

# 金属工艺学

主 编 邹山梅

副主编 田大勇 王 欣 苏建军

兰州大学出版社

# 金属工艺学

主 编 邹山梅

副主编 田大勇 王 欣 苏建军

兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学 / 邹山梅主编. —兰州: 兰州大学出版社,

2009. 7

高等职业教育通用教材

ISBN 978-7-311-03351-4

I. 金… II. 邹… III. 金属加工—工艺学—专业学校—  
教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 123883 号

策划编辑 张国梁

责任编辑 郝可伟

封面设计 张友乾

---

书 名 金属工艺学

主 编 邹山梅

出版发行 兰州大学出版社 (地址: 兰州市天水南路 222 号 730000)

电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)

0931-8914298(读者服务部)

网 址 <http://www.onbook.com.cn>

电子信箱 [press@onbook.com.cn](mailto:press@onbook.com.cn)

印 刷 天水新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 14

字 数 342 千

版 次 2009 年 7 月第 1 版

印 次 2009 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-311-03351-4

定 价 23.00 元

---

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

## 金属工艺学

编委会成员(按姓氏音序排序)

陈亚军 毛文亮 苏建军

田大勇 王欣 邹山梅

## 内容简介

本书是参照中等职业技术学校《金属工艺学教学大纲》，结合西北地区学生的实际情况编写的。

全书内容共分三部分十二个模块。第一部分为金属材料与热处理，包含四个模块，介绍金属材料的基本知识、钢的热处理、钢与铸铁、有色金属及其他常用材料；第二部分为金属热加工，包含三个模块，介绍金属材料的铸造、锻压和焊接等热加工成形工艺方法；第三部分为金属切削加工，包含五个模块，介绍金属切削加工基本知识，车削、刨削、铣削、钻削、镗削、磨削、齿轮加工等切削加工方法及其常用设备，特种加工和数控加工，典型零件的加工实例等。全书通俗易懂，充分体现了新技术、新工艺、新标准，实用性强，便于组织教学。

本书可作为中等职业技术学校机械类及近机械类各专业的教材，也可作为有关的技术人员和技术工人的培训教材和自学用书。

## 前 言

本书根据中等职业教育的培养目标和企业对技术应用型人才的需求,参照中等职业技术学校《金属工艺学教学大纲》,并结合西北地区中等职业技术学校学生的实际情况,组织和安排教材内容。

本书适用于中等职业技术学校机械类及近机械类各专业学生。

本书编写的理念是强调基础性,突出实用性,体现先进性,符合职业性。编写的基本原则是在教材内容上以“必需,够用”为尺度,注重理论联系实际,突出应用特色;同时,适当介绍新技术、新工艺,使教材有一定的新颖性和前沿性。在教学内容的叙述上充分考虑了中等职业技术学校学生的认知能力和可接受性,力求做到深入浅出,通俗易懂,并符合职业教育的要求。

本书在编写模式上,改变了传统的教材模式,采用模块化编写模式。教学内容按不同的功能以模块形式组织,以课题、任务驱动教学。在组成各个模块的课题前均有课题的知识点、技能点,课题后有练习与思考,便于学生有目的地自学,及时巩固本课题知识。在各课题的任务中灵活地设置了“提示”、“想一想”及“应用链接”栏目,即将重要的概念、生产实践中常遇到的困难及实际操作中的关键点等以“提示”的方式给出,以引起学生和教师的注意和重视;适时插入“想一想”以启发学生的思维,提高学生的学习兴趣;将主要知识的应用和贴近生产的实例,通过“应用链接”栏目展现出来,以求为学生提供更多的工作经验。

本书在编写体例上,吸取有关教材的优点,采用新的形式,书中大量地使用了图例、照片及表格对比,使教材的版面形象直观,新颖活泼。

本书由甘肃省机械高级技工学校高级讲师邹山梅担任主编,甘肃省化工高级技工学校讲师田大勇、甘肃省建材工业学校高级讲师王欣、张掖市职教中心中学一级教师苏建军担任副主编,甘肃省机械高级技工学校讲师陈亚军、讲师毛文亮参加了本书的编写工作。全书由邹山梅主编负责统稿、定稿。

甘肃机电职业技术学院高级讲师阎全民等老师对本书的编写提出了宝贵意见,对此我们表示衷心的感谢!

尽管我们在《金属工艺学》教材建设方面做出了很多努力,但由于我们的水平所限,编写时间短促,难免存在谬误和不妥之处,敬请读者多提宝贵意见和建议,以便下次修订时改进。

意见和建议请发往邮箱:zsmjxz@126.com。

编者

2009年5月

# 目 录

---

绪论 / 1
模块一 金属材料的基本知识 / 3
课题一 金属的晶体结构与结晶 / 3
任务一 金属的晶体结构 / 3
任务二 纯金属的结晶 / 5
任务三 同素异构转变 / 7
课题二 金属的力学性能和工艺性能 / 9
任务一 金属的力学性能 / 9
任务二 金属的工艺性能 / 16
课题三 铁碳合金 / 18
任务一 合金及其组织 / 18
任务二 铁碳合金的相及组织 / 20
任务三 铁碳合金相图 / 22
模块二 钢的热处理 / 27
课题一 热处理的工艺过程与分类 / 27
任务一 热处理的工艺过程 / 27
任务二 热处理的分类 / 28
课题二 钢在加热及冷却时的组织转变 / 29
任务一 钢在加热时的组织转变 / 30
任务二 钢在冷却时的组织转变 / 31
课题三 热处理的基本方法 / 33
任务一 退火与正火 / 33
任务二 淬火与回火 / 35
课题四 钢的表面热处理与化学热处理 / 40

---

任务一	表面热处理 / 41
任务二	化学热处理 / 43
课题五	热处理新技术简介 / 45
任务一	形变热处理 / 46
任务二	激光热处理 / 46
任务三	无氧化热处理 / 46
课题六	零件的热处理技术分析 / 47
任务一	热处理的技术条件及标注 / 48
任务二	热处理的工序位置安排 / 48
任务三	典型零件的热处理分析 / 49
模块三	钢与铸铁 / 52
课题一	碳素钢 / 53
任务一	(普通)碳素结构钢 / 54
任务二	优质碳素结构钢 / 55
任务三	碳素工具钢 / 57
任务四	铸造碳钢 / 58
课题二	合金钢 / 58
任务一	合金元素在钢中的作用 / 59
任务二	合金钢的分类 / 60
任务三	合金结构钢 / 60
任务四	合金工具钢 / 63
任务五	特殊性能钢 / 66
课题三	铸铁 / 68
任务一	铸铁的分类 / 68
任务二	常用铸铁 / 69
模块四	有色金属及其他常用材料 / 74
课题一	有色金属 / 74
任务一	铜及铜合金 / 74
任务二	铝及铝合金 / 76
任务三	轴承合金 / 80
任务四	硬质合金 / 80
课题二	其他常用材料 / 82
任务一	塑料 / 82
任务二	橡胶 / 83



任务三 陶瓷材料 / 84

    模块五 铸造 / 85

        课题一 铸造概述 / 85

        任务一 铸造的特点 / 85

        任务二 铸造的分类 / 85

        课题二 砂型铸造 / 86

            任务一 造型 / 87

            任务二 造芯 / 91

        任务三 浇注系统及冒口 / 92

    任务四 合型、浇注、落砂、清理和检验 / 93

        课题三 特种铸造 / 94

        任务一 金属型铸造 / 94

        任务二 压力铸造 / 95

        任务三 离心铸造 / 96

        任务四 熔模铸造 / 97

    模块六 锻压 / 99

        课题一 锻压概述 / 99

        任务一 锻压的特点 / 99

        任务二 锻压的分类及应用 / 99

        课题二 锻造 / 101

        任务一 金属的可锻性与锻造比 / 101

        任务二 金属的加热与锻件冷却 / 102

            任务三 自由锻 / 104

            任务四 模锻 / 106

        课题三 冲压 / 109

        任务一 冲压常用设备 / 109

        任务二 冲压的基本工序 / 111

        任务三 冲压的特点 / 113

    模块七 焊接 / 114

        课题一 焊接概述 / 114

        任务一 焊接的实质 / 114

        任务二 焊接的分类 / 114

        任务三 焊接的特点及应用 / 115

        课题二 焊条电弧焊 / 116

---

任务一	焊条电弧焊的焊接过程 / 116
任务二	焊接电弧 / 117
任务三	焊条电弧焊的设备及用具 / 118
任务四	焊条 / 120
任务五	焊条电弧焊的工艺 / 121
课题三	气焊与气割 / 124
任务一	气焊与气割的原理 / 125
任务二	气焊(割)的设备和工具 / 126
任务三	气焊基本操作 / 127
任务四	气割金属的条件 / 129
课题四	其他焊接方法简介 / 130
任务一	埋弧自动焊 / 130
任务二	气体保护电弧焊 / 131
任务三	电阻焊 / 132
任务四	钎焊 / 133
模块八	金属切削加工基本知识 / 134
课题一	切削运动与切削用量 / 134
任务一	切削运动 / 134
任务二	切削用量 / 135
课题二	刀具几何形状和材料 / 137
任务一	刀具几何形状 / 137
任务二	刀具切削部分的材料 / 140
课题三	切削力和切削热 / 141
任务一	切削力 / 142
任务二	切削热 / 143
课题四	金属切削机床的分类和型号 / 144
任务一	机床的分类 / 144
任务二	机床型号的编制方法 / 145
模块九	车削、刨削与插削 / 148
课题一	车削 / 148
任务一	车床 / 148
任务二	车床的附件及工件的装夹 / 150
任务三	车削方法 / 153
任务四	车削的工艺特点 / 155

课题二 刨削与插削 / 157
任务一 刨削 / 157
任务二 插削 / 162
模块十 铣削与其他加工方法 / 165
课题一 铣削 / 165
任务一 铣床 / 165
任务二 常见表面的铣削方法及所用铣刀 / 167
任务三 铣削方式 / 170
任务四 铣削的工艺特点 / 171
课题二 钻削与镗削 / 172
任务一 钻削 / 172
任务二 镗削 / 177
课题三 磨削 / 180
任务一 外圆磨床与磨削方法 / 181
任务二 平面磨床与磨削方法 / 183
任务三 磨削的工艺特点 / 185
课题四 齿轮加工 / 186
任务一 成形法 / 186
任务二 展成法 / 188
模块十一 特种加工和数控加工简介 / 193
课题一 特种加工 / 193
任务一 特种加工概述 / 193
任务二 电火花加工 / 194
任务三 电化学加工 / 195
任务四 激光加工技术 / 197
课题二 数控加工 / 199
任务一 数控机床的组成及工作原理 / 199
任务二 数控加工的特点及应用 / 200
任务三 数控机床分类 / 201
模块十二 典型零件的加工 / 204
课题一 轴类零件的加工 / 204
任务一 轴类零件的功能、结构特点及技术要求 / 204
任务二 轴类零件的材料、热处理及毛坯选择 / 205
任务三 轴类零件的定位基准及加工工艺过程 / 205

任务四	轴类零件加工实例——传动轴的加工 / 206
课题二	支架箱体类零件的加工 / 207
任务一	支架箱体类零件的功能、结构特点及技术要求 / 208
任务二	支架箱体类零件的材料、热处理及毛坯选择 / 208
任务三	支架箱体类零件的定位基准及加工工艺过程 / 209
任务四	箱体零件加工实例——方箱体的加工 / 209
	参考文献 / 211

## 绪论

金属工艺学是研究金属材料性能及其加工工艺的一门综合性技术基础课,掌握一定的金属工艺学知识和操作技能是机械类及近机械类各专业学生必备的素质。通过本课程的学习,学生获得机械工程材料、热处理和金属加工的基础知识,初步具有金属加工的操作技能,为后续课程的学习和综合职业能力的培养,以及增强工作的适应性打下必要的基础。

金属工艺学是从生产实践中逐步发展起来的一门学科,它有悠久的历史和丰富的内涵,对人类文明的进步起到了推动作用。我国人民在金属工艺方面早就有了卓越的成就。早在四千多年前的夏代,就掌握了青铜冶炼技术,到三千多年前的殷商、西周时期,青铜冶炼与铸造技术达到当时世界高峰,例如河南安阳出土的青铜祭器大方鼎,体积庞大,鼎重达 875kg,造型精美,鼎外铸出精致的花纹图样。在春秋时期,我国发明了冶铁技术,开始用铸铁作农具,这比欧洲国家早一千八百多年。我国还是世界上应用焊接技术最早的国家,在河南辉县战国墓中出土的铜器上,其本体、耳、足都是用锡铅焊和银铅焊连接的,这要比欧洲国家应用铅焊技术早两千多年。我国也是世界上应用锻造技术较早的国家,河北藁城出土的商朝铁刃铜钺,证明三千年前我国就掌握了锻造和锻接技术;到了两千五百年前的春秋时期,锻造和热处理技术已普遍应用于制剑中。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、淬火等多种金属加工方法,此书是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一。

事实说明,我国古代在材料及其加工工艺方面的科学技术在世界上曾占有遥遥领先的地位。只是到了近代,封建制度的日益腐败和外国的侵略,严重地阻碍和束缚了我国工农业生产和科学技术的发展,金属工艺技术和生产力水平长期处于停滞和落后状态。

新中国成立后,我国的机械制造业得到了迅速的发展,建立了汽车、拖拉机、精密机床、电子仪表、石油、化工、飞机、船舶、重型机械等许多现代化的生产基地,为农业、工业、国防、交通和科研提供了大量的设备和装备,有力地推动了国民经济的发展。与此同时金属工艺技术也得到了广泛的应用和提高。

改革开放以来,我国科技事业发展突飞猛进,硕果累累。1998年春,空军试飞员雷强驾歼-10飞机首飞成功,我们国家终于有了自主生产的三代机,几代空军人的梦想变成了现实。2003年“神五”升天,首次载人航天飞行成功。2005年“神舟六号”载人航天卫星顺利返回,中国航天人在摸索中让祖国一跃成为航天科技强国。2007年,我国首颗探月卫星“嫦娥一号”发射升空,炎黄子孙的千年奔月梦成为了现实。2008年9月25—28日,中国成功实施了“神舟七号”载人航天飞行。目前,首架神秘的中国造大飞机C919已完成初步设计方案,有望2014年首飞。我国太空空间站将于2014年发射,用于发射太空空间站的新一代大型运载

火箭“长征五号”正在研制之中,等等。这都标志着我国科技水平的不断提高。

尽管如此,我国与世界发达国家相比较,在经济、科技等方面仍然存在着一定的差距。因此,我们必须加倍努力学习,刻苦钻研业务,发奋图强,赶超世界先进水平。

### 一、课程的主要内容

本课程内容包括三部分,共十二个模块。

第一部分为金属材料与热处理,包含四个模块,介绍金属材料的基本知识、钢的热处理、钢与铸铁、有色金属及其他常用材料。

第二部分为金属热加工,包含三个模块,介绍金属材料的铸造、锻压和焊接等热加工成形工艺方法。

第三部分为金属切削加工,包含五个模块,介绍金属切削加工基本知识,车削、刨削、铣削、钻削、镗削、磨削、齿轮加工等切削加工方法及其常用设备,特种加工和数控加工,典型零件的加工实例等。

### 二、课程的基本要求

通过本课程的学习,学生应达到以下基本要求:

1. 了解常用材料的牌号、性能、用途及热处理的类别和用途,初步具有正确使用常用金属材料 and 常规热处理工艺的能力。

2. 了解金属加工的工艺特点和应用范围,初步掌握毛坯和零件的常用加工方法。

3. 了解金属加工的主要设备及工艺过程,通过生产实习初步具有金属加工的操作技能,为形成综合职业能力打下基础。

4. 初步具有选择毛坯和零件加工方法的基本知识。

5. 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。

本课程具有综合性强、涉及面广、实践性强、实用性强的特点。课程的内容无论是金属材料,还是金属的各种成形加工都与实际生产密切相关。因此,我们在学习本课程时,不仅要掌握必要的基础理论,还要注意理论联系实际,掌握一定的操作技能,使学习内容得到深化,不断提高分析问题和解决问题的能力。

# 模块一 金属材料的基本知识

## 课题一 金属的晶体结构与结晶



### 知识点

- ★ 金属的晶体结构
- ★ 纯金属的结晶
- ★ 同素异构转变



### 技能点

- ★ 熟悉纯金属的结晶过程及常用的细化晶粒方法
- ★ 熟练绘制纯铁的冷却曲线,分析纯铁的同素异构转变

### 任务一 金属的晶体结构

#### 1. 晶体与非晶体

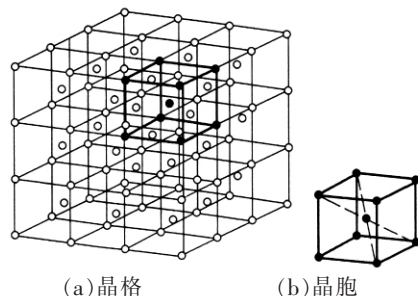
固态物质按其结构特点不同可分为晶体与非晶体。自然界中除少数物质外,绝大多数固态物质都是晶体。金属在固态下一般均属于晶体。晶体是指原子呈有序、有规则排列的物质。相反,凡原子呈无序、无规则堆积的物质都称为非晶体,如普通玻璃、石蜡、沥青、松香等均属于非晶体。

晶体与非晶体由于原子排列方式不同,因此在性能上也有区别,晶体具有固定的熔点,且在不同方向上具有不同的性能,即表现出晶体的各向异性;非晶体没有固定的熔点,性能呈各向同性。

#### 2. 金属的晶格类型

金属的晶格类型是指金属中原子排列的规律。如果把金属原子简化为一个个质点,再用假想的直线连接起来,就形成了能反映原子排列规律的空间格架,称为晶格。如图 1-1(a)所示。

其中,能完整反映晶体晶格特征的最小几何单元称为晶胞,如图 1-1(b)所示。整个晶格就是由许



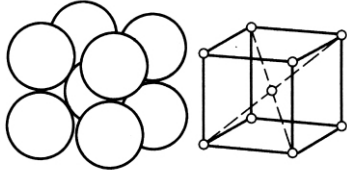
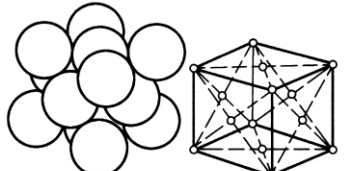
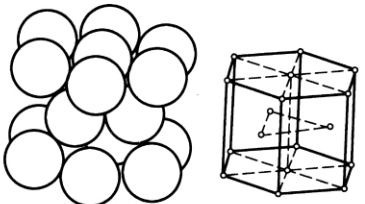
(a)晶格 (b)晶胞

图1-1 金属的晶格和晶胞

多大小、形状和位向相同的晶胞在空间重复堆积而成的。所以一般都是取出晶胞来研究金属的晶体结构的。

在已知 80 多种金属元素中,除少数金属具有复杂的晶体结构外,大多数金属原子都是以最紧凑、最密集方式排列的,形成三种晶格形式,见表 1-1。

表 1-1 常见的三种晶格类型

名称	结构特点	晶胞示意图	典型金属
体心立方晶格	晶胞是一个立方体,原子位于立方体的八个顶点和立方体的中心		钨(W)、钼(Mo)、钒(V)、铌(Nb)、钽(Ta)及 $\alpha$ -铁( $\alpha$ -Fe)等
面心立方晶格	晶胞是一个立方体,原子位于立方体的八个顶点和立方体六个面的中心		金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)、铝(Al)、铅(Pb)、镍(Ni)及 $\gamma$ -铁( $\gamma$ -Fe)等
密排六方晶格	晶胞是一个正六棱柱,原子除排列于柱体的每个顶点和上、下两个底面的中心外,正六棱柱的中心还有三个原子		镁(Mg)、铍(Be)、镉(Cd)、锌(Zn)等



### 提示

金属的晶格类型不同,原子排列的紧密程度就不同,这将引起材料性能的变化。

### 3. 金属的实际晶体结构

以上讨论的金属晶体结构是理想的结构,即原子排列得非常整齐,晶格位向完全一致,且无任何缺陷存在,称为单晶体。而金属的实际晶体结构是多晶体,它由很多类似多边形的颗粒组成,这些小颗粒称为晶粒,晶粒之间的界面称为晶界,每一个晶粒相当于一个单晶体,但每个晶粒原子排列的位向不相同,晶体的性能在各个方向相互补充和抵消,加上晶界的作用,使多晶体金属的性能在各个方向上基本一致。

实际上金属内部结构中的原子排列并非完整无缺,由于种种原因的干扰和破坏,晶体内部某些局部区域存在着原子排列不规则的晶体缺陷,如图 1-2 所示。这些缺陷将随着一定的温度和加工过程等各种条件的不同而异,它们可以产生、发展、运动和交互作用,而且能合并和消失。晶体缺陷对金属材料的许多性能都有很大的影响,它在金属塑性变形及热处理过程



中起着重要作用。

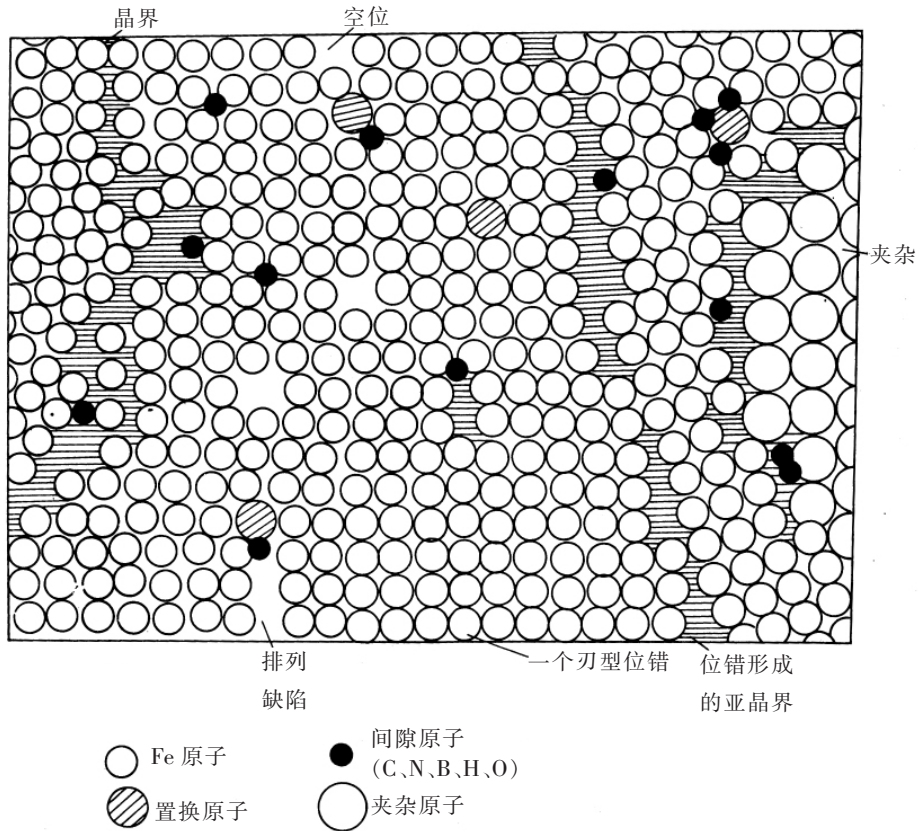


图 1-2 实际金属的结构示意图

**提示**

金属结构缺陷的存在会影响金属的许多性能,但大量缺陷存在时,由于缺陷相互作用,相互干扰,反而使金属强度有所提高。

**任务二 纯金属的结晶**

工业上使用的金属材料通常需要经过熔炼和铸造,要经历由液态变固态的冷凝过程。

结晶是指金属从高温液体状态冷却凝固成固体(晶体)状态的过程。在结晶过程中会放出一定的热量,称为结晶潜热。

**提示**

生产中,铸造、焊接、材料组织分析等都与金属的结晶过程有关。