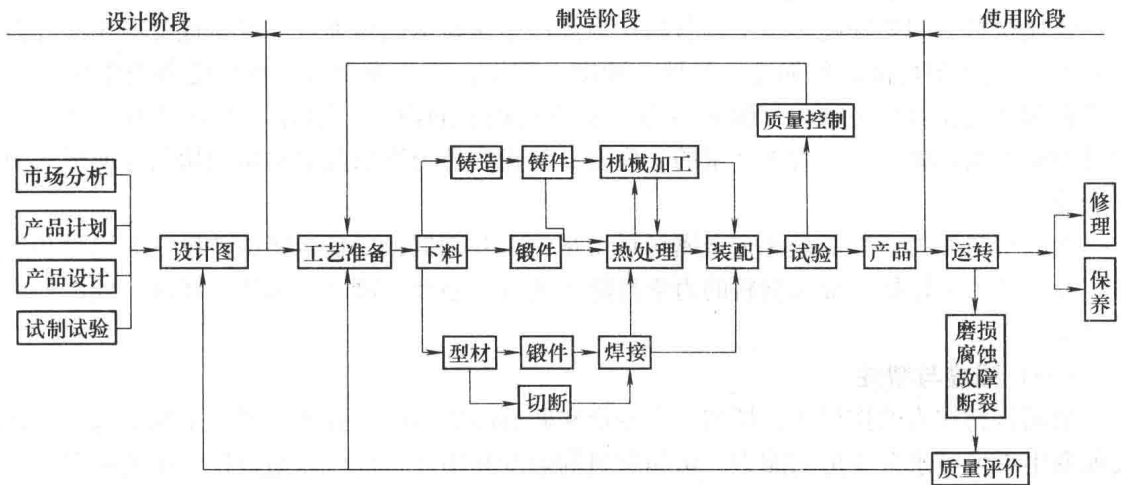


图 1-4 机械产品制造过程的三个阶段

二、制造阶段

生产部门根据机械零件的加工工艺规程与零件图进行制造,然后进行装配。通常不能根据零件设计图直接进行加工,而应根据设计图绘制出制造图,再按制造图进行加工。这是由于设计图绘制的是零件加工完成的最终状态图,而制造图则表示在制造过程中某一工序完成时工件的状态。两者是有差异的。在加工时需要根据制造图准备合适的坯料,并进行预定的加工。准备好材料后,根据零件的不同,可采用铸造、锻造、机械加工、热处理等不同的加工方法,分别在各类车间进行加工。零件加工完成后再装配成部件或整机。机械产品装配完后,需要按设计要求进行各种试验,如空载与负荷试验、性能与寿命试验以及其他单项试验等。整机质量验收合格后,则可进行涂装、包装和装箱,最后准备投入市场。

三、使用阶段

出厂的机械产品一经投入使用,其磨损、腐蚀、故障及断裂等问题就会接踵而来,并暴露出设计和制造过程中存在的质量问题。一个好的机械产品除了应注重设计功能、外观特征和制造工艺外,还应经常注意收集与积累使用过程中零件的失效资料,据此反馈给制造或设计部门,以进一步提高机械产品的功能和质量。这样做不仅能使机械产品获得良好的可靠性,而且还能在良好的信誉方面赢得市场。

第四节 金属材料的性能

通常我们把金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。其中使用性能是指金属材料为保证机械零件或工具正常工作应具备的性能,即在使用过程中所表现出的特性。金属材料的使用性能包括力学性能、物理性能和化学性能等。工艺性能是指金属材料在制造机械零件和工具的过程中,适应各种冷加工和热加工的性能。工艺性能也是金属材料采用某种加工方法制成成品的难易程度,它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能

等。只有了解金属材料的性能,才能科学合理地选用金属材料。

一、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在力作用下所显示的与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能,如强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度等。物体受外力作用后导致物体内部之间相互作用的力,称为内力。单位面积上的内力,称为应力 σ (N/mm^2)。金属材料的强度指标就是用应力来度量的。应变 ε 是指由外力所引起的物体原始尺寸或形状的相对变化(%)。

金属材料的力学性能是评定金属材料质量的主要判据,也是金属构件设计时选材和进行强度计算的主要依据。金属材料的力学性能主要有:强度、刚度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

(一) 强度与塑性

金属材料在力的作用下,抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。塑性是指金属材料在断裂前发生不可逆永久变形的能力。金属材料的强度和塑性指标可以通过拉伸试验测得。

1. 拉伸试验

拉伸试验是指用静拉伸力对试样进行轴向拉伸,测量拉伸力和相应的伸长,并测其力学性能的试验。拉伸时一般将拉伸试样拉至断裂。

(1) 拉伸试样 拉伸试样的尺寸按国家标准中金属拉伸试验试样中的有关规定进行制作,通常采用圆柱形拉伸试样,分为短试样和长试样两种,一般工程上采用短试样。拉伸试样如图1-5所示, L_0 为标准试样的原始标距, L_1 为拉断试样对接后测出的标距长度。长试样 $L_0 = 10d_0$;短试样 $L_0 = 5d_0$ 。

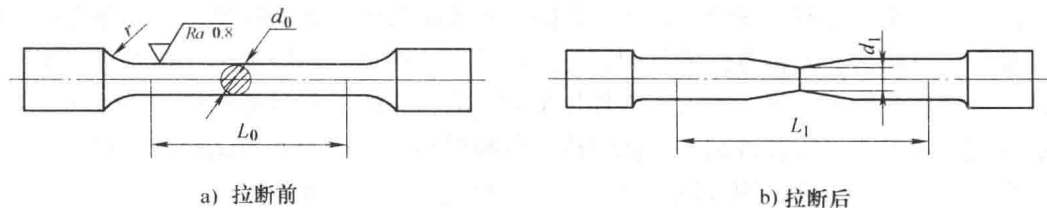


图 1-5 圆形拉伸试样

(2) 试验方法 拉伸试验在拉伸试验机(图1-6)上进行。将试样装在试验机的上下夹头上,开动机器,在压力油的作用下,试样受到拉伸。同时,记录装置记录下拉伸过程中的力-伸长曲线。

2. 力-伸长曲线

在进行拉伸试验时,拉伸力 F 和试样伸长量 ΔL 之间的关系曲线,称为力伸长曲线。通常把拉伸力 F 作为纵坐标,伸长量 ΔL 作为横坐标。图1-7所示为退火低碳钢的力-伸长曲线图。从力-伸长曲线可以看出,试样从开始拉伸到断裂要经过弹性变形阶段、屈服阶段、变形强化阶段、缩颈与断裂四个阶段。

(1) 弹性变形阶段 观察图1-7中力-伸长曲线,在斜直线 op 阶段,当拉伸力 F 增加时,试样伸长量 ΔL 也呈正比增加。当去除拉伸力 F 后,试样伸长变形消失,恢复其原来形状,其变形规律符合胡克定律,表现为弹性变形。图中 F_p 是试样保持完全弹性变形的最大拉伸力。