

机械制造基础

杨明金 邱 兵 主编
强 华 杨 玲



科学出版社

机

主 编	杨明金	邱 兵	强 华	杨 玲
副主编	段向敏	翟彦博	杨 艳	
参 编	张建军	田永酉	郑应彬	
	牛 坡	吴雨唐		
主 审	吴 波			

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书依据教育部制订的“高等学校工程材料及机械制造基础课程教学基本要求”编写而成。以机械制造工艺过程的基本理论和基本知识为主线,系统地介绍了机械制造工艺过程所涉及的主要工艺方法,以及有关工艺的新技术、新方法及新发展。本书共9章,包括工程材料、铸造、锻压、焊接、切削加工的基础知识、常用切削加工方法、精密与光整加工、典型表面加工分析和加工工艺分析。内容以工艺和常规为主,文字简练,深入浅出,尽量以图形和表格形式取代文字叙述,便于自学。

本书作为高等工科院校机械制造基础(或金属工艺学)教材,可供机械类专业、部分非机械类专业,以及高职、高专相关专业师生使用,也可供有关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础 / 杨明金等主编. —北京: 科学出版社, 2017.1

ISBN 978-7-03-050830-0

I. ①机… II. ①杨… III. ①机械制造-高等学校-教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第289200号

责任编辑: 邓 静 张丽花 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

大厂书文印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年1月第一版 开本: 787×1092 1/16

2017年1月第一次印刷 印张: 12

字数: 285 000

定价: 36.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

“机械制造基础”是学生学习机械制造系列课程中必不可少的先修课程，是机械类学生必修的一门主干技术基础课程，也是近机械类和部分非机械类专业普遍开设的一门课程。

本书依据教育部制订的“高等学校工程材料及机械制造基础课程教学基本要求”，以机械制造工艺过程的基本理论和基本知识为主线，整合了选材、毛坯、加工和工艺分析等相关知识，系统地介绍了机械制造工艺过程所涉及的主要工艺方法，以及有关工艺的新技术、新方法及新发展。

本书内容的选择和编写具有以下特点。

(1)与配套实习教材和后续课程紧密配合，互为补充，便于教学，实用性强。例如，数控加工、特种加工和现代制造管理等内容在实习教材已有叙述，本书不再赘述；工程材料有专门课程涉及，本书只介绍相关基础知识。

(2)根据实际教学需要选择与安排教材内容，既系统、丰富，又突出重点。每个章节既相互联系，又相对独立，可以满足不同专业、不同层次、不同学时的教学需要。

(3)坚持以工艺为主、以常规为主，各章基本以基础理论、工艺方法、工艺设计、结构工艺性为主线展开，并辅以新发展，以渐进方式培养学生的工程素养。

(4)文字简练，深入浅出，尽量以图形和表格形式取代文字叙述，便于自学。

(5)技术术语、材料牌号、量名称和单位符合现行国家标准及其他相关标准。

本书的绪论和第5章由西南大学杨明金编写，第1章由西南大学张建军编写，第2章由西南大学翟彦博编写，第3章由西南大学段向敏、吴雨唐编写，第4章由西南大学郑应彬编写，第6章由重庆人文科技学院强华编写，第7章由西南大学邱兵编写，第8章由重庆文理学院杨艳、田永西编写，第9章由西南大学杨玲、牛坡编写。西南大学高博、张引航等参与了本书部分章节的资料收集。全书由杨明金负责统稿和定稿。

本书由华中科技大学机械科学与工程学院吴波主审。

由于编者水平有限，书中难免有欠妥和不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2016年9月

目 录

绪论	1
第1章 工程材料	3
1.1 金属材料的力学性能	3
1.2 铁碳合金	4
1.3 钢的热处理	5
1.4 常用金属材料	6
1.4.1 钢	6
1.4.2 铸铁	7
1.4.3 有色金属	7
1.5 其他工程材料	8
复习思考题	9
第2章 铸造	10
2.1 铸造的工艺基础	10
2.1.1 液态合金的充型	10
2.1.2 铸件的凝固与收缩	13
2.1.3 铸造内应力、变形和裂纹	16
2.1.4 铸件中的气孔	19
2.2 常用合金铸件的生产	20
2.2.1 铸铁件的生产	20
2.2.2 铸钢件的生产	21
2.2.3 铝、铜合金铸件的生产	22
2.3 砂型铸造	22
2.3.1 造型方法的选择	23
2.3.2 浇注位置和分型面的选择	26
2.3.3 工艺参数的确定	27
2.3.4 综合分析举例	29
2.4 砂型铸件的结构设计	32
2.4.1 铸造工艺对铸件结构的要求	32
2.4.2 合金铸造性能对铸件结构的要求	33
2.5 特种铸造	34
2.5.1 熔模铸造	35
2.5.2 金属型铸造	36
2.5.3 压力铸造	38

2.5.4 低压铸造	39
2.5.5 离心铸造	40
复习思考题	41
第3章 锻压	43
3.1 锻压的工艺基础	44
3.1.1 金属塑性变形的实质	44
3.1.2 冷变形强化与再结晶	45
3.1.3 锻造流线与锻造比	47
3.1.4 金属的可锻性	48
3.2 锻造	49
3.2.1 锻造方法	49
3.2.2 锻造工艺规程的制订	55
3.2.3 锻件的结构工艺性	58
3.3 冲压	60
3.3.1 分离工序	60
3.3.2 变形工序	62
3.3.3 冲压件的结构工艺性	65
3.4 其他压力加工方法	67
3.4.1 精密模锻	67
3.4.2 挤压成形	67
3.4.3 轧制成形	68
3.4.4 拉拔成形	69
3.4.5 液态模锻	69
3.4.6 粉末锻造	70
复习思考题	70
第4章 焊接	72
4.1 焊接的工艺基础	72
4.1.1 焊接的冶金过程	72
4.1.2 焊接的结晶过程	73
4.1.3 金属材料的焊接性	74
4.2 电弧焊	74
4.2.1 焊接电弧	74
4.2.2 焊接接头的组织与性能	75
4.2.3 焊接应力与变形	77
4.2.4 焊条电弧焊	80
4.2.5 埋弧焊	80
4.2.6 气体保护焊	82
4.2.7 等离子弧焊接与切割	83
4.3 其他常用的焊接方法	84
4.3.1 电阻焊	84

4.3.2 摩擦焊	86
4.3.3 钎焊	87
4.3.4 真空电子束焊	88
4.3.5 激光焊	88
4.3.6 高频焊	89
4.4 常用金属材料的焊接	91
4.4.1 碳钢的焊接	91
4.4.2 合金结构钢的焊接	92
4.4.3 铸铁的补焊	92
4.4.4 有色金属及其合金的焊接	93
4.5 焊接结构的工艺性	94
4.5.1 焊接结构件材料的选择	94
4.5.2 焊接方法的选择	95
4.5.3 焊接接头的工艺设计	96
4.6 其他	100
4.6.1 焊接机器人	100
4.6.2 焊接柔性生产系统	101
复习思考题	102
第5章 切削加工的基础知识	104
5.1 金属切削的基础知识	104
5.1.1 切削运动、切削要素及切削层参数	104
5.1.2 刀具材料及刀具构造	105
5.1.3 金属切削过程	108
5.1.4 切削加工技术经济性	110
5.2 金属切削机床的基础知识	110
5.2.1 机床的类型	110
5.2.2 机床的基本构造	112
5.2.3 机床夹具	114
5.3 切削加工的零件质量	115
5.3.1 加工精度	115
5.3.2 表面质量	116
复习思考题	117
第6章 常用切削加工方法	118
6.1 车削的工艺特点及其应用	118
6.1.1 车削的工艺特点	118
6.1.2 车削的应用	119
6.2 铣削的工艺特点及其应用	120
6.2.1 铣削的工艺特点	120
6.2.2 铣削方式	121
6.2.3 铣削的应用	123

6.3	刨削、拉削的工艺特点及其应用	125
6.3.1	刨削的工艺特点	125
6.3.2	刨削的应用	125
6.3.3	拉削	126
6.4	钻削、镗削的工艺特点及其应用	127
6.4.1	钻削的工艺特点	128
6.4.2	钻削的应用	129
6.4.3	扩孔和铰孔	130
6.4.4	镗孔	131
6.5	磨削的工艺特点及其应用	133
6.5.1	磨削过程	133
6.5.2	磨削的工艺特点	134
6.5.3	磨削的应用	135
	复习思考题	140
第7章	精密与光整加工	141
7.1	精密加工	141
7.2	光整加工	142
7.2.1	研磨	142
7.2.2	珩磨	143
7.2.3	超级光磨	144
7.2.4	抛光	145
7.3	超精密加工概述	146
7.3.1	超精密加工的概念和分类	146
7.3.2	超精密加工的基本条件	147
	复习思考题	147
第8章	典型表面加工分析	148
8.1	外圆面的加工	148
8.1.1	外圆面的技术要求	148
8.1.2	外圆面的加工方案	149
8.2	孔的加工	150
8.2.1	孔的技术要求	150
8.2.2	孔的加工方案	150
8.3	平面的加工	152
8.3.1	平面的技术要求	152
8.3.2	平面的加工方案	152
8.4	成形面的加工	153
8.4.1	成形面的技术要求	153
8.4.2	成形面的加工方法	153
8.5	螺纹的加工	155
8.5.1	螺纹的基本要素和技术要求	155

8.5.2 螺纹的加工方法	156
8.6 齿轮齿形的加工	160
8.6.1 齿轮的技术要求	160
8.6.2 齿轮齿形的加工方法	160
复习思考题	165
第9章 加工工艺分析	166
9.1 工艺过程的基本知识	166
9.1.1 基本概念	166
9.1.2 工艺规程的拟订	168
9.1.3 典型零件的工艺过程	175
9.2 零件的结构工艺性	178
9.2.1 一般原则	178
9.2.2 实例分析	178
复习思考题	181
参考文献	182

绪 论

1. 机械制造的概念

人类的物质文明是从制造业开始的。我国是四大文明古国之一，为世界留下了璀璨的物质文明。例如，《诗经》上有记载：“有匪君子，如切如磋，如琢如磨。”切、磋、琢、磨便是我国古时加工骨头、象牙、玉和石头的方法。

机械，英文 Machinery，源自希腊语 Mechine 及拉丁文 Machina，本意为“巧妙的设计”。中文“机”原指局部的关键机件，“械”原指某一整体器械或器具。两字连在一起组成“机械”一词，构成一般性的机械概念。“机”字表达有关键的含义，故有“机关”、“机要”和“天机”之说。机械现为机构和机器的总称。

机械制造，即制造机械，它是制造的最根本任务。广义的机械制造是指围绕机械的产出所涉及的一切活动，即利用制造资源(设计方法、工艺、设备、工具和人力等)将材料转变成具有特定功能、能够为人类服务的有用产品的全过程和一切活动。

现代工业生产的机械产品大多是由多个零件经装配而成的。多数零件由于形状复杂或者精度和表面质量要求较高，难以采用单一的方法直接生产。首先，在某种产品或零件投产前，必须完成各项技术准备，包括拟订工艺规程、供应原材料、配备工具、准备热处理设备和检测仪器等。其次，用铸造、锻压、焊接等方法制成毛坯，或者选用型材为毛坯。然后，经过切削加工方法制成所需的合格零件。最后，将制成的零件经过装配和检验成为产品。

随着现代科学技术的发展，机械制造的观念会有所更新，机械制造的范畴会逐步扩展，机械制造过程和生产工艺也会相应改变。

2. 机械制造业在国民经济中的作用

机械制造业担负着向国民经济各部门提供技术装备的任务。国民经济各部门的生产技术水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性。因此，机械制造业的技术水平和规模是衡量一个国家工业化程度和国民经济综合实力的重要标志。

据国外统计，在经济发展阶段，制造业的发展速度要高出整个国民经济的发展速度。如美国 68% 的财富来源于制造业，日本国民总产值的 49% 是由制造业提供的，中国的制造业在工业总产值中也占有 40% 的比例。因此，制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。

为了在新一轮工业革命中占领先机，争夺国际产业竞争话语权，美国在 2012 年出台了“国家先进制造战略计划”，德国在 2013 年实施了“德国工业 4.0 战略”，日本于 2015 年出台了“机器人新战略”。中国则于 2015 年部署推进实施“中国制造 2025”，以实现制造业升级，其根本目标在于改变中国制造业“大而不强”的局面，通过 10 年的努力，使中国迈入制造强国行列，为到 2045 年将中国建成具有全球引领和影响力的制造强国奠定坚实基础。

3. 课程的性质和主要内容

“机械制造基础”是学生学习机械制造系列课程中必不可少的先修课程，是机械类学生必修的一门主干技术基础课程，也是近机械类和部分非机械类专业普遍开设的一门课程。

本课程的实践性强，学习本课程之前学生应对机械制造过程具有一定的感性知识。因此，本课程应在“机械制造基础实习”（“金工实习”或“工程训练”）之后进行讲授。通过实习，使学生初步熟悉毛坯和零件的成形、切削方法，常用设备和工具的基本原理、结构及使用，并对毛坯或零件加工工艺过程有一定的了解。在此基础上学习本课程才能达到预期的教学效果。

本书以机械制造工艺过程的基本理论和基本知识为主线，整合了选材、毛坯、加工和工艺分析等相关知识，主要内容如下。

(1) 工程材料。介绍金属材料的力学性能、铁碳合金成分-组织-性能之间的关系、钢的热处理、常用金属材料和其他工程材料等。

(2) 铸造。介绍铸造的工艺基础、常用合金铸件的生产方法、砂型铸造的工艺内容和结构设计等。

(3) 锻压。介绍锻压的工艺基础、锻造方法、锻造工艺、冲压的基本工序、锻件和冲压件的结构工艺性等。

(4) 焊接。介绍焊接的工艺基础、常用的焊接方法、常用金属材料的焊接、焊接结构的工艺性等。

(5) 切削加工基础知识。介绍金属切削基础知识、金属切削机床、工艺和夹具、切削加工的零件质量等。

(6) 常用切削加工方法。介绍常用切削加工方法的工艺特点及其应用等。

(7) 精密和光整加工。介绍常用精密加工方法、常用光整加工方法等。

(8) 典型表面加工分析。介绍常用表面的技术要求和加工方案的选择。

(9) 加工工艺分析。介绍工艺过程的基本知识和零件的结构工艺性。

4. 课程的目的、任务和基本要求

本课程的目的和任务是使学生获得机械制造过程中所必须具备的基础知识和技能。学生学习本课程后，应了解常用金属材料和其他工程材料的性能，并初步具有合理选用所需材料的能力；初步掌握选用毛坯或零件的成形方法及常用切削加工方法；熟悉常用表面的技术要求和加工方案；了解工艺规程制订的原则，具有零件的结构工艺性分析的能力。

由于本课程实践性强，涉及知识面广，因此学习本课程时，除要重视基本概念、基本知识外，一定要注意理论与实践的结合，只有结合实践才能加深对课程内容的理解，并将所学的知识转为工程和技术的应用。

第1章 工程材料

材料是人们用来制造各种有用器具的物质，是人类生活和生产的物质基础。工程材料即在各工程领域中使用的材料。

按照使用性能的不同，工程材料可分为结构材料和功能材料两大类。结构材料以力学性能为主要使用性能，用于工程结构和机械零件等；功能材料以某些物理化学或生物功能等为主要使用性能，用于特殊功能零件。按照化学组成的不同，工程材料又可分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料4大类。

金属材料是最重要的工程材料，包括黑色金属和有色金属。前者是指铁和以铁为基的合金(如钢、铸铁和铁合金等)，后者是指除黑色金属以外的所有金属及其合金(如铜、铝、镁、锌及其合金等)。

1.1 金属材料的力学性能

金属的力学性能(又称为机械性能)，是指金属材料在不同的温度、介质等环境因素下，承受外加载荷(静载荷、动载荷和交变载荷等)作用所表现出来的性能。常用的力学性能指标有强度、刚度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

1. 强度

强度是指材料抵抗塑性变形和断裂的能力，工程上常用室温下的静载强度来评价，按照外力作用的形式不同，可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等。

2. 刚度

刚度是指材料受力时抵抗弹性变形的能力，是衡量材料产生弹性变形难易程度的指标，工程上常用弹性模量 E (单向拉伸或压缩时)及切变模量 G (剪切或扭转时)来评价。弹性模量或切变模量值越大，刚度越好。

3. 塑性

塑性是指材料受力时产生塑性变形而不断裂的能力，工程上常用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 来评价。伸长率和断面收缩率越大，塑性越好。

4. 硬度

硬度是指材料表面在外力作用下，抵抗局部变形，尤其是塑性变形、压痕或划痕的能力，是衡量材料软硬的指标。机械制造中广泛应用静载荷压入法测定硬度。按照试验方法不同，可分为布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等指标。硬度越高，材料抵抗局部塑性变形的能力越强，且在一般情况下，材料的耐磨性也较好。

5. 冲击韧性

冲击韧性是指材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力，工程上常用冲击吸收功来评价。

试样在冲击力一次作用下冲断所消耗的功称为冲击吸收功，用符号 A_k 表示。冲击试样缺口底部单位横截面积上的冲击吸收功称为冲击韧度，用符号 α_k 表示。冲击吸收功 A_k 值越大，材料韧性越好。

6. 疲劳强度

生产中，零件在循环应力作用下，在一处或几处产生局部永久性累积损伤，经一定循环次数后产生裂纹或突然发生完全断裂的过程称为疲劳断裂。材料在承受无数次应力循环而不断裂或达到规定的循环次数才断裂的最大应力，称为材料的疲劳强度。各种机器中因疲劳失效的零件占失效零件的 60%~70% 以上。

1.2 铁 碳 合 金

碳钢和铸铁是工业中应用范围最广的金属材料，它们都是以铁和碳为基本组元的合金，常称为铁碳合金。

1. 铁碳合金相图

铁碳合金相图是研究碳钢和铸铁成分、温度、组织和性能之间关系的简明示意图，是研究铁碳合金的工具，也是拟订各种热加工工艺的依据。铁碳合金相图如图 1-1 所示。

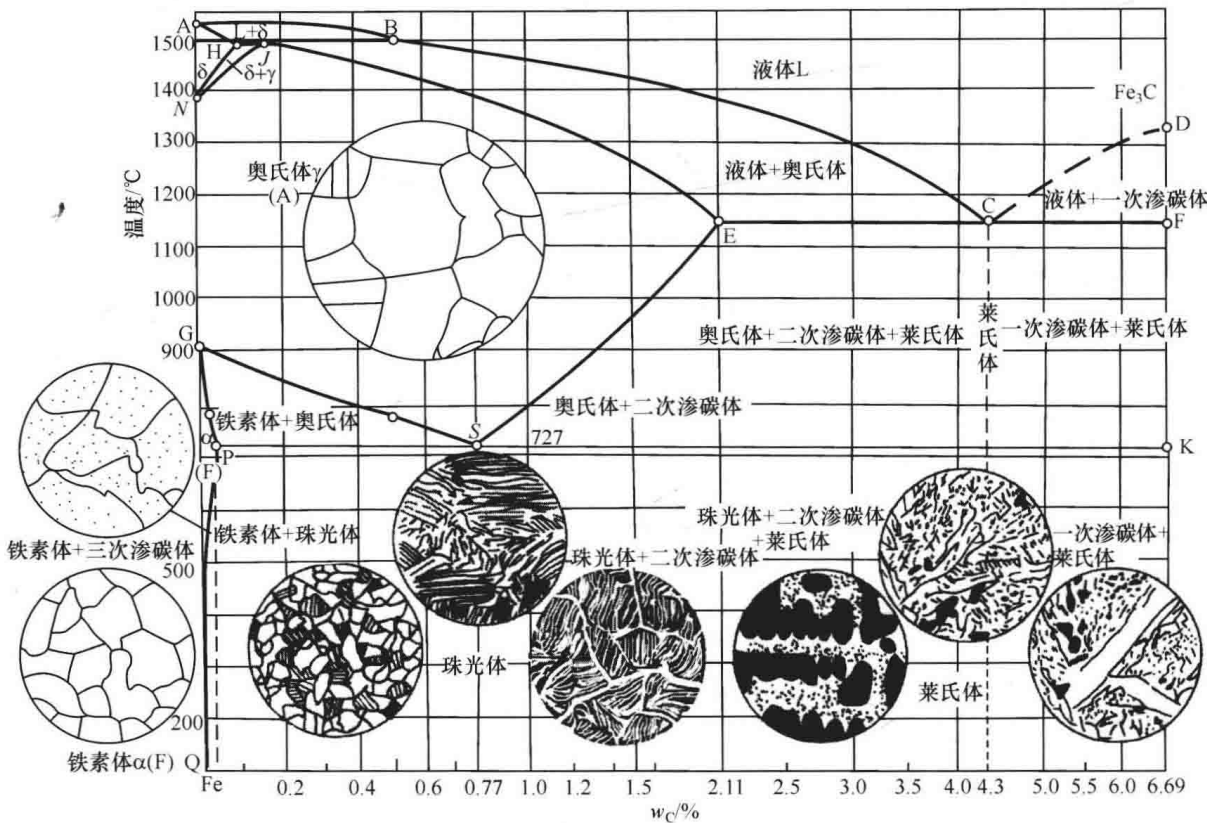


图 1-1 铁碳合金相图

2. 铁碳合金的相结构

铁碳合金中，因铁和碳在固态下相互作用不同，其相结构也不同，可形成固溶体（铁素体、奥氏体）和金属化合物（渗碳体）。

(1) 铁素体: 碳溶于 α -Fe 中的间隙固溶体, 用符号 F 或 α 表示。 α -Fe 是温度在 912°C 以下的纯铁, 晶格类型是体心立方结构。

(2) 奥氏体: 碳溶于 γ -Fe 中的间隙固溶体, 用符号 A 或 γ 表示。 γ -Fe 是温度在 $912\sim 1390^{\circ}\text{C}$ 的纯铁, 晶格类型是面心立方结构。

(3) 渗碳体: Fe 和 C 形成的金属化合物, 用 Fe_3C 表示。渗碳体在钢和铸铁中与其他相共存时呈片状、球状、网状或板状。渗碳体是碳钢中主要的强化相, 其形态、大小、数量和分布对钢的性能有很大影响。

3. 铁碳合金中的基本组织

在金相显微镜下观察到的材料各相数量、大小、分布和形态的微观形貌称为显微组织(简称组织)。材料的组织取决于其成分及工艺过程, 铁碳合金中的组织有单相组织和多相组织。

合金在固态下由一个固相组成时为单相, 其组织为单相组织, 铁碳合金中的单相组织有单相铁素体、单相奥氏体和渗碳体等。合金在固态下由两个及两个以上固相组成时为多相, 其组织为多相组织, 铁碳合金中的多相组织有珠光体和莱氏体等。珠光体是铁素体与渗碳体的机械混合物, 用符号 P 或 $(\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{C})$ 表示。莱氏体分为高温和低温两种, 奥氏体和渗碳体的机械混合物称为高温莱氏体, 用符号 L_d 或 $(\text{A} + \text{Fe}_3\text{C})$ 表示, 珠光体和渗碳体的机械混合物称为低温莱氏体, 用符号 L'_d 表示。

铁素体、渗碳体和珠光体是铁碳合金室温下的基本组织。铁素体的塑性和韧性好, 硬度低; 渗碳体硬度高, 而塑性和韧性几乎为零, 脆性大; 珠光体强度高, 塑性、韧性和硬度介于渗碳体和铁素体之间。

4. 铁碳合金相图中铁碳合金的分类

不同成分的铁碳合金, 具有不同的组织和性能。根据铁碳合金相图中 P 点和 E 点, 铁碳合金可分为工业纯铁、钢和白口铸铁 3 大类。

(1) 工业纯铁: 成分为 P 点以左(碳质量分数 $w_c < 0.0218\%$)的铁碳合金。其特点是硬度低、强度低、塑性好。

(2) 钢: 成分为 P 点至 E 点间($w_c = 0.0218\% \sim 2.11\%$)的铁碳合金。其特点是高温固态组织为塑性很好的奥氏体, 因而可进行热压力加工。钢根据 S 点和组织可分为亚共析钢、共析钢、过共析钢。

(3) 白口铸铁: 成分为 E 点以右($w_c = 2.11\% \sim 6.69\%$)的铁碳合金。其特点是液态结晶时都有共晶转变, 因而与钢相比有较好的铸造性能, 但高温组织中硬脆的渗碳体量很多, 故不能进行热压力加工。白口铸铁根据 C 点和组织可分为亚共晶白口铁、共晶白口铁、过共晶白口铁。

1.3 钢的热处理

热处理是将固态的钢通过加热、保温和冷却的方式, 获得所需组织结构和性能的工艺过程。钢的热处理的工艺方法有很多, 按照其加热和冷却方法的不同, 可分为整体热处理、表面热处理和化学热处理 3 类。

1. 整体热处理

整体热处理是对工件整体进行穿透加热的热处理工艺, 包括退火、正火、淬火和回火等。

(1) 退火: 将钢加热至适当温度保温, 然后缓慢冷却(一般为随炉冷却), 以获得接近平衡组织的热处理工艺。按照热处理的目的和要求不同, 退火可分为完全退火、等温退火、球化退火、均匀化退火和去应力退火等。

(2) 正火: 将钢加热到 Ac_3 或 Ac_{cm} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$, 保温一定时间后在空气中冷却, 以获得珠光体组织的热处理工艺。

(3) 淬火: 将钢加热到临界点 Ac_1 或 Ac_3 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$, 保温一定时间后在一定冷却介质中快速冷却, 以获得马氏体或下贝氏体组织的热处理工艺。马氏体组织的形成温度低于下贝氏体组织。

(4) 回火: 指将淬火后的钢加热到 Ac_1 以下某一温度, 保温后冷却至室温的热处理工艺。按照回火温度范围的不同, 回火可分为低温回火、中温回火和高温回火 3 类。

其中, Ac_1 为加热时珠光体向奥氏体转变的开始温度, Ac_3 为加热时铁素体全部转变为奥氏体的终了温度, Ac_{cm} 为加热时二次渗碳体全部溶入奥氏体的终了温度。

2. 表面热处理

表面热处理是对工件表层进行快速加热和冷却, 改变表层组织和性能的热处理工艺, 包括感应加热表面淬火、火焰加热表面淬火、接触加热表面淬火和激光加热表面淬火等。

3. 化学热处理

化学热处理是改变工件表层化学成分、组织和性能的热处理工艺, 包括渗碳、渗氮和氮碳共渗等。

1.4 常用金属材料

1.4.1 钢

1. 钢的分类

(1) 按照化学成分可分为非合金钢(习惯称为碳钢)和合金钢。其中, 碳钢分为低碳钢($w_c < 0.25\%$)、中碳钢($w_c = 0.25\% \sim 0.6\%$)和高碳钢($w_c > 0.6\%$); 合金钢分为低合金钢($w_{Me} < 5\%$)、中合金钢($w_{Me} = 5\% \sim 10\%$)和高合金钢($w_{Me} > 10\%$)。

(2) 按照用途可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。其中, 结构钢分为工程结构钢和机械结构钢; 工具钢分为刃具钢、量具钢和模具钢; 特殊性能钢分为不锈钢、耐热钢和耐磨钢等。

(3) 按照质量可分为普通碳钢、优质钢、高级优质钢和特殊优质钢等。高级优质钢牌号后加“A”表示。

2. 常用钢种及用途

(1) 普通碳素结构钢: 常用牌号有 Q195、Q235 等, 一般为热轧钢, 无需热处理。Q195 用于制造各种型材、建筑构件及螺钉、螺母、垫圈和铆钉等标准件, Q235 用于制造重要焊接件、不太重要的机械零件和建筑构件等。

(2) 优质碳素结构钢: 常用牌号有 08、20、45 和 65 等, 都需要热处理。08 用于冲压件, 20 用于冲压件和焊接件(经渗碳处理也可制造轴和销等), 45 用于制造齿轮、轴、连杆和套筒等, 65 多用于制造弹簧。

(3) 合金结构钢: 常用牌号有 16Mn、20CrMnTi、40Cr 和 65Mn 等。16Mn 用于制造桥梁、

建筑和车辆等重要构件, 20CrMnTi 用于制造变速齿轮和凸轮轴等, 40Cr 用于制造齿轮、连杆和曲轴等, 65Mn 用于制造各种弹簧及弹性元件。

(4) 碳素工具钢: 常用牌号有 T8、T10 和 T12 等, 都需要热处理。T8 用于制造样冲、凿子和手锤等, T10 用于制造钻头、丝锥、刨刀、手锯锯条及冷作模具等, T12 用于制造锉刀、刮刀及量规、样板等量具。

(5) 合金工具钢: 常用牌号有 9SiCr、CrWMn、W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 等。9SiCr 用于制造板牙、丝锥等低速切削刀具及冷冲模, CrWMn 用于制造模具和量具, W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 用于制造车刀、铣刀和滚刀等高速切削刀具。

(6) 特殊性能钢: 常用不锈钢牌号有 12Cr13、20Cr13 和 12Cr21Ni5Ti 等。常用耐热钢牌号有 06Cr19Ni10、06Cr13Al 和 40Cr10Si2Mo 等。主要用于制造满足特殊环境或特定条件的零件。

1.4.2 铸铁

铸铁是指碳质量分数 $w_c > 2.11\%$ 的铁碳合金。与钢相比, 铸铁力学性能较差, 但具有良好的铸造性、耐磨性、消振性、切削加工性能和低的缺口敏感性以及生产工艺简单、成本低廉等特点, 因此广泛应用于机械制造中。

1. 铸铁的分类

- (1) 按照碳在铸铁中的存在形式(石墨化程度)分。可分为灰口铸铁、麻口铸铁和白口铸铁。
- (2) 按照铸铁成分和性能分。可分为普通铸铁和合金铸铁(耐磨、耐热、耐蚀铸铁)。
- (3) 按照铸铁组织中的石墨形态分。普通铸铁可分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和蠕墨铸铁。

2. 常用铸铁及用途

(1) 灰铸铁: 常用牌号有 HT150、HT200 和 HT250 等, 铸铁中石墨呈片状。主要用于制造机床床身、导轨、箱体、机架、轴承座等形状复杂的铸件。

(2) 可锻铸铁: 常用牌号有 KT300-06 和 KTZ450-06 等, 铸铁中石墨呈团絮状。KT300-06 用于制造自来水、高压锅炉管路配件及农机零件, KTZ450-06 用于制造插销和轴承座等。

(3) 球墨铸铁: 常用牌号有 QT400-15 和 QT500-7 等, 铸铁中石墨呈球状。QT400-15 用于制造阀门体和汽车零件, QT500-7 用于制造机油泵齿轮、液压缸体、连杆和传动轴等。

(4) 蠕墨铸铁: 常用牌号有 RUT300、RUT400 和 RUT450 等, 铸铁中石墨呈蠕虫状。性能介于球墨铸铁和灰铸铁之间。主要用于制造液压件、排气管件、底座、大型机床床身等。

1.4.3 有色金属

应用最广的有色金属材料包括铝及铝合金、铜及铜合金、镁及镁合金等。

(1) 铝及铝合金。纯铝主要用于熔炼铝合金, 制造电线、电缆以及要求具有导热、耐腐蚀的器具等。铝合金主要有: 铸造铝合金 ZAlSi12、ZAlSi5Cu1Mg 和 ZAlCu5Mn 等; 变形铝合金 5A06、2A12 和 7A04 等。铝合金常用于制作各种型材、骨架、铆钉及日常生活用品。

(2) 铜及铜合金。纯铜(又称紫铜)主要用于制造导体和配制合金。铜合金主要有: 黄铜 H80、H68 和 HPb59-1 等, (其力学性能较好, 主要用于制造散热、耐蚀等零件); 白铜 BZn15-21-1.8(主要用于制造精密机械零件、电器元件和装饰器件等); 青铜 QSn4-3、QSn6.5-0.4 和 QAl5 等(常用于制作耐磨、耐蚀零件)。

(3) 镁及镁合金。纯镁主要用于制作镁合金、铝合金等。镁合金主要有：铸造镁合金 AZ81A、ZC63A 和 YZMgAl₂Si 等，变形镁合金 Mg99.95、Mg99.00 和 AZ31B 等。主要用于制造航空发动机零件、汽油和润滑油系统零件、汽车变速箱和离合器壳及笔记本电脑、手机、MP3 播放器的外壳等。

1.5 其他工程材料

1. 高分子材料

高分子材料是以高分子化合物为主要组成成分的材料，分为天然和人工合成两类。天然的高分子化合物有松香、纤维素、蛋白质和天然橡胶等。机械工程上用的高分子材料，如塑料、合成橡胶、合成纤维、涂料和胶黏剂等均是人工合成有机高分子材料。

2. 陶瓷材料

陶瓷材料是无机非金属材料的统称，包括陶器、瓷器、玻璃、搪瓷和耐火材料等。其最突出的特点是具有极好的耐热性能、绝缘性能和耐蚀性能，如氧化铝陶瓷材料可耐高温 1700℃；氮化硼陶瓷材料的硬度接近金刚石，是比硬质合金更优良的刀具材料。陶瓷材料广泛应用于日用品、建筑、电建、化工、冶金、机械、能源和尖端科学技术等领域。

陶瓷材料分为普通陶瓷和特种陶瓷两大类。

3. 复合材料

复合材料是由金属材料、高分子材料和陶瓷材料中任两种或几种物理、化学性质不同的物质，经一定方法得到的多相固体材料。

按照复合效果的不同，复合材料可分为力学复合材料(结构复合材料)和功能复合材料。按照结构特点的不同，复合材料可分为纤维增强复合材料、多层复合材料、颗粒增强复合材料和骨架复合材料等。

4. 功能材料

现代工程材料按性能特点和用途可分为结构材料 and 功能材料。一般金属材料、非金属材料 and 复合材料等作为结构材料。

功能材料是指具有特殊的电、磁、光、热、声、力、化学性能或生物功能等作为主要性能的新型材料。其中，以物理性能为主的工程材料主要用以实现对信息和能量的感受、计测、显示、控制和转换等。

5. 新型结构材料

(1) 低合金高强度钢：在低碳钢中加入钛、钒、铬和氮等微量合金元素，可明显细化晶粒，实现沉淀硬化、强化低碳钢，形成低合金高强度钢。

(2) 超塑性合金：超塑性是指合金在一定的温度和形变速率下所表现出来的具有极大的伸长率和很小的形变抗力的性能。按照超塑性发生的金属学特征的不同，超塑合金可分为细晶超塑性和相变超塑性两大类。

(3) 纳米材料：指在三维空间中至少有一维处于纳米尺度范围(1~100nm)或由它们作为基本单元构成的材料。纳米材料大致可分为纳米粉末、纳米纤维、纳米膜和纳米块体 4 类。