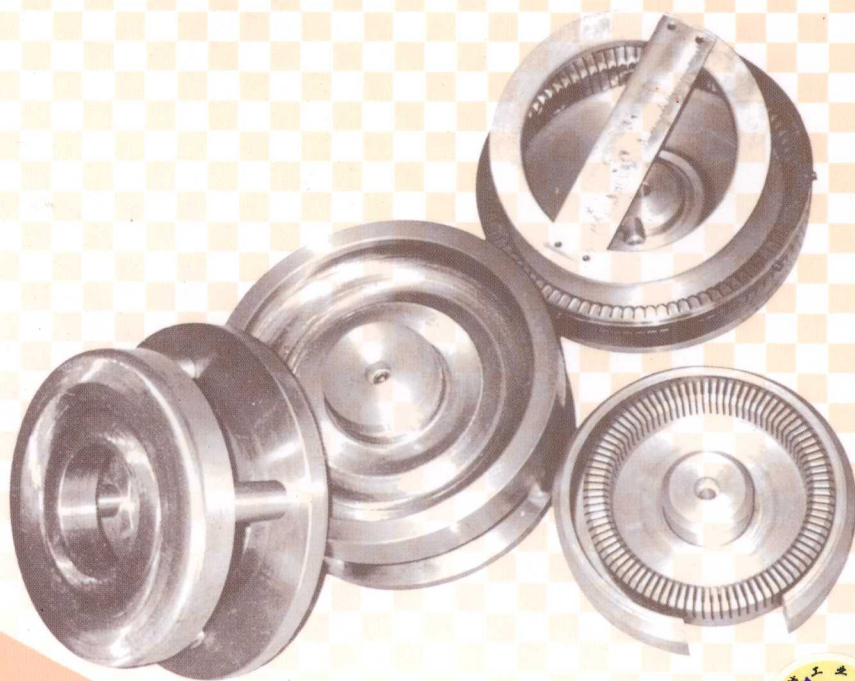




教育部中等职业教育示范专业规划教材（机械加工技术专业）

金属材料 及其成形加工

王英杰 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部中等职业教育示范专业规划教材

(机械加工技术专业)

金属材料及其成形加工

主 编 王英杰

副主编 王美玉

参 编 孙曼曼 王中才 石爱军

陈 妍 侯小兵

主 审 郭晓平

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是为了适应中等职业技术教育的发展需要,由机械工业出版社组织编写的系列教材之一。

全书共 15 单元,主要包括金属材料及其成形加工过程、金属材料基础知识、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、铸造成形、锻压成形、焊接成形、金属切削加工基础、钳工、特种加工与数控加工、切削加工工艺过程制订、机械装配等内容。

本书注重对学生的能力进行全面的培养,突出中等职业教育特点,简化过多的理论介绍,注重文字叙述精炼、易懂。加强学生实践技能和综合应用能力的培养。此外,书内每单元配备了综合训练题,培养学生观察、探索、分析以及应用理论知识的能力。

本书主要面向中等职业技术教育学校的工科学生,还可作为职工培训及技工学校用教材。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料及其成形加工/王英杰主编.—北京:机械工业出版社, 2007.9

教育部中等职业教育示范专业规划教材·机械加工技术专业

ISBN 978-7-111-22368-9

I. 金… II. 王… III. 金属材料—成型—加工—专业学校—教材
IV. TG39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 147072 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:崔占军 责任编辑:齐志刚 版式设计:张世琴

责任校对:李秋荣 封面设计:王奕文 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷(北京双新装订有限公司装订)

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.75 印张·387 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22368-9

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

本教材的教学目标是:

- 1) 比较系统地介绍金属材料的生产、性能、牌号及应用方面的知识。
- 2) 了解金属零件的各种成形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成形加工工艺规程的基本能力。
- 3) 了解各种主要成形加工方法所用设备(工具)的工作原理和使用范围, 掌握一些主要设备(工具)的基本操作方法。
- 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。
- 5) 造就研究型学习环境, 培养学生团结合作, 相互交流, 适应终身学习型社会的需要。
- 6) 实行开放式教学方式, 引导学生深入实习现场, 了解现代企业的状况。
- 7) 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。

本书在内容上尽量做到布局合理、丰富、新颖；在文字介绍方面做到精炼、准确、通俗易懂和插图形象生动；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金属成形加工方面的新技术、新材料、新工艺和新设备，使师生的认识在一定层面上能跟上现代科技发展与职业技术教育的新要求。每单元配有综合训练题，供学生自学时自我检查是否掌握和理解了所学的基础知识。

本教材除供中等职业技术教育学校使用外，还可作为成人教育和技工类学校用教材，也可作为有关人员的参考书。

本教材建议总课时 60 学时 (含实验 10 学时), 具体学时分配见表 0-1:

本书主编：王英杰；副主编：王美玉。全书由王英杰拟定编写提纲和统稿，郭晓平审稿。

表 0-1 课时分配

单元	建议学时	单元	建议学时	单元	建议学时
绪论、第一单元	2	第七单元	4	第十三单元	2
第二单元	6	第八单元	4	第十四单元	2
第三单元	2	第九单元	4	第十五单元	2
第四单元	6	第十单元	4	实验	10
第五单元	4	第十一单元	6		
第六单元	2	第十二单元	实习中进行		
小计	22		22		16
总计	60（包括实验 10 学时）				

绪论、第一单元至第五单元由王英杰编写；第六单元和第七单元由侯小兵编写；第八单元和第九单元由王美玉编写；第十单元和第十一单元由孙曼曼编写；第十二单元由王中才编写；第十三单元和第十四单元由陈妍编写；第十五单元由石爱军编写。

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。

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。

编 者
《金属材料及其成形加工》编写组

目 录

前言

绪论 1

第一单元 金属材料及其成形加工过程

简介 3

模块一 金属材料的分类 3

模块二 钢铁材料生产过程简介 4

模块三 机械产品制造过程简介 7

模块四 机械产品加工工艺方法简介 8

综合训练 9

第二单元 金属材料基础知识 10

模块一 金属材料的性能 10

模块二 金属材料的晶体结构 21

模块三 纯金属的结晶过程 24

模块四 金属材料的同素异构转变 26

模块五 合金的相结构 27

模块六 合金结晶过程 28

模块七 金属材料铸锭组织特征 29

模块八 铁碳合金的基本组织 31

模块九 铁碳合金相图 33

综合训练 37

第三单元 非合金钢 41

模块一 杂质元素对钢材性能的影响 41

模块二 非合金钢的分类 42

模块三 非合金钢的牌号及用途 43

综合训练 48

第四单元 钢的热处理 49

模块一 钢在加热时的组织转变 50

模块二 钢在冷却时的组织转变 51

模块三 退火与正火 52

模块四 淬火 54

模块五 回火 56

模块六 表面热处理与化学热处理 57

综合训练 60

第五单元 低合金钢与合金钢 62

模块一 合金元素在钢材中的作用 62

模块二 低合金钢和合金钢的分类与牌号 64

模块三 低合金钢 66

模块四 合金钢 68

综合训练 73

第六单元 铸铁 76

模块一 铸铁概述 76

模块二 常用铸铁 77

模块三 合金铸铁 83

综合训练 84

第七单元 非铁金属及其合金 86

模块一 铝及铝合金 86

模块二 铜及铜合金 91

模块三 钛及钛合金 95

模块四 滑动轴承合金 96

模块五 硬质合金 98

综合训练 100

第八单元 铸造成形 102

模块一 铸造概述 102

模块二 砂型铸造 103

模块三 金属铸造性能 110

模块四 特种铸造简介 114

综合训练 116

第九单元 锻压成形 117

模块一 锻压概述 117

模块二 金属锻压加工基础知识 118

模块三 金属锻造工艺 122

模块四 冲压 127

综合训练 130

第十单元 焊接成形 132

模块一 焊接概述 132

模块二 焊条电弧焊 133

模块三 气焊与气割 139

模块四 其他焊接方法简介 143

模块五 常用金属材料的焊接 146

综合训练 149

第十一单元 金属切削加工基础 151

模块一 金属切削加工概述 151

模块二 切削加工运动分析及切削要素 152

模块三 切削刀具 154

模块四	金属切削过程中的物理现象	157
模块五	金属切削机床的分类和编号	160
模块六	车床及车削加工	161
模块七	钻床及钻削加工、镗床及镗削加工	172
模块八	刨床及刨削加工、插床及插削加工	175
模块九	铣床及铣削加工	177
模块十	磨床及磨削加工	179
模块十一	圆柱齿轮齿形加工方法	184
模块十二	精密加工方法简介	187
综合训练		189
第十二单元 钳工		192
模块一	钳工概述	192
模块二	划线	193
模块三	錾削	199
模块四	锯削	202
模块五	锉削	204
模块六	钻孔、扩孔和铰孔	207
模块七	攻螺纹和套螺纹	210

模块八	刮削	212
模块九	弯曲、矫正	214
综合训练		216

第十三单元 特种加工与数控加工

简介

模块一	常用特种加工方法简介	218
模块二	数控加工简介	221
综合训练		225

第十四单元 切削加工工艺过程制订

模块一	切削加工工艺过程概述	226
模块二	零件的安装和定位基准	228
模块三	零件切削加工工艺过程的制订	232
综合训练		234

第十五单元 机械装配

模块一	机械装配概述	236
模块二	机械装配方法	238
模块三	机械装配工艺规程的制订	240
综合训练		243

参考文献

1	机械制图	1
2	机械制图	2
3	机械制图	3
4	机械制图	4
5	机械制图	5
6	机械制图	6
7	机械制图	7
8	机械制图	8
9	机械制图	9
10	机械制图	10
11	机械制图	11
12	机械制图	12
13	机械制图	13
14	机械制图	14
15	机械制图	15
16	机械制图	16
17	机械制图	17
18	机械制图	18
19	机械制图	19
20	机械制图	20
21	机械制图	21
22	机械制图	22
23	机械制图	23
24	机械制图	24
25	机械制图	25
26	机械制图	26
27	机械制图	27
28	机械制图	28
29	机械制图	29
30	机械制图	30
31	机械制图	31
32	机械制图	32
33	机械制图	33
34	机械制图	34
35	机械制图	35
36	机械制图	36
37	机械制图	37
38	机械制图	38
39	机械制图	39
40	机械制图	40
41	机械制图	41
42	机械制图	42
43	机械制图	43
44	机械制图	44
45	机械制图	45
46	机械制图	46
47	机械制图	47
48	机械制图	48
49	机械制图	49
50	机械制图	50
51	机械制图	51
52	机械制图	52
53	机械制图	53
54	机械制图	54
55	机械制图	55
56	机械制图	56
57	机械制图	57
58	机械制图	58
59	机械制图	59
60	机械制图	60

绪论

金属材料是人类社会发展的重要物质基础,人类利用金属材料制作了生产和生活用的工具、设备及设施,不断改善了人类生存的环境与空间,创造了丰富的物质文明和精神文明。科学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,它会极大地促进人类社会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。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。

同时,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 年到 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,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,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的目的。

回顾历史,我国在金属材料及其成形加工方面具有辉煌的一页。我国曾是世界上使用和加工金属材料最早的国家之一。我国使用 and 加工铜的历史约有 4000 多年,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。要制造这么庞大的精美青铜器,需要经过雕塑、制造模样与铸型、冶炼、浇注等工序,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,如果没有大规模的劳动分工组织、精湛的雕塑艺术及铸造成形技术,是不可能完美地制造成功的。

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样,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 2400 多年,但是这把剑在出土时却没有一点锈斑,完好如初,而且刀口磨制得非常精细,说明当时不仅已掌握了金属冶炼、锻造成形、热处理及防腐蚀技术。而在唐朝(约公元 7 世纪)时期,我国已应用锡钎焊和银钎焊技术,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 6.6mm 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》是世界上阐述有关金属材料及其成形加工工艺内容的最早的科学著作之一。

新中国成立后,我国在金属材料及其成形加工工艺理论研究方面有了突飞猛进的发展。2006年钢铁产量突破4亿吨,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及其成形加工工艺方面达到了新水平。

历史充分说明,我国在金属材料及其成形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。

随着现代科学技术的发展,金属材料及其成形加工工艺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,突破了传统的金属材料成形加工方法,提高了金属材料成形加工工艺水平,降低了机械制造成本,提高了机械产品的使用性能。

同时,金属材料及其成形加工工艺水平的高低,在某种程度上代表着一个国家的机械制造水平,与国民经济的快速发展有着密切的关系。只有金属材料及其成形加工水平的不断提高,才会有力地促进现代工业、农业、航天事业等飞速发展,才会在知识经济和世界经济一体化进程中保持发展优势。但是,目前我国与发达国家相比,在金属材料及其成形加工工艺方面还有一定的差距,非常需要我们深入地研究有关金属材料及其成形加工工艺理论,不断地学习和掌握新技术、新工艺、新设备和新材料,为国家的现代化建设作贡献。

《金属材料及其成形加工》教材比较系统地介绍了金属材料及其成形加工方面的知识,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题的,主要发生在机械产品的制造过程中,其中60%~70%是由于成形加工工艺因素造成的。机械产品质量差,会造成机械制造成本增加,资源、人力和物力的严重浪费,机械产品竞争力低;相反,机械产品质量好,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。因此,通过该课程的学习,可以促进我们高度重视机械产品质量与社会效益关系、环境保护与清洁生产的关系等。同时,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。

《金属材料及其成形加工》在内容编写方面注重体现通俗易懂,在教学方法上注重对学生进行启发和引导,培养其自学能力。在学习本课程时,要多联系自己在金属材料及其成形加工方面的感性认识和生活经验,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,这样才能更好地掌握教材中的基础知识,做到全面发展。

第一单元 金属材料及其成形加工过程简介

【学习目标】 本单元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等内容，重点是金属材料的基本概念与分类，炼铁与炼钢的实质。学习之后，第一，要注意观察生活中钢与铁的区别和应用场合；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，为学习后续课程奠定基本知识。另外，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及其成形加工方面的生产过程。

金属材料由于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，广泛地应用于机械制造、工程建设、交通、石油化工、农业、国防等领域，因此，了解金属材料的分类、性能以及成形加工过程等具有重要意义。

模块一 金属材料的分类

一、金属材料的基本概念

金属材料是由金属元素或以金属元素为主要材料构成的，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，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，合金除具有较好的力学性能外，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。

二、金属材料的分类

金属材料通常分为钢铁材料（黑色金属）和非铁金属（有色金属）两大类，如图 1-1 所示。

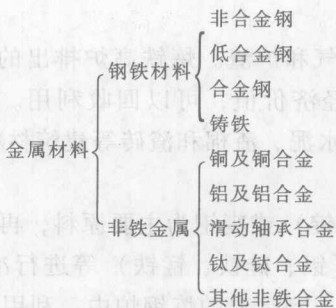


图 1-1 金属材料分类

(1) 钢铁材料 以铁或以它为主形成的金属材料,称为钢铁材料,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,如铜、铝、镁、钛、锌、锡、铅等。

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,如高温合金、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、形状记忆合金、超细金属隐身材料)等。

模块二 钢铁材料生产过程简介

一、钢铁材料生产过程简介

钢铁是铁和碳的合金。钢铁材料按碳的质量分数 $w(\text{C})$ (含碳量) 进行分类,包括工业纯铁 ($w(\text{C}) < 0.0218\%$), 钢 ($w(\text{C}) = 0.0218\% \sim 2.11\%$) 和生铁 ($w(\text{C}) > 2.11\%$)。

生铁由铁矿石经高炉冶炼后获得,它是炼钢和铸造成形的主要原材料。

钢材生产是以生铁为主要原料,将生铁装入高温炼钢炉里,通过氧化作用降低铁液中碳和杂质元素的质量分数,获得钢液,然后将钢液铸成铸锭,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。

二、炼铁

铁的化学性质活泼,自然界中的铁,绝大多数是以含铁的化合物形式存在的,如 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 等。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 (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粉转变成密度小、熔点低和流动性好的炉渣,并使之与铁液分离,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。经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。根据不同的需要,生铁可分为两类:铸造生铁和炼钢生铁。

高炉炼铁产生的副产品是煤气和炉渣。炼铁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 ,它们可以回收利用,生成水泥、渣棉和渣砖等建筑材料。

三、炼钢

炼钢是以生铁(铁液或生铁锭)或废钢为主要原料,再加入熔剂(石灰石、氟石)、氧化剂(O_2 、铁矿石)和脱氧剂(铝、硅铁、锰铁)等进行冶炼的。炼钢的主要任务是把生铁熔化成液体,或直接将铁液注入到高温的炼钢炉中,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,就得到了需要的钢种。所以,用生铁炼钢,实质上是一个氧

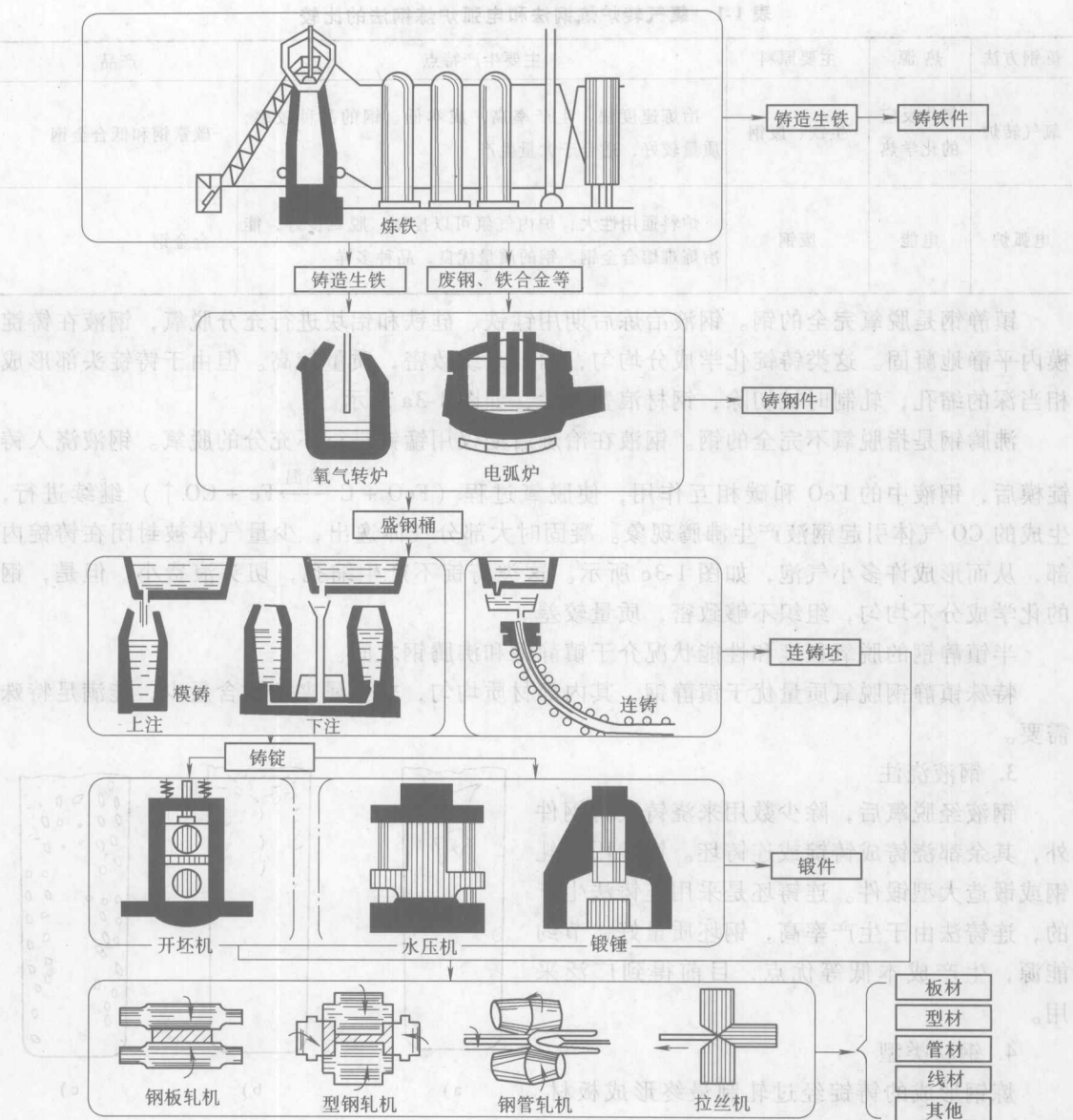


图 1-2 钢铁材料生产过程示意图

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。两种炼钢方法的热源及特点比较列于表 1-1。

2. 钢液脱氧

钢液中过剩的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。按钢液脱氧程度的不同，钢材可分为特殊镇静钢（TZ）、镇静钢（Z）、半镇静钢（b）和沸腾钢（F）四种。

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	主要生产特点	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

镇静钢是脱氧完全的钢。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 1-3a 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，钢液中的 FeO 和碳相互作用，使脱氧过程 ($\text{FeO} + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$) 继续进行，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，从而形成许多小气泡，如图 1-3c 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。

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，能满足特殊需要。

3. 钢液浇注

钢液经脱氧后，除少数用来浇铸成铸钢件外，其余都浇铸成铸锭或连铸坯。铸锭用于轧钢或锻造大型锻件。连铸坯是采用连铸法生产的，连铸法由于生产率高，钢坯质量好，节约能源，生产成本低等优点，目前得到广泛采用。

4. 钢材类型

炼钢形成的铸锭经过轧制最终形成板材、管材、型材、丝材及其他类型钢材。

(1) 板材 板材一般分为厚板和薄板。板材厚度为 4~60mm 的为厚板，常用于造船、锅炉和压力容器；板材厚度在 4mm 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；有缝钢管是采用带钢焊接制成，用于制作煤气及自来水管道等。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制成的。其中的高碳钢丝用于制作弹簧丝或

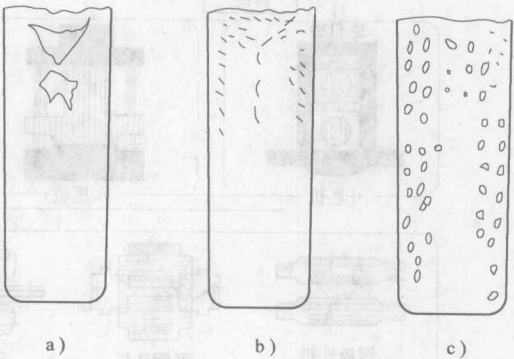


图 1-3 镇静铸锭、半镇静铸锭和沸腾铸锭剖面示意图

a) 镇静铸锭 b) 半镇静铸锭 c) 沸腾铸锭

钢丝绳，低碳钢丝用于捆绑或编织等。

(5) 其他类型钢材 其他类型钢材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。

模块三 机械产品制造过程简介

机械产品的制造过程一般分为机械产品设计、机械产品制造与机械产品使用三个阶段，如图 1-4 所示。

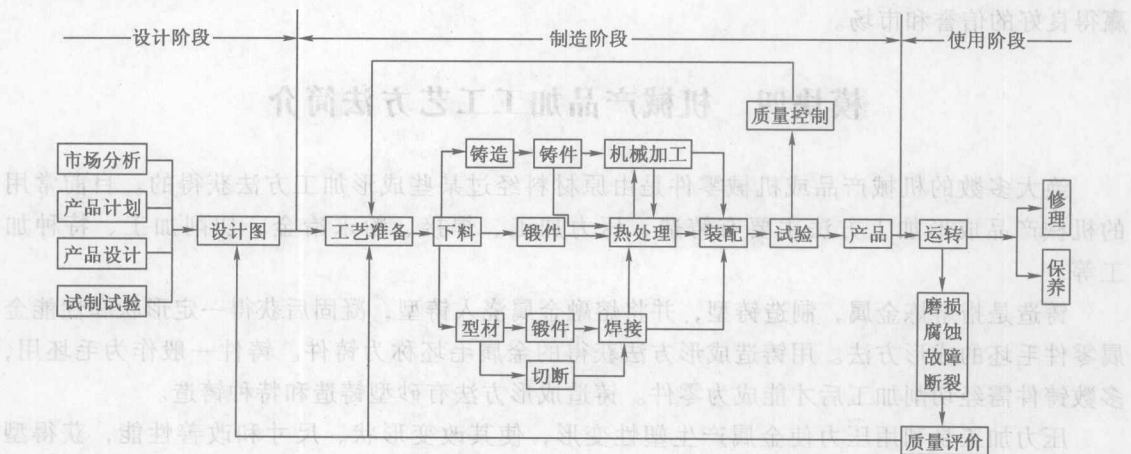


图 1-4 机械产品制造过程的三个阶段

1. 机械产品设计阶段

在机械产品设计阶段企业首先要从市场需求、产品性能、生产数量等方面出发，制订出机械产品的研制规划。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。然后设计人员根据机械零件服役条件、性能及环境保护等要求，选择合理的金属材料以及合理的成形加工方法，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，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、操纵性能、安全性能、涂装性能，以及使用起来舒适、燃料消耗低、噪声小等要求。在满足了机械产品性能和成本要求的前提下，则由工艺部门编制成形加工工艺规程或工艺图，并交付生产部门生产。在设计过程中要特别重视零件性能要求、服役条件、金属材料选择及其成形加工方法的相互协调，保证机械产品生产过程中高质量、高效益和高效率。

2. 机械产品制造阶段

生产部门根据成形工艺规程与机械零件图进行零件制造，然后进行装配。通常不能根据设计图直接进行成形加工，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成形加工完成后的最终状态图，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，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金属坯料，并进行预定的成形加工。准备好金属材料后，可以根据机械零件的结构特点，采用铸造、锻造、机械加工、热处理等不同的成形加工方法，然后分别在各类车间逐步进行成形加

工。零件成形加工完成后再装配成部件或整机。机械产品装配完后,要按设计要求进行各种试验,诸如,空载试验与负荷试验、力学性能试验与使用寿命试验以及其他单项试验等。整体验收合格后,则可进行涂装、包装和装箱,最后投入市场。

3. 机械产品使用阶段

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,而且还能赢得良好的信誉和市场。

模块四 机械产品加工工艺方法简介

绝大多数的机械产品或机械零件是由原材料经过某些成形加工方法获得的。目前常用的机械产品成形加工方法主要有铸造、压力加工、焊接、粉末冶金、切削加工、特种加工等。

铸造是指熔炼金属,制造铸型,并将熔融金属浇入铸型,凝固后获得一定形状和性能金属零件毛坯的成形方法。用铸造成形方法获得的金属毛坯称为铸件。铸件一般作为毛坯用,多数铸件需经切削加工后才能成为零件。铸造成形方法有砂型铸造和特种铸造。

压力加工是利用压力使金属产生塑性变形,使其改变形状、尺寸和改善性能,获得型材、棒材、板材、线材和锻压件的成形方法。它包括锻造、冲压、挤压、轧制、拉拔等。

焊接是指通过加热或加压或同时加热加压,并且用或不用填充材料使工件达到结合的一种成形工艺方法。焊接成形方法很多,通常分为三大类:熔焊、压焊和钎焊。

(1) 熔焊 它是将待焊处的母材金属熔化以形成焊缝的焊接方法,如气焊、电弧焊(焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊)、电渣焊、等离子弧焊、电子束焊、激光焊等。

(2) 压焊 焊接过程中,必须对焊件施加压力(加热或不加热)以完成焊接的焊接方法称为压焊,如高频焊、爆炸焊、冷压焊、摩擦焊、电阻焊(点焊、缝焊、对焊)、超声波焊、扩散焊、锻焊等。

(3) 钎焊 采用比母材熔点低的金属材料作钎料,将焊件和钎料加热到高于钎料熔点,低于母材熔化温度,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接焊件的工艺方法称为钎焊。钎焊分为硬钎焊和软钎焊。

粉末冶金是用金属粉末(或金属粉末与非金属粉末的混合物)作原料,经过压制成形、烧结等工序,制成各种金属制品或金属材料的一种冶金方法。粉末冶金法与陶瓷生产有相似的地方,故也称为金属陶瓷法。粉末冶金的产品有含油轴承、刹车片、硬质合金等。

切削加工是指从工件表面切除一层多余的金属,从而形成已加工表面的过程,如钻削加工、车削加工、铣削加工、刨削加工、插削加工、磨削加工等。

特种加工是将电能、磁能、化学能、光能、声能、热能等或其组合施加在工件的被加工部位上,从而使材料去除、变形、改变性能或被镀层的非传统的加工方法,如电解加工、超声波加工、电火花加工、激光加工、电子束加工、等离子弧加工等。特种加工方法是现代科学技术与切削加工相互结合的新型加工方法。

综合训练

一、名词解释

1. 金属材料 2. 合金 3. 钢铁材料 4. 非铁材料 5. 钢铁

二、填空题

- 金属材料一般可分为黑色材料和有色材料两类。
- 钢铁材料是由铁、碳及 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高炉而获得的。高炉生铁一般分为炼钢生铁和铸造生铁两种。
- 现代炼钢方法主要有转炉和电炉。
- 根据钢液的脱氧程度不同，钢可分为镇静钢、半镇静钢、沸腾钢和特殊镇静钢。
- 机械产品的制造过程一般分为毛坯制造、机械加工和热处理三个阶段。
- 铸锭经过轧制最终会形成棒材、线材、管材和板材等产品。

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。()
- 电弧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？
- 炼钢的主要原料有哪些？
- 镇静钢和沸腾钢之间有何差异？

五、观察与调研

生活中你见过哪些金属材料，有何用途？

第二单元 金属材料基础知识

【学习目标】 本单元主要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、同素异构转变、铸锭组织等知识；介绍铁碳合金的基本组织、相图及其应用等内容。在学习时，要注意以下几个方面：第一，要准确理解有关定义、结构和组织特征；第二，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的解释，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；第三，因为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。

模块一 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。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，它包括力学性能、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或工具的过程中，适应各种冷、热加工的性能，也就是金属材料采用某种成形加工方法制成成品的难易程度，它包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能等。例如，某种金属材料采用焊接方法容易得到合格的焊件，就说明该金属材料的焊接工艺性能好。

在机械制造过程中，为了设计制造具有较强竞争力的产品，必须了解和掌握金属材料的各种性能，以便使机械产品在设计、选材和制造等方面体现出最优化。

一、金属材料的力学性能

金属材料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 (MPa)。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。金属材料力学性能指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1. 强度

强度是金属材料抵抗永久变形和断裂的能力。金属材料的强度指标可以通过拉伸试验测得。金属材料抵抗拉伸力的强度指标主要有屈服点、规定残余伸长强度、抗拉强度等。

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。试验过程中通常采用圆柱形拉伸试样，如图 2-1 所示。拉伸试样分为短拉伸试样和长拉伸试样两种。长拉伸试样 $L_0 = 10d_0$ ；短拉伸试样