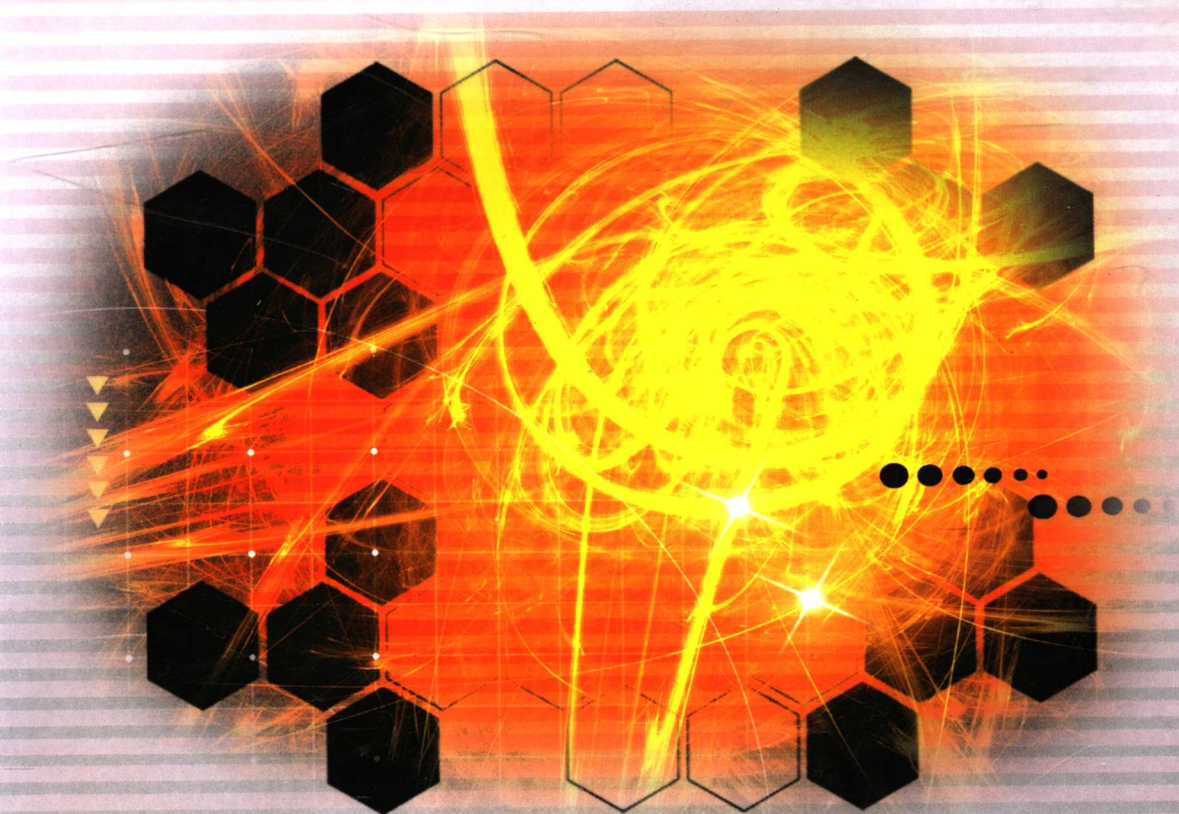


高等职业技术教育规划教材

金属工艺学

王英杰 董晓宾 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业技术教育规划教材

金属工艺学

主 编	王英杰	董晓宾	
副主编	金 升	张瑞平	
参 编	李云峰	张雅琴	白爱英
	邓续洋	施 红	
主 审	郭晋荣	郭小平	

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是为适应 21 世纪职业技术教育的发展需要,由中国铁道出版社组织编写的《金属工艺学》高职规划教材之一。

全书共 21 章,主要阐述了金属材料与机械制造过程、金属的性能、金属晶体结构与结晶、铁碳合金状态图、非合金钢、钢的热处理、低合金钢和合金钢、铸铁、有色金属及其合金、非金属材料、金属腐蚀及防护方法、铸造、金属压力加工、粉末冶金、焊接、材料选择与毛坯加工方法分析、切削加工基础知识、金属切削机床基础知识、各种表面的加工、特种加工与数控加工、机械加工工艺过程的制订。与本书配套的《金工实训》随后出版。

本书具有以下特点:第一,注重充实新知识、新工艺、新技术等内容,简化过多的理论介绍,采用最新国家标准;第二,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;第三,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。

本书是高等职业技术教育教材。此外,还可作为中等职业技术教育机械类、近机类专业教材和职工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/王英杰,董晓宾主编. —北京:中国铁道出版社, 2006. 7
高等职业技术教育规划教材
ISBN 7-113-07339-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 090155 号

书 名: 金属工艺学

作 者: 王英杰 董晓宾

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 李小军

责任编辑: 李小军

编辑部电话: 010-83550579

封面设计: 路 瑶

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 440 千

版 本: 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~4 000 册

书 号: ISBN 7-113-07339-5/TG·28

定 价: 26.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

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。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,我们认真参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,这就需要我们从根本上改变传统的应试教育模式,切实走向培养以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。同时,社会的发展及市场经济的完善也内在的要求人们必须崇尚能力并追求能力的充分实现。

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,强调重视学生学习和掌握知识,引导学生掌握获取知识的方法,学会运用知识进行创造性的思考和实践,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和能力,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基本经验;

(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。

新编工科高等职业技术教育用《金属工艺学》系列教材,在内容组织上注意逻辑性、系统性和层次分明,突出实践性和使用性,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。另外,每章附有较全面的各种类型的复习题,供学生自我检查是否掌握和理解了所学的基础知识。

本教材除供高等职业技术学校使用外,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。

本书主编:王英杰、董晓宾;副主编:金升、张瑞平。全书由王英杰拟定编写提纲和统稿。

绪论由山西大学职业技术学院王英杰编写；第一~四章由山西农业大学平遥机电学院马乃明编写；第五章和第六章由太原科技大学生物工程学院张雅琴编写；第七~九章由山西大同大学张瑞平编写；第十章由山西忻州职业技术学院白爱英编写；第十一章由中信机电车桥有限责任公司邓续洋编写；第十二~十六章由浙江师范大学交通学院金升编写；第十七~二十章由太原科技大学运城工学院董晓宾编写；第二十一章由上海铁路杭州职工培训中心施红编写。

本书由高级讲师郭晋荣和高级工程师郭小平主审；最后由高等职业技术教育规划教材《金属工艺学》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。

《金属工艺学》编写组

2006年7月

目 录

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	8
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 金属的物理性能与化学性能	20
第三节 金属的工艺性能	22
复习与思考	24
第三章 金属晶体结构与结晶	26
第一节 金属晶体结构	26
第二节 纯金属的结晶	29
第三节 金属的同素异构转变	31
第四节 合金的晶体结构	32
第五节 合金的结晶	33
第六节 金属铸锭的组织特征	35
复习与思考	37
第四章 铁碳合金状态图	39
第一节 铁碳合金的基本组织	39
第二节 铁碳合金状态图	41
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	50
复习与思考	55
第六章 钢的热处理	57
第一节 钢在加热时的组织转变	57
第二节 钢在冷却时的组织转变	59
第三节 退火与正火	60
第四节 淬 火	62
第五节 回 火	65
第六节 金属的时效	67
第七节 表面热处理与化学热处理	68

第八节 热处理新技术简介	71
第九节 热处理工艺应用	72
复习与思考	76
第七章 低合金钢和合金钢	78
第一节 合金元素在钢中的作用	78
第二节 低合金钢和合金钢的分类与牌号	80
第三节 低合金钢	82
第四节 合金钢	83
复习与思考	93
第八章 铸 铁	96
第一节 铸铁概述	96
第二节 常用铸铁	97
第三节 合金铸铁	104
复习与思考	106
第九章 有色金属及其合金	107
第一节 铝及铝合金	107
第二节 铜及铜合金	112
第三节 钛及钛合金	117
第四节 滑动轴承合金	118
复习与思考	122
第十章 非金属材料	124
第一节 高分子材料	124
第二节 陶瓷材料	135
第三节 复合材料	138
复习与思考	142
第十一章 金属腐蚀及防护方法	144
第一节 金属腐蚀	144
第二节 防止金属腐蚀的途径	147
复习与思考	148
第十二章 铸 造	150
第一节 铸造概述	150
第二节 砂型铸造	151
第三节 铸造工艺图	156
第四节 合金的铸造性能	159
第五节 铸件结构工艺性	163
第六节 特种铸造简介	164
第七节 铸造新技术简介	166
复习与思考	169

第十三章 金属压力加工	170
第一节 金属压力加工概述	170
第二节 金属压力加工基础知识	171
第三节 金属锻造工艺	174
第四节 自由锻造工艺过程设计	179
第五节 锻造结构工艺性	181
第六节 冲 压	182
第七节 锻压新技术简介	186
复习与思考	188
第十四章 粉末冶金	191
第一节 粉末冶金概述	191
第二节 硬质合金	193
复习与思考	196
第十五章 焊 接	197
第一节 焊接概述	197
第二节 焊条电弧焊	198
第三节 气焊与气割	203
第四节 其他焊接方法简介	206
第五节 常用金属材料的焊接	210
第六节 焊接应力与变形	211
第七节 焊接结构工艺性	213
第八节 焊接新技术简介	215
复习与思考	218
第十六章 材料选择与毛坯加工方法分析	220
第一节 金属材料的选用原则与选用程序	220
第二节 材料的合理使用	222
第三节 典型零件选材实例	223
第四节 毛坯加工方法分析	225
复习与思考	227
第十七章 切削加工基础知识	229
第一节 切削加工概述	229
第二节 切削加工的运动分析及切削要素	229
第三节 切削刀具	231
第四节 金属切削过程中的物理现象	235
复习与思考	238
第十八章 金属切削机床基础知识	240
第一节 机床的分类和编号	240
第二节 车 床	241
第三节 钻床和镗床	245

第四节 刨床与插床.....	247
第五节 铣 床.....	248
第六节 磨 床.....	249
复习与思考	252
第十九章 各种表面的加工方法	253
第一节 外圆表面加工方法.....	253
第二节 孔加工方法及工艺特点	257
第三节 平面加工方法.....	259
第四节 圆柱齿轮齿形加工方法	262
第五节 精密加工简介.....	264
第六节 零件结构的切削加工工艺性简介	267
复习与思考	269
第二十章 特种加工与数控加工简介	270
第一节 特种加工概述.....	270
第二节 各种特种加工方法简介	271
第三节 数控加工简介.....	277
第四节 典型数控机床简介	279
复习与思考	281
第二十一章 机械加工工艺过程的制订	283
第一节 机械加工工艺过程概述	283
第二节 零件的安装和定位基准	285
第三节 零件加工工艺过程的制订	288
复习与思考	290
参考文献	291

绪 论

材料是人类社会发展重要的物质基础，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，也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、铁器时代等，目前正进入人工合成材料和钛金属时代。

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水平发生了显著变化。

在近代，材料专家把金属材料比做现代工业的骨架，并且随着金属材料大规模生产及其消耗量的急剧上升，金属材料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、高性能的钛合金等金属材料，就不可能有现代宇航工业的发展。因此，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。

到 20 世纪中叶随着科技的发展、社会环保意识的加强，以及生产的特殊需求，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格局。

同时，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。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，了解金属材料和非金属材料的性能、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，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。

回顾历史，我国曾经是使用金属材料最早的国家之一。我国使用铜的历史约有 5 000

余年。大量出土的上古时代青铜器,说明在商代(公元前 1562 年~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,带耳高 1.37 m,横 1.1 m,宽 0.77 m,重达 875 kg。这是商殷时代祭器,体积庞大,花纹精巧,造型精美。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古代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器物,如果没有大规模的严密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。

早在公元前六世纪即春秋末期,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 1 600 多年,可以说,直到明朝之前,我国在钢铁生产技术方面一直是遥遥领先于世界。

1965 年在湖北省出土的越王勾践青铜剑,虽然在地下深埋了 2 400 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、热处理工艺技术,而且还掌握了金属材料的防腐蚀技术。

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 6.6 m 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,为人类文明做出了巨大的贡献。只是到了近代,由于封建制度的日益腐败和外国的侵略,严重阻碍了这门技术的发展。

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。截止 2005 年底,我国已连续三年钢铁产量突破 2 亿 t,成为国际钢铁市场上举足轻重的“第一力量”,有力地推动了机械制造、矿山冶金、交通运输、石油、电子仪表、宇宙航行等现代化工业的发展。原子弹、氢弹、导弹的试验成功,人造地球卫星的发射,纳米材料和功能材料的研究与开发等,标志着我国在机械工程材料及其加工工艺方面都达到了新的水平。相信在不远的将来,我国的机械工程材料及其加工工艺水平定能进入世界先进行列。

可以这样说,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;才会达到清洁生产,很好地保护环境;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,非常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,为进一步提高我国机械制造工艺水平而努力。

本教材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行业应用型、管理型、操作型与复合型人才的一必修课程。机械产品的生产,其核心与目的是为了获得优质的产品,而机械产品的质量问題,主要发生在产品的制造过程中,其中 60%~70%是由于加工工艺因素造成的。产品质量差,会造成制造成本增加,资源、人力和物力的严重浪费,产品竞争力低;相反,产品质量好,会给企业带来活力、效益和信誉,为国家创造出更多的财富,并为社会带来更多的就业机会。通过学习该课程可以促进我们高度重视产品质量与社会效益关系、清洁生产与环境保护的关系,同时,学习该课程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、创业意识和创新能力也是非常有益的。

本教材具有内容广、实践性和综合性突出的特点。在内容编写方面注重体现通俗易懂、形象直观,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,做到全面发展。

学习本课程的基本要求是:

- (1) 了解常用材料的牌号、性能、用途和一般选用原则;
- (2) 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;
- (3) 了解零件的各种加工方法的基本原理和工艺特点,并初步具有选择毛坯和编制零件加工工艺规程的基本能力;
- (4) 了解各种主要加工方法所用设备(工具)的工作原理和使用范围,掌握一些主要设备(工具)的基本操作和使用方法;
- (5) 了解各种加工工艺对零件结构工艺性的一般要求,做到灵活应用;
- (6) 重视零件制造成本的经济性和生产过程的合理性,树立环境保护意识,贯彻清洁生产思想,使零件制造最大限度地体现社会效益。

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、工程建设及国防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,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然具有一定的用途,但是,由于它的强度、硬度一般都较低,而且冶炼技术复杂,价格较高。因此,在使用上受到较大的限制。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,碳素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,还可以通过调整组成元素之间的比例,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(或金属材料)通常还可分为黑色金属和非铁金属两大类,如图 1-1 所示。

1. 黑色金属

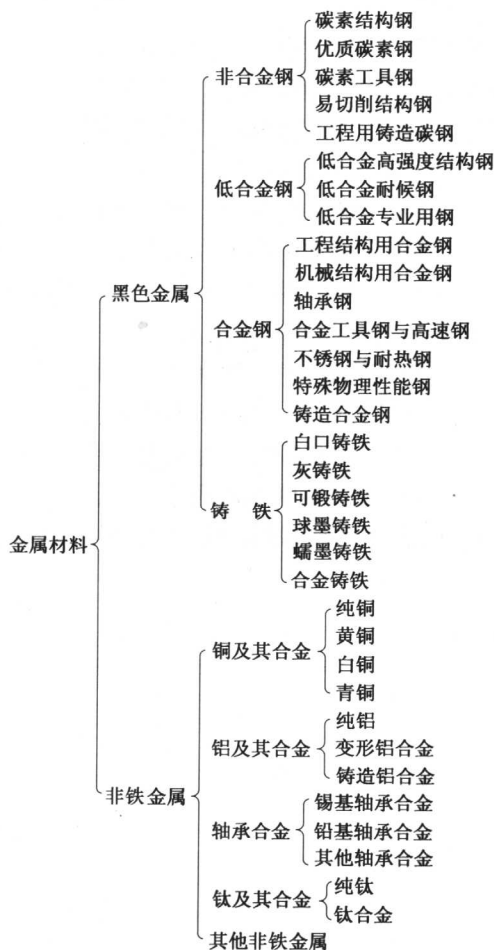


图 1-1 金属材料分类

以铁或以它为主而形成的金属材料，称为黑色金属，如各种钢和生铁。

2. 非铁金属

除黑色金属以外的其他金属材料，称为非铁金属（或有色金属），如铜、铝、镁、锌、钛、锡、铅、铬等。

除此之外，在国民经济建设中，还出现了许多新型的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（永磁合金、形状记忆合金、超细金属隐身材料、超塑性金属材料）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（ $w(C)<0.021\%$ ）、钢（ $w(C)=0.021\%\sim 2.11\%$ ）和生铁（ $w(C)>2.11\%$ ）。

生铁是由铁矿石经高炉冶炼而得，它是炼钢和铸造的主要原材料。

钢的生产是以生铁为主要原料，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到达需要的钢水，然后将钢水浇铸成钢锭，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。

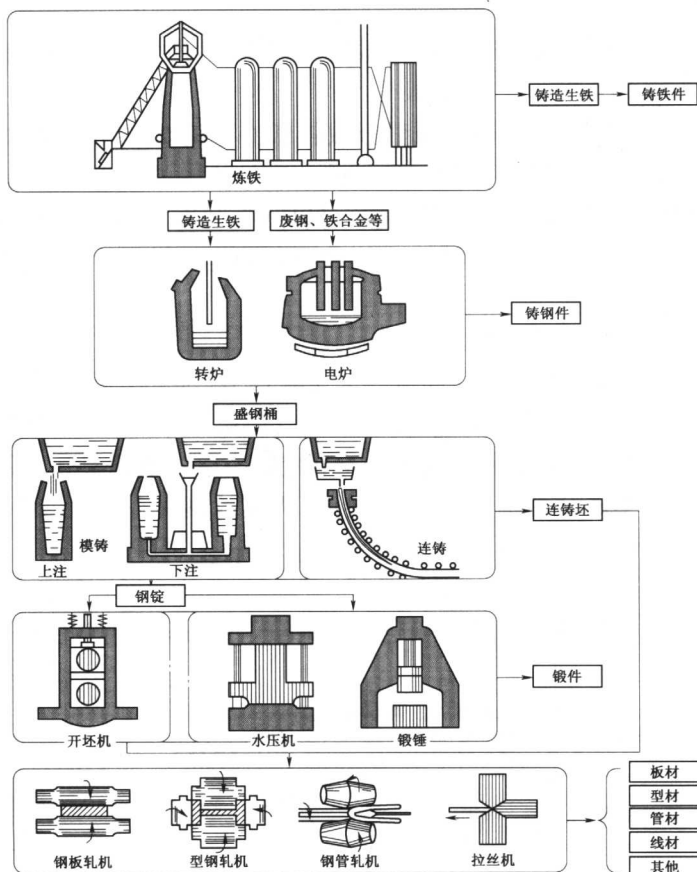


图 1-2 钢铁材料生产过程示意图

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，这些杂物称为脉石。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。现代钢铁工业产生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_2O_3 、 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 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），并使之与铁水分离，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，其中还溶有碳、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：铸造生铁和炼钢生铁。

1. 铸造生铁

这类生铁的断口呈暗灰色。硅的质量分数较高，用于生产复杂形状的铸件。

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 ，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

炼钢是以生铁（铁水和生铁锭）和废钢为主要原料，此外，还需要加入熔剂（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，或直接将高炉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，就可获得需要的钢材。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转炉炼钢法和电炉炼钢法。各种炼钢方法的热源及生产特点比较列于表 1-1。

表 1-1 两种炼钢方法的比较

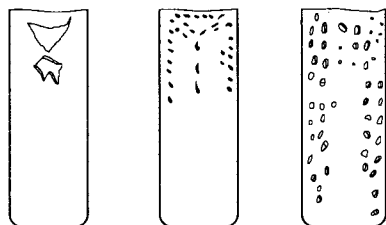
炼钢方法	热 源	主要原料	主要特点	产 品
氧气转炉	氧化反应的化学热	生铁、废钢	冶炼速度快，生产率高，成本低。钢的品种较多，质量较好，适合于大量生产	非合金钢和低合金钢
电弧炉	电能	废钢	炉料通用性大，炉内气氛可以控制，脱氧良好，能冶炼难熔合金钢。钢的质量优良，品种多样	合金钢

2. 钢的脱氧

钢液中的过剩氧气与铁元素生成的氧化物,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。

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,轧制时需要切除,因此,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 气体引起钢水沸腾现象,故称沸腾钢。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。



(a) 镇静钢锭 (b) 半镇静钢锭 (c) 沸腾钢锭

图 1-3 镇静钢锭、半镇静钢锭和沸腾钢锭

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,如图 1-3b 所示。

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。4~60 mm 为厚板,常用于造船、锅炉和压力容器;4 mm 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。

(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。

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，制定出产品的开发计划。在设计时首先进行总体设计，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、噪音小等要求。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统一。

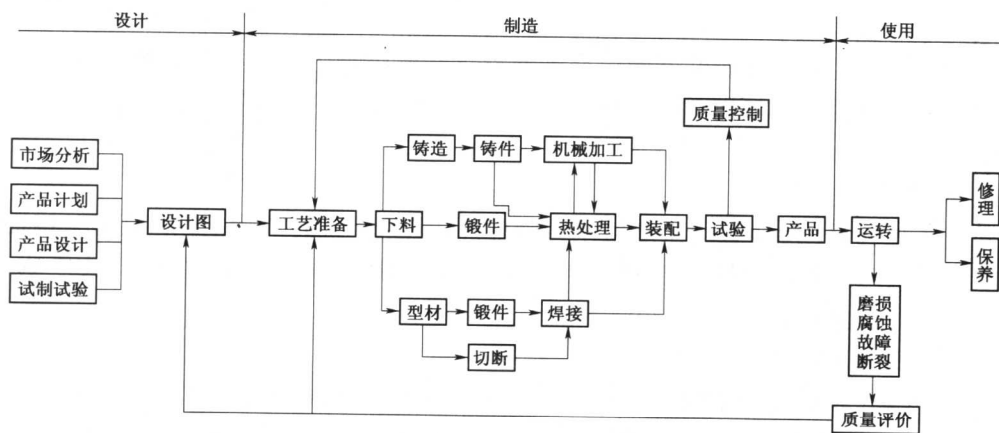


图 1-4 机械产品制造过程的三个阶段

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。因此，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，根据零件性能的不同，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。诸如，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。