

高职高专规划教材

金属材料及

热处理

□ 王英杰 金升 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专规划教材

金属材料及热处理

主 编 王英杰 金 升
副主编 白爱英
参 编 涂 嘉 王丽宁 同金叶
主 审 张芙丽



机械工业出版社

全书共 14 章, 主要阐述了金属材料与机械制造过程、金属的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金相图、非合金钢、钢的热处理、低合金钢与合金钢、铸铁、有色金属及其合金、粉末冶金、非金属材料、金属腐蚀及防护方法、新材料简介、材料选择与分析等。

本书具有以下特点: 第一, 注重在理论知识、素质、能力、技能等方面能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, 并采用最新标准; 第三, 突出职业技术教育特色, 做到图解直观形象, 尽量联系现场实际; 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, 语言文字叙述精炼, 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; 第七, 书后配备了 8 项实验指导, 加强学生实验技能和综合应用能力的培养。

本书主要面向高等和中等职业技术教育的学生。此外, 还可作为职工培训用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属材料及热处理/王英杰, 金升主编. —北京: 机械工业出版社, 2006.1

高职高专规划教材

ISBN 7-111-18288-X

I. 金... II. ①王...②金... III. ①金属材料—高等学校: 技术学校—教材②热处理—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 159177 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: 王世刚、于奇慧 责任编辑: 于奇慧 版式设计: 张世琴

责任校对: 唐海燕

封面设计: 马精明 责任印制: 李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·12.75 印张·315 千字

0 001--4 000 册

定价: 20.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

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，以及根据高职高专教育人才培养目标的要求而编写的，它是工科高等职业技术教育的通用教材。

知识经济时代迫切需要具有良好的综合素质、实践能力和创新能力的人才，这就需要我们从根本上改变传统的应试教育模式，切实转向以培养综合素质为基础的能力教育模式。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。随着市场经济的不断深入发展，社会也内在要求人们必须崇尚能力，并追求个人能力的充分实现。

进行能力教育时，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，引导学生掌握获取知识的方法，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。同时，对于技术与职业教育要加强基础的认知学习，使学生有更大的柔性。“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，使其更好地适应今后工作和岗位变换的需要。

本教材的教学目标是：(1) 比较系统地介绍金属材料和非金属材料的生产和加工过程，通过学习，强化学生的工程意识、质量意识、效益意识和环境保护意识，从而培养和造就素质高、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，奠定良好的知识基础和积累一定的实践经验。(3) 强化实践教学环节，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，初步使学生建立一定的解决实际问题的感性经验，做到触类旁通，融会贯通。(5) 造就研究型学习环境，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) 实行开放式教学方式，引导学生深入社会，了解现代企业的状况，善于发现实际问题，探索解决问题的有效途径，培养不断创新和积极进取的创业精神。(7) 突出信息素养的培养，适应信息社会发展需要，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。(8) 引导学生掌握良好的自学方法，适应终身学习社会需要。

本书在编写内容上尽量做到布局合理、丰富、新颖；在内容组织上注意突出逻辑性与系统性，并突出实践性与实用性，注重理论与实际相结合；在语言文字方面做到精炼、准确、通俗易懂和插图形象生动；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，以适应高等职业技术教育的新要求和新思路。

本书每章设有小结，指导学生掌握学习重点和学习方法。此外，书后附有8项实验指导内容和较全面的各种类型的复习思考题，供学生自学时使用。

本书除供高等职业技术教育学校使用外，还可作为中等职业教育、成人教育、工程技术类中高级技术工人的培训教材。

本教材建议课时（总课时54学时）分配见下表：

章	建议课时	章	建议课时	章	建议课时
绪论、第一章	2	第六章	6	第十一章	4
第二章	4	第七章	4	第十二章	2
第三章	4	第八章	2	第十三章	2
第四章	4	第九章	4	第十四章	2
第五章	2	第十章	2	实验	10
小计	16		18		20
总计	54 (包括实验 10 学时)				

本书前言、绪论由山西大学职业技术学院王英杰编写；第一章、第二章、第三章和第四章由山西机电职业技术学院王丽宁编写；第五章由华东交通大学高等职业技术学院涂嘉编写；第七章、第八章、第九章、第十章和第十一章由浙江师范大学交通学院金升编写；第六章、第十二章、第十三章和第十四章由太原铁路机械学校同金叶编写；实验部分由山西忻州职业技术学院白爱英编写。王英杰任主编，制订编写提纲并统稿，白爱英任副主编。

本书由兰州铁路机械学校张美丽审稿；最后由《金属材料及热处理》教材编写组审定通过。

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。

《金属材料及热处理》教材编委会

2005年3月

目 录

前言		
绪论	1	
第一章 金属材料与机械制造过程		
概述	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	7	
小结	9	
复习与思考	9	
第二章 金属的性能	10	
第一节 金属的力学性能	10	
第二节 金属物理性能与化学性能	19	
第三节 金属工艺性能	22	
小结	22	
复习与思考	23	
第三章 金属的晶体结构与结晶	25	
第一节 金属晶体结构	25	
第二节 纯金属的结晶	28	
第三节 金属的同素异构转变	29	
第四节 合金的晶体结构	30	
第五节 合金的结晶	31	
第六节 金属铸锭的组织特征	32	
第七节 金属塑性变形与再结晶	34	
小结	36	
复习与思考	37	
第四章 铁碳合金相图	39	
第一节 铁碳合金的基本组织	39	
第二节 铁碳合金相图	41	
小结	44	
复习与思考	45	
第五章 非合金钢	47	
第一节 杂质元素对钢性能的影响	47	
第二节 非合金钢的分类	48	
第三节 非合金钢的牌号及用途	49	
小结	54	
复习与思考	54	
第六章 钢的热处理	56	
第一节 钢在加热时的组织转变	56	
第二节 钢在冷却时的组织转变	58	
第三节 退火与正火	59	
第四节 淬火	61	
第五节 回火	64	
第六节 金属的时效	66	
第七节 表面热处理与化学热处理	67	
第八节 热处理新技术简介	69	
小结	70	
复习与思考	71	
第七章 低合金钢与合金钢	73	
第一节 合金元素在钢中的作用	73	
第二节 低合金钢和合金钢的分类与牌号	75	
第三节 低合金钢	77	
第四节 合金钢	78	
小结	88	
复习与思考	88	
第八章 铸铁	90	
第一节 铸铁概述	90	

第二节 常用铸铁	91	第一节 新型高温材料	146
第三节 合金铸铁	98	第二节 形状记忆材料	147
小结	99	第三节 非晶态材料	151
复习与思考	99	第四节 超导材料	152
第九章 有色金属及其合金	101	第五节 纳米材料	153
第一节 铝及铝合金	101	第六节 其他新材料	155
第二节 铜及铜合金	105	小结	156
第三节 钛及钛合金	110	复习与思考	156
第四节 滑动轴承合金	112	第十四章 材料选择与分析	158
小结	115	第一节 金属材料的选用原则 与程序	158
复习与思考	115	第二节 材料的合理使用	161
第十章 粉末冶金	117	第三节 典型零件选材实例	162
第一节 粉末冶金概述	117	小结	163
第二节 硬质合金	119	复习与思考	164
小结	121	实验指导	165
复习与思考	121	实验一 拉伸试验	166
第十一章 非金属材料	123	实验二 硬度试验	170
第一节 高分子材料	123	实验三 冲击试验	174
第二节 陶瓷材料	133	实验四 金相试样的制备及显微 组织观察	176
第三节 复合材料	136	实验五 铁碳合金显微组织观察及 分析	180
小结	139	实验六 钢的热处理及其硬度 测定	184
复习与思考	139	实验七 钢铁的火花鉴别	188
第十二章 金属腐蚀及防护方法	141	实验八 铸铁及有色金属的显微 组织观察	193
第一节 金属的腐蚀	141	参考文献	198
第二节 防止金属腐蚀的途径	144		
小结	145		
复习与思考	145		
第十三章 新材料简介	146		

绪 论

材料是人类社会发展重要的物质文明基础，人类利用材料制作了生产和生活工具、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，历史学家为了科学划分人类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，人类社会已经历了石器时代、陶器时代、青铜器时代、铁器时代，目前正进入人工合成材料新时代。

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第一个重要里程碑，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深远历史意义的一步，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发生了显著变化。

在近代，材料专家把金属材料比作现代工业的骨架，并且随着金属材料大规模生产及其消耗量的急剧上升，它极大地促进了人类社会经济和科学技术的飞速发展。今天，如果没有耐高温、高强度、高性能的钛合金等金属材料，就不可能有现代宇航工业的发展。

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、银等几种主要金属的储量，只能再开采 100~300 年。目前，世界各国都在积极采取措施，研究和开发新材料（如复合材料），并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以及利用替代材料——非金属材料，达到减轻汽车自重、节约金属材料和省油的目的。

到 20 世纪中叶随着人类社会科学技术的发展、社会环保意识的加强以及清洁生产的需求，涌现出了许多新型的非金属材料。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，同时也提高了产品的使用性能。其中比较突出的非金属材料，有塑料、胶粘剂、橡胶、陶瓷、复合材料、纳米材料等，目前它们的特殊性能和功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。

随着科学技术的发展，在机械零件的加工工艺方面也出现了日新月异的发展，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）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、环保意识、创新意识和创业精神，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。

回顾金属材料的发展历史，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 4000 余年，大量出土的青铜器，说明在商代（公元前 1600—1046 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 875kg，属商殷祭器。要制造这么精美的青铜器，需要经过雕塑、制造模样与铸型、冶炼等工序，可以说司母戊大方鼎是雕塑艺术与金属冶炼技术的完美结合。同时，在当时的条件下要浇铸这样庞大的金属器物，需要大规模的劳动分工组织、精湛的雕塑艺术及铸造技术。

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 1900 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，说明铁制农具已大量地应用于农业生产中。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 1600 多年，直到明朝之前的 2000 多年间，我国在钢铁生产技术方面一直遥遥领先于世界。

1965 年在湖北省出土的越王勾践青铜剑，虽然在地下深埋了 2400 多年，但是这把剑在出土时却没有一点锈斑，完好如初，说明当时不仅已掌握了金属冶炼、锻造、热处理技术，而且还掌握了金属材料的防腐技术。

在唐朝（约公元 7 世纪）时期，我国已应用锡焊和银焊技术，而此项技术欧洲直到公元 17 世纪才出现。

根据文字记载，公元 1668 年我国已使用直径 6.6m 的镶片铣刀，该铣刀由牲畜带动旋转，用来加工天文仪上的铜环。

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、淬火等多种金属的加工方法。书中介绍的锉刀、针等工具的制造过程与现代几乎一致，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。只是到了近代，由于封建制度的日益腐败和外国的侵略，才严重阻碍和束缚了金属材料加工技术的发展。

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。2003 年钢铁产量突破 2 亿 t，达到 22234 万 t，成为国际钢铁市场上举足轻重的“第一力量”，有利地推动了我国机械制造、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。同时，原子弹、氢弹、导弹、人造地球卫星、载人火箭、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。

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；才会在知识经济 and 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还比较落后，尤其是在广泛应用机械制造自动化方面，与工业先进国家相比还有明显的差

距，需要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。

本书比较系统地介绍了金属材料与非金属材料的种类、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业应用型、管理型、操作型与复合型人才必修课程，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、环保意识和创新能力也是非常有益的。

本书具有内容广、实践性强和综合性突出的特点。在内容编写方面体现通俗易懂，在教学方式上注重对学生进行启发和引导，培养其探索精神和学习归纳能力。同学们在学习本课程时，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，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教材中的基础知识，做到全面发展。

学习本课程的基本要求：

- 1) 了解常用材料的分类、牌号、性能、用途和一般选用原则，做到灵活应用。
- 2) 理解常用热处理工艺的原理、特点及其应用。
- 3) 基本了解金属材料的防护方法、原理及应用范围。
- 4) 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。
- 5) 在学习上要逐步树立知识经济意识；善于利用图书馆和互联网提供的信息资源，拓展知识面。

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、性能以及加工过程等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要材料构成，并具有金属特性的工程材料。它包括纯金属和合金两类。

纯金属由于强度、硬度一般都较低，而且冶炼技术复杂，价格较高，因此，在使用上受到很大的限制。目前在工农业生产、建筑、国防建设中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，非合金钢是由铁和碳组成的合金。与组成合金材料的纯金属相比，合金除具有更好的力学性能外，还可以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、建筑及国防建设上不同的性能要求。

金属材料，尤其是钢铁材料，在国民经济及其他方面都有重要作用。它具有良好的物理性能、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（或金属材料）通常还可分为黑色金属和有色金属两大类（见图 1-1）。

1. 黑色金属

由铁或以铁为主而形成的物质，称为黑色金属，如钢和生铁。

2. 有色金属

除黑色金属以外的其他金属，都称为有色金属，如铜、铝、镁、锌等。

除此之外，在国民经济建设中，还出现了许多新型的高性能金属材料，如粉末冶金材料、非晶态金属材料、纳米金属材料、单晶合金以及新型的金属功能材料（永磁合金、形状

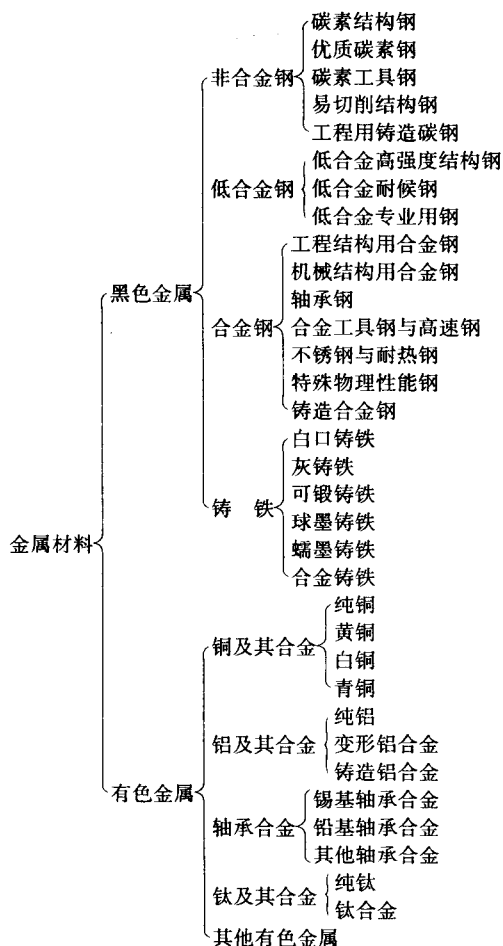


图 1-1 金属材料分类

记忆合金、超细金属隐身材料)等。

第二节 钢铁材料生产过程概述

钢铁是铁和碳的合金。钢铁材料按碳的质量分数 w_C 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,它是炼钢和铸造的原材料。

钢材生产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的质量分数而炼成钢液,然后将钢液铸成钢锭,再经过热轧或冷轧后,制成各种类型的钢材。图 1-2 为钢铁材料生产过程示意图。

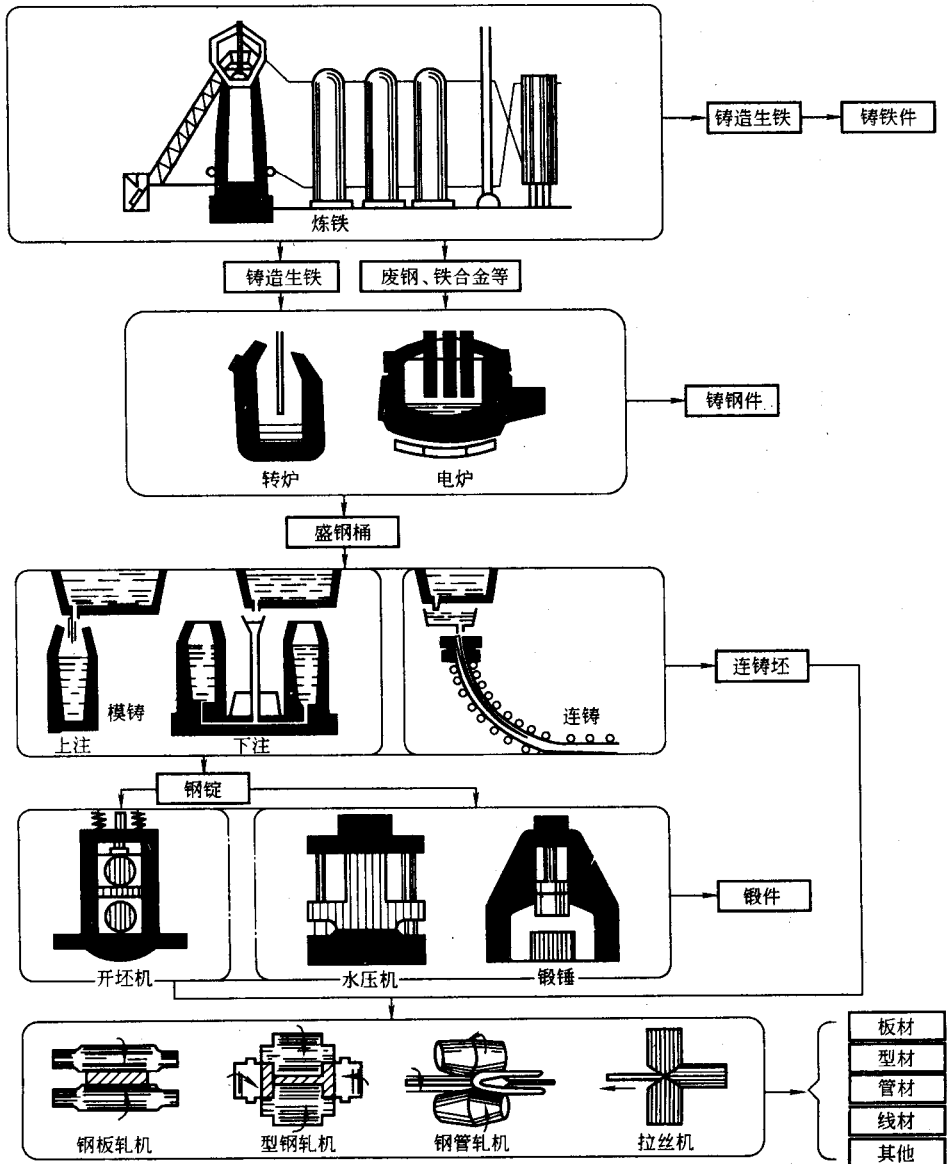


图 1-2 钢铁材料生产过程示意图

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，如赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿、褐铁矿等称为铁矿石。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形成生铁的过程。现代钢铁工业生产铁的主要方法是高炉炼铁。高炉炼铁的炉料主要是铁矿石 (Fe_3O_4)、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一氧化碳 (CO)，又作为使氧化铁和其他元素还原的还原剂。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，并使之与铁水分离，常用的熔剂是石灰石 (CaCO_3)。

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，将铁矿石还原成铁。高炉冶炼出的铁不是纯铁，其中溶有碳、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：

(1) 铸造生铁。这类生铁的断口呈暗灰色。硅的质量分数较高，用于机械制造厂生产成形铸件。

(2) 炼钢生铁。这类生铁的断口呈亮白色。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煤气和炉渣。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，具有很高的经济价值，可以回收利用。高炉炉渣的主要成分是 CaO 和 SiO_2 ，可以回收利用，生成水泥、渣棉和渣砖等建筑材料。

二、炼钢

炼钢是以生铁（铁水和生铁锭）和废钢为主要原料，此外，还有熔剂（石灰石、萤石）、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，或直接将铁液注入高温的炼钢炉中，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，就得到了钢。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转炉炼钢法和电炉炼钢法。各种炼钢方法的热源及特点比较列于表 1-1。

表 1-1 两种炼钢方法的比较

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，适合于大量生产	碳素钢和 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

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。按钢的脱氧程度不同，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。

镇静钢是脱氧完全的钢。钢水冶炼后期用锰铁、硅铁和铝块进行充分脱氧，钢水在钢锭模内平静地凝固。这类钢锭化学成分均匀，内部组织致密，质量较高。但由于钢锭头部形成较深的缩孔，轧制时被切除，钢材浪费较大，如图 1-3a 所示。

沸腾钢是指脱氧不完全的钢。钢水在冶炼后期仅用锰铁进行不充分的脱氧。钢水浇入钢锭模后，钢水中的 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 气体引起了钢水沸腾现象。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。

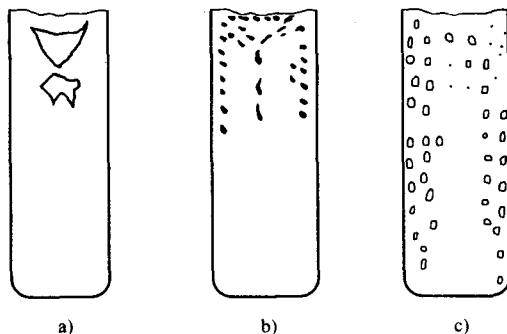


图 1-3 镇静钢锭、半镇静钢锭和沸腾钢锭
a) 镇静钢锭 b) 半镇静钢锭 c) 沸腾钢锭

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。连铸法具有生产率高、钢坯质量好、节约能源及生产成本低等优点，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；4mm 以下为薄板，分冷轧和热轧钢板。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成，用于制作煤气及自来水管等。焊接的钢管生产率较高、成本低，但质量和性能与无缝钢管相比稍差些。

(3) 型材。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 1-4 所示。

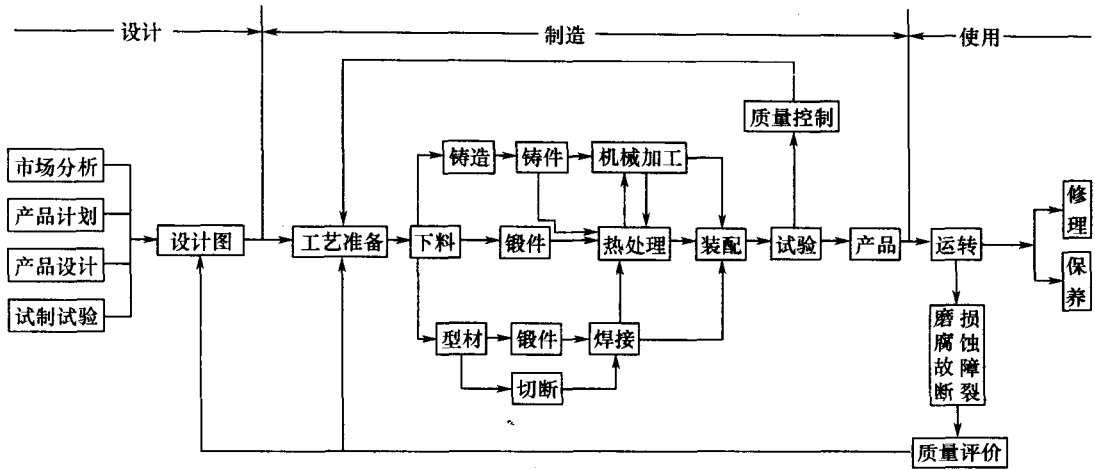


图 1-4 机械产品制造过程的三个阶段

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，制定出产品的开发规划。在设计时先进行总体设计，然后再进行部件设计，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，选择合理的材料以及合理的加工方法。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，应选择耐热性高的耐热钢或高温合金；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、材质以及加工方法的统一。

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出的是零件加工完成的最终状态图，而制造图则是表示在制造过程中某一工序完成时工件的状态。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，视零件的不同，采用铸造、锻造、机械加工、热处理等不同的加工方法，然后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，按设计要求进行各种试验。例如，空载与负荷试验、性能与寿命试验以及其他单项试验等。整机验收质量合格后，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失效的资料，据此反馈给制造、设计部门，以进一步提高机械产品的质量。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。

【小结】

本章主要介绍了金属材料的分类、钢铁生产过程和机械制造过程等内容，重点是钢铁生产过程、实质及其产品。学习要求：第一，注意观察生活中钢与铁的区别和应用场合；第二，初步认识有关机械制造的基本过程，为以后学习后续章节奠定基本知识。另外，同学们如果有机会，可以到有关企业进行参观，如钢铁公司、机械制造厂等，感性地了解金属材料和机械制造方面的生产过程。

复习与思考

一、名词解释

1. 金属 2. 合金 3. 有色金属 4. 黑色金属 5. 钢铁

二、填空题

- 金属材料一般可分为_____金属和_____金属两类。
- 钢铁材料是由_____、_____及 Si、Mn、S、P 等杂质元素组成的金属材料。
- 生铁是由铁矿石原料经_____而获得的。高炉生铁一般分为_____生铁和_____生铁两种。
- 现代炼钢方法主要有_____和_____。
- 根据钢水的脱氧程度不同，可分为_____钢、_____钢、_____钢和_____钢。
- 机械产品的制造一般分为_____、_____与_____三个阶段。
- 钢锭经过轧制最终会形成_____、_____、_____和_____等产品。

三、判断题

- 钢和生铁都是以铁碳为主的合金。()
- 高炉炼铁的过程是使氧化铁还原，获得纯生铁的过程。()
- 用锰铁、硅铁和铝粉进行充分脱氧后，可获得镇静钢。()
- 电炉主要用于冶炼高质量的合金钢。()

四、简答题

- 炼铁的主要原料有哪些？
- 镇静钢和沸腾钢之间的特点有何不同？

五、课外调研与观察

- 谈谈金属材料在人类社会文明中的作用。
- 谈谈我国在金属材料方面取得的成就。
- 了解一下地球上常见金属的使用年限，为了更好地发挥地球上的有限资源，有什么好建议、好措施？

第二章 金属的性能

金属材料由于其特有的性能特点而被广泛应用。在机械制造行业中，为了设计制造具有较强竞争力的产品，必须了解和掌握材料的各种性能，以便使产品在设计、选材和制造等方面体现出最优化。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，主要包括力学性能、物理性能和化学性能等。只有了解金属的性能，才能正确、经济、合理地选用金属材料。

第一节 金属的力学性能

金属的力学性能是指金属在力的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，如弹性、强度、硬度、塑性、韧性等。弹性是指物体在外力作用下改变其形状和尺寸，当外力卸除后物体又回复到其原始形状和尺寸的特性。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，而单位面积上的内力则为应力 σ (N/mm^2)。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 (%)。

金属力学性能的高低表征金属抵抗各种损害作用的能力大小，它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

强度是指金属抵抗永久变形和断裂的能力。塑性是指金属在断裂前发生不可逆永久变形的能力。永久变形是指物体在力的作用下产生的形状、尺寸的改变，外力去除后，变形不能恢复到原来的形状和尺寸。这种不能恢复到原始的形状和尺寸的变形称永久变形或塑性变形。金属材料的强度和塑性指标可以通过拉伸试验测得。

(一) 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。拉伸时一般将拉伸试样拉至断裂。

1. 拉伸试样

通常采用圆柱形拉伸试样，试样尺寸按国家标准有关规定进行制作。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。如图 2-1 所示，其中图 2-1a 为标准试样拉断前的状态，图 2-1b 为标准试样拉断后的状态。 d_0 为标准试样的原始直径， d_1 为试样断口处的直径。 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 $L_0 = 5d_0$ 。

2. 试验方法

拉伸试验在拉伸试验机上进行。图 2-2 为拉伸试验机示意图。将试样 1 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