



高职高专“十一五”规划教材

机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

岳波辉 葛乐清 主编

- 突出职业能力培养
- 体现工作过程理念
- 采取真实任务载体
- 应用项目教学方法



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

岳波辉 葛乐清 主 编

孙鹏翔 高兴华 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材依据《高职高专学校金属工艺学教学基本要求》精神,为适应高职学生的实际情况,体现以工作过程为导向,结合多年的教学 and 实践经验而编写。

全书共分七个项目,内容主要包括:阶梯轴加工基础、传动轴加工基础、齿轮轴加工基础、端盖加工基础、箱体加工基础、弯板加工基础和先进制造技术。本书内容丰富,信息量大,理论联系实际,重点突出,注重新技术的介绍和应用能力的培养。

本书可作为高等职业技术学院、高等工科专科学校、成人高等院校机械类和近机类各专业教学用书,也可作为有关院校相近专业的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/岳波辉,葛乐清主编. —北京:化学工业出版社,2009.8
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-05897-3

I. 机… II. ①岳…②葛… III. 机械制造-高等学校:技术学院-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090443 号

责任编辑:韩庆利
责任校对:李 林

文字编辑:余纪军
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 315 千字 2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.50 元

版权所有 违者必究

前 言

高职高专教材建设是高职教育教学的一个重要环节。国家大力发展职业技术教育,提出“以就业为导向,深化职业教育教学改革”的指导思想。为了适应这一发展形势,要求我们改革职业教育的教学内容和教学方法,以培养合格的技术应用型人才。因此,机械工程类的专业应建设适合自己教学特点的教材,教学内容的选择上应适合生产实际的要求,教材的组织上应适合职业教育的教学方法。本教材是在多年的职业教育教学的过程中不断总结和研究的基础上编写的。

通过本课程的学习,学生应达到以下能力目标。

(1) 掌握现代机械制造的一般过程和基本知识,熟悉机械零件的常用加工方法及所用的主要设备和工具。

(2) 对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力,在主要工种方面应能独立完成简单零件的加工制造并培养一定的工程实践能力。

(3) 了解新知识、新工艺、新技术、新设备在现代机械制造中的应用。

本教材是以任务驱动式教学为模式,以项目教学为方法的一种新的课程体系。教材编写上打破了传统学科性课程的理论编写体系,突出职业能力培养,体现基于职业岗位分析和具体工作过程的课程设计理念,以真实工作任务为载体组织教学内容,在真实工作情境中采取工学交替、任务驱动、项目导向等教学模式。紧密结合生产实际,体现新观念、新思路,加强工学结合,内容难易适当,较适合机械类专业应用。

本教材以七个项目来体现四类典型机械零件的机械加工基础知识。在每一个项目中由四个模块来展现具体的相关理论知识和实践知识。内容包括:阶梯轴加工基础、传动轴加工基础、齿轮轴加工基础、端盖加工基础、箱体加工基础、弯板加工基础和先进制造技术。

项目一、项目六由岳波辉编写;项目二、项目三由葛乐清编写;项目四由高兴华编写;项目五由孙鹏翔编写;项目七由于向河编写。

全书由岳波辉、葛乐清主编,岳波辉统稿。

本书在编写过程中,参考了有关教材和资料,并得到许多同仁的支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请同仁和读者批评指正。

编者

2009年5月

目 录

项目一 阶梯轴加工基础	1
模块一 识读阶梯轴零件图	1
一、阶梯轴零件的结构	1
二、阶梯轴零件材料	2
三、阶梯轴零件加工技术要求	2
模块二 相关基础知识	2
一、金属及合金的晶体结构	2
二、铁碳合金	5
三、碳素结构钢	7
四、表面粗糙度	8
五、金属切削加工基础知识	10
六、金属切削机床的基本知识	18
模块三 加工阶梯轴零件	19
一、阶梯轴零件加工工艺分析	19
二、阶梯轴零件加工过程及加工方法	19
三、车床及车削加工特点	23
模块四 阶梯轴零件的检测	26
一、游标卡尺的使用	26
二、用粗糙度样板检验粗糙度	27
三、车刀几何角度的测量	28
复习思考题	30
项目二 传动轴加工基础	31
模块一 识读传动轴零件图	32
一、传动轴零件的结构	32
二、传动轴零件材料	32
三、传动轴零件加工技术要求	32
模块二 相关基础知识	32
一、加工精度概念及标准公差	32
二、钢的整体热处理	40
三、轴类零件的形位公差	46
模块三 加工传动轴零件	52
一、传动零件加工工艺分析	52

二、加工传动轴	52
三、机械加工工艺规程及工艺过程卡	58
四、工件装夹方法及圆柱面加工方法的选用	61
模块四 传动轴零件的检测	64
一、千分尺的使用	64
二、径向跳动的检测	65
复习思考题	66
项目三 齿轮轴加工基础	67
模块一 识读齿轮轴零件图	67
一、齿轮轴零件的结构	68
二、齿轮轴零件材料	68
三、齿轮轴零件加工技术要求	68
模块二 相关基础知识	68
一、金属材料的力学性能	68
二、合金钢	72
三、钢的表面热处理	76
四、锻造生产简介	78
模块三 齿轮轴零件的加工	88
一、齿轮轴零件的加工工艺	88
二、齿轮轴零件的加工机床与刀具	88
模块四 齿轮轴零件的检测	94
一、硬度的测试	94
二、齿轮的检测	95
复习思考题	96
项目四 端盖零件加工基础	97
模块一 识读端盖零件图	98
一、端盖零件的结构	98
二、端盖零件材料	98
三、端盖零件加工技术要求	98
模块二 相关基础知识	98
一、常用有色金属	98
二、常用铸铁材料	101
三、铸造生产简介	104
模块三 端盖零件的加工	118
一、端盖零件的加工工艺	118
二、端盖零件的加工机床与刀具	119
模块四 端盖零件的检测	127
一、内径百分表的使用	127
二、轴线对平面的垂直度及其检测	129

三、位置度测量·····	130
复习思考题·····	130
项目五 箱体零件加工基础 ·····	132
模块一 识读箱体零件图 ·····	132
一、箱体零件的结构·····	132
二、箱体零件材料·····	133
三、箱体零件加工技术要求·····	133
模块二 相关基础知识 ·····	133
一、钳工·····	133
二、刨削、铣削、镗削·····	138
模块三 箱体零件的加工 ·····	145
一、减速器箱体加工工艺分析·····	145
二、加工减速器箱体·····	145
三、箱体零件的孔系加工和平面加工·····	148
模块四 箱体零件的检测 ·····	152
一、孔的形状精度·····	152
二、孔系的相互位置精度·····	152
三、中心距的检测·····	154
复习思考题·····	156
项目六 弯板零件的加工基础 ·····	157
模块一 识读弯板零件图 ·····	157
一、弯板零件的结构·····	157
二、弯板零件材料·····	158
三、弯板零件加工技术要求·····	158
模块二 相关基础知识 ·····	158
一、焊条电弧焊·····	158
二、其他焊接方法·····	162
三、常用金属材料的焊接·····	167
模块三 弯板零件的焊接 ·····	168
一、弯板零件的焊接工艺过程·····	168
二、焊接结构工艺性·····	170
三、焊件的热处理·····	171
模块四 焊接质量检测 ·····	172
一、常见焊接缺陷·····	172
二、焊接质量检验·····	172
复习思考题·····	173
项目七 先进制造技术 ·····	174
模块一 识读凹模零件图 ·····	175

一、凹模零件的结构·····	175
二、凹模零件材料·····	175
三、凹模零件加工技术要求·····	175
模块二 凹模的加工基础 ·····	175
一、数字控制与数控机床·····	175
二、数控机床的基本组成及工作原理·····	176
三、数控机床的特点及应用范围·····	178
四、数控线切割电火花加工机床·····	179
五、其他先进制造技术简介·····	180
模块三 凹模的加工 ·····	185
一、工件的安装和夹具·····	185
二、凹模的加工方法·····	187
模块四 凹模的检测 ·····	190
一、尺寸精度检测·····	190
二、平行度检测·····	190
三、表面粗糙度·····	190
复习思考题 ·····	190
参考文献 ·····	192

项目一 阶梯轴加工基础

【工作任务】

选择加工如图 1-1 所示阶梯轴工件的设备和加工方法。

【能力目标】

- 1. 金属材料的结构，铁碳合金，碳素结构钢；
- 2. 金属切削加工基本规律；
- 3. 车刀几何角度定义，车刀的材料、结构、类型及选用；
- 4. 表面粗糙度；
- 5. 车床，车削加工特点与选用；
- 6. 游标卡尺的使用。

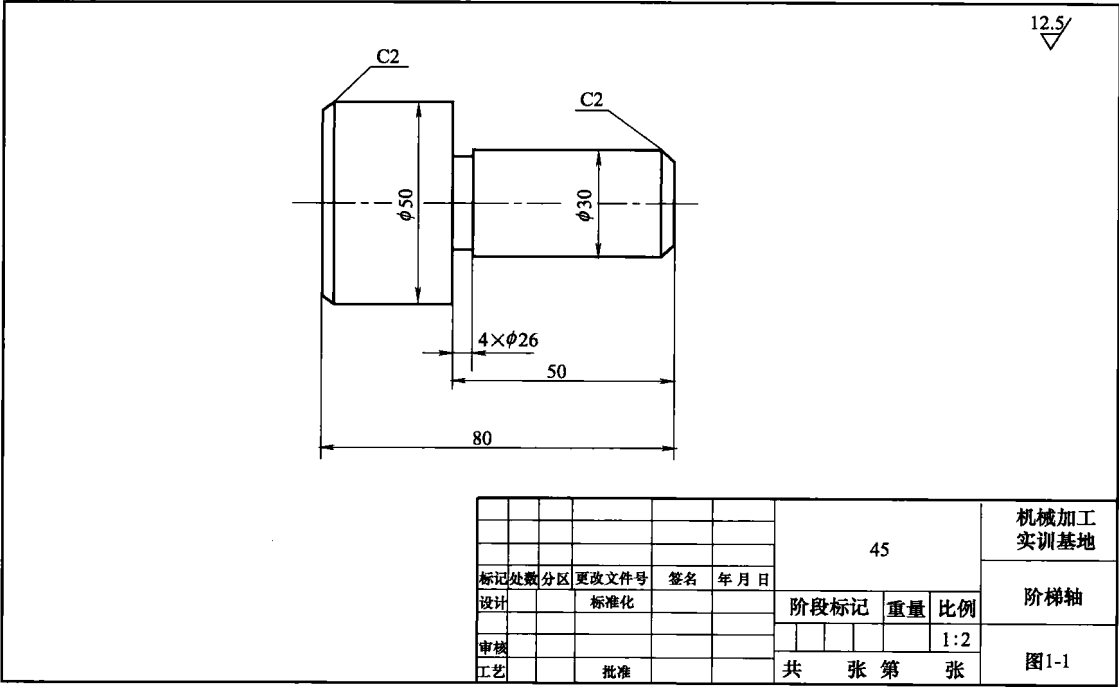


图 1-1 阶梯轴

模块一 识读阶梯轴零件图

一、阶梯轴零件的结构

图 1-1 所示阶梯轴为典型的轴类零件，零件的各组成部分是同轴回转体，且轴向尺寸大

于径向尺寸，轴上有轴间、退刀槽、倒角。主要加工面为 $\phi 50\text{mm}$ 和 $\phi 30\text{mm}$ 两圆柱面，两端 C2 倒角。

二、阶梯轴零件材料

由图 1-1 所示零件图可知，该阶梯轴的材料为 45 钢，45 表示优质碳素结构钢的牌号，其平均含碳量为 0.45%。

三、阶梯轴零件加工技术要求

1. 表面粗糙度

外圆柱面和两端面的表面粗糙度均为 $R_a 12.5\mu\text{m}$ 。

2. (其他) 倒角

两处倒角 C2。

模块二 相关基础知识

一、金属及合金的晶体结构

金属材料具有良好的力学性能和物理、化学性能，而且具有比较优良的工艺性能。金属材料的性能与组织结构有着密切的关系。

1. 金属的晶体结构

固态物质按原子（或分子）排列的状态不同分为晶体与非晶体两大类。晶体是指原子或分子在三维空间有规则排列的物质；而非晶体中其内部原子或分子则是散乱的不具有规则排列。一般金属及其合金多为晶体结构。

为便于表述晶体内原子的排列规律，通常将原子在晶体中排列的空间格架称为晶格，见图 1-2。常用的金属材料中，金属的晶格类型很多，但绝大多数金属属于如下三种晶格类型。

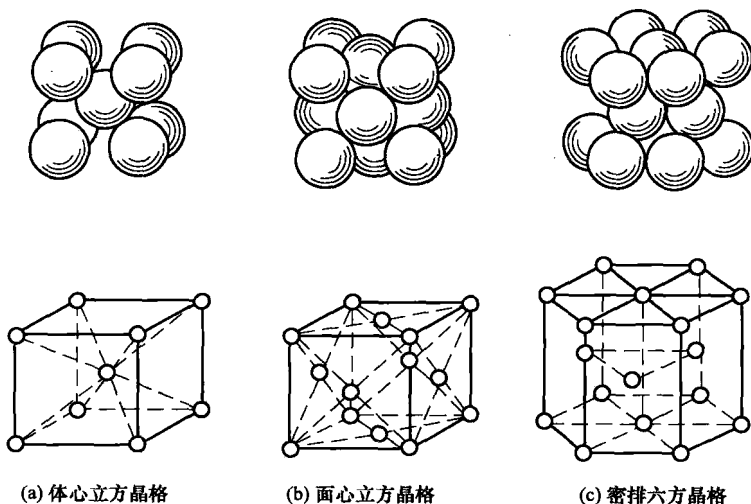


图 1-2 常见金属晶格

(1) 体心立方晶格 如图 1-2 (a) 所示, 它的晶胞是一个立方体, 在立方体的八个顶点和中心各有一个原子。具有体心立方晶格的金属有铬、钨、钼、钒和 α 铁等。

(2) 面心立方晶格 如图 1-2 (b) 所示, 它的晶胞是一个立方体, 在立方体的八个顶点和六个面的中心各有一个原子。具有面心立方晶格的金属有铜、铝、银、金、镍和 γ 铁等。

(3) 密排六方晶格 如图 1-2 (c) 所示, 它的晶胞是一个正六棱柱体, 在棱柱体的十二个顶角和上下两个面的中心各有一个原子, 此外, 在晶胞内部还有三个呈品字形排列的原子。具有这种晶格的常见金属有镁、锌、铍等。

2. 金属的实际晶体结构

(1) 多晶体结构 实际使用的金属材料, 并非理想的单晶体, 而是由许多结晶位相不同的单晶体组成的多晶体。多晶体中每个小的单晶体叫做晶粒, 晶粒与晶粒之间的界面叫做晶界。

(2) 晶体缺陷 实际金属中, 由于各种原因使原子排列的规则遭到破坏, 存在着局部或区域的晶体缺陷。按照缺陷的几何特征, 缺陷分为点缺陷、线缺陷和面缺陷三类。

① 点缺陷 指晶体内部空间尺寸很小的缺陷, 常见的有间隙原子和晶格空位, 见图 1-3 (a)。在间隙原子和晶格空位附近, 原子间距和相互作用力发生变化, 产生晶格畸变, 使强度和硬度提高, 塑性、韧性下降, 形成强化效应。

② 线缺陷 指晶体内部某一平面上沿一方向呈线状分布的缺陷, 常见的有刃型位错, 见图 1-3 (b)。在位错线周围引起晶格畸变, 从而使强度、硬度升高, 塑性、韧性降低。

③ 面缺陷 指晶体内部呈面状分布的缺陷, 常见的有晶界和亚晶界, 见图 1-3 (c)。多晶体中, 晶粒之间存在晶界。晶界处原子排列的不规则, 也会产生晶格畸变, 造成强度、硬度增高, 塑性变形困难。晶粒越细则晶界越多, 金属的强度、硬度越高, 即为“细晶强化”原理。在晶粒内部, 原子排列也不像单晶体那样规则有序, 晶粒不同部位往往存在一定的位相差, 形成晶粒内部的小的晶块。这种小角度的晶界称为亚晶界。亚晶界也能产生晶格畸变, 有强化金属的作用。

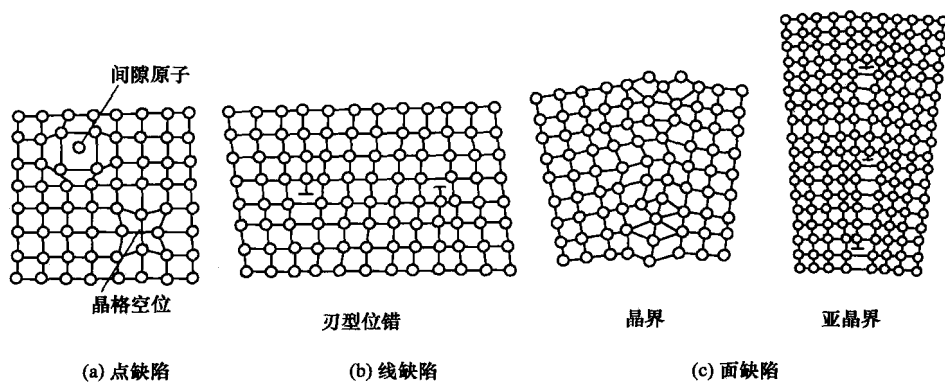


图 1-3 晶体缺陷

3. 金属的结晶

液态金属冷却到凝固温度时, 原子由无序状态转变为按一定的几何形状作有序排列。金属的这种由液态转变为晶体的现象称结晶。

(1) 冷却曲线 金属的结晶规律可用冷却曲线来描述。冷却曲线是冷却时温度 T 与时间 t 的关系曲线, 如图 1-4 所示为纯金属的冷却曲线。

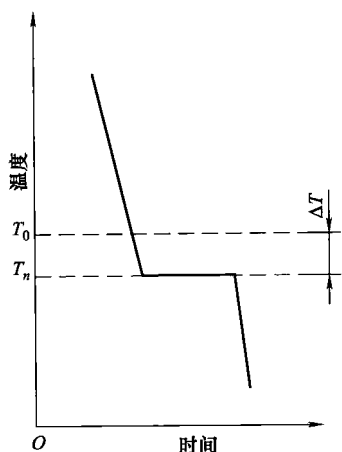


图 1-4 纯金属的冷却曲线

从曲线看出，随时间的增加，金属液的温度不断下降；当冷到某一温度时，在曲线上出现了一个恒温的水平线段，所对应的温度就是金属的结晶温度（或熔点），在结晶过程中，由于放出的结晶潜热补偿了散失的热量，使温度保持恒定不变；结晶结束后，由于金属继续散热，固态金属的温度开始下降。

纯金属在无限缓慢的冷却条件下（即平衡状态下）的结晶温度称为理论结晶温度，用 T_0 表示，但在实际生产中金属的冷却速度是极快的，金属总是在理论温度以下某温度开始结晶，此时测出的结晶温度称实际结晶温度，用 T_n 表示。金属的实际结晶温度低于理论结晶温度的现象称为过冷现象。理论结晶温度与实际结晶温度的差值称为过冷度，用 ΔT 表示，即 $\Delta T = T_0 - T_n$ 。过冷度的大小与冷却速度有关，冷却速度越大，实际结晶温度越低，过冷度也越大。

（2）金属的结晶过程 当液态金属冷却到一定温度时，液体中会自发地产生一些极细小的晶体，成为结晶核心，称为晶核。这些晶核不断地吸附周围液体中的原子而长大。同时，在液体中又有新的晶核产生并长大，直到全部液体金属结晶完毕。结晶后的固态金属由许多外形不规则的小晶粒组成。因此，液态金属的结晶过程是由晶核不断产生并不断长大两个过程组成。

（3）金属的同素异晶转变 多数金属在结晶后的晶格类型保持不变，但有些金属（如铁、锡、钛、锰）的晶格类型，在结晶成固态后继续冷却时，其晶格类型会发生变化。金属在固态时改变其晶格类型的过程称为金属的同素异构转变。在常温下的同素异晶体一般用希腊字母 α 表示，在较高温度下的同素异晶体用 γ 、 δ 等表示。

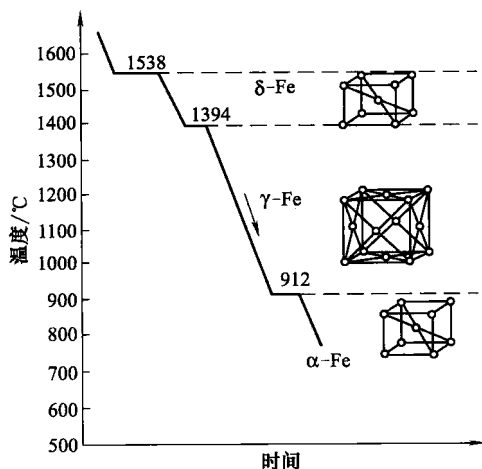


图 1-5 纯铁的冷却曲线和晶格转变

纯铁是典型的具有同素异晶转变的金属。

图 1-5 是纯铁在常压下的冷却曲线。由图可见，纯铁的熔点为 1538℃。冷却过程中，纯铁在 1538℃ 结晶后具有体心立方晶格的 δ -Fe，在 1394℃ 时转变成面心立方晶格的 γ -Fe；在 912℃ 时又转变成体心立方晶格的 α -Fe。即纯铁结晶后，随温度的变化将发生两次同素异晶转变。

纯铁的同素异晶转变也是一种结晶过程，称为重结晶。纯铁的同素异晶转变具有十分重要的意义，它是钢和铸铁进行热处理，从而改变其组织和性能的依据。

4. 合金的晶体结构

由两种或两种以上的金属元素，或金属与非金属元素组成的具有金属特性的物质称为合金。组成合金的最基本的独立物质称为组元，简称元。由两个组元组成的合金称为二元合金。

合金在固态时的结构可分为固溶体、金属化合物和机械混合物三类。

（1）固溶体 固态下合金中的组元间相互溶解形成的均匀的固体称为固溶体。形成固溶

体时晶格类型保持不变的组元为溶剂，晶格消失的组元为溶质，因此固溶体的晶格与溶剂的晶格相同，如图 1-6 所示。图中●表示溶质原子，○表示溶剂原子。根据溶质原子在晶格中占据位置的不同，固溶体分为置换固溶体和间隙固溶体两类。

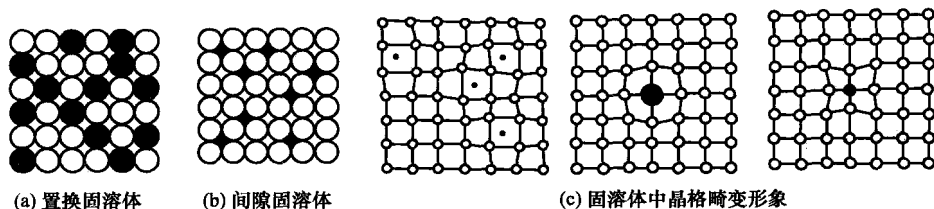


图 1-6 固溶体结构示意图

无论形成哪种固溶体，都将破坏原子的规则排列，使晶格发生畸变，如图 1-6 (c) 所示，随着溶质原子数量的增加，晶格畸变增大。晶格畸变导致变形抗力增加，使固溶体的强度增加，所以获得固溶体可提高合金的强度、硬度，这种现象称为固溶强化。固溶强化是提高金属材料性能的重要途径之一。

(2) 金属化合物 金属化合物是合金中各组元间发生相互作用而形成的一种具有金属特性的新的物质，其晶体结构一般比较复杂，而且不同于任一组成元素的晶体类型。它的组成一般可用分子式来表示，如铁碳合金中的渗碳体是金属化合物，以 Fe_3C 表示。

金属化合物一般熔点高，硬度大，脆性大。当它呈细小颗粒均匀分布于固溶体基体上时，能使合金的强度、硬度、耐磨性等提高，这一现象称为弥散强化。因此，金属化合物是合金中不可缺少的强化相。

(3) 机械混合物 组成合金的各组元在固态下既不溶解，也不形成化合物，而以混合形式组合在一起的组成物称机械混合物。

二、铁碳合金

铁碳合金是以铁和碳为主要的组元组成的合金，是钢和铁的统称，也是现代工业中应用最为广泛的金属材料。

1. 铁碳合金的基本组织

在铁碳合金中，碳可溶解在铁中形成固溶体，铁与碳还可以形成一系列化合物，此外，还能形成化合物与固溶体组成的机械混合物。铁碳合金的基本组织有以下几种。

(1) 铁素体 铁素体是碳溶于 $\alpha\text{-Fe}$ 中的间隙固溶体，用符号“F”表示，碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中溶解度极小，室温时仅为 0.0008%，在 727℃ 时达到最大溶解度 0.0218%。铁素体的性能与纯铁基本相同，即强度、硬度较低，韧性、塑性良好。

(2) 奥氏体 奥氏体是碳溶于 $\gamma\text{-Fe}$ 中的间隙固溶体，用符号“A”表示，碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的溶解度要比在 $\alpha\text{-Fe}$ 中大，在 727℃ 时为 0.77%，在 1148℃ 时溶解度最大，可达 2.11%。奥氏体的强度、硬度不高，塑性、韧性良好，变形抗力低，是钢在高温下进行压力加工所要求的组织。

(3) 渗碳体 渗碳体是铁和碳形成的一种具有复杂晶格的金属化合物，用化学分子式“ Fe_3C ”表示。 Fe_3C 中碳的质量分数为 $w_{\text{C}} = 6.69\%$ ，熔点为 1227℃。渗碳体的硬度很高，塑性极差，几乎为零。渗碳体是钢中的强化相，有条状、网状、片状、粒状等形态，它们的大小、数量、分布对铁碳合金性能有很大影响。

(4) 珠光体 珠光体是由铁素体和渗碳体组成的机械混合物，用符号“P”表示。珠光

体是奥氏体冷却时,在 727°C 发生共析转变的产物,碳质量分数平均为 $w_{\text{C}}=0.77\%$ 。珠光体是由渗碳体和铁素体组成的片状相间的混合物,其力学性能介于两者之间,具有较高的强度,一定的硬度、塑性和韧性。

(5) 莱氏体 莱氏体是由奥氏体和渗碳体组成的机械混合物。用符号“Ld”表示;存在于 727°C 以下的莱氏体称为变态莱氏体或称低温莱氏体,用符号“Ld'”表示,组织由渗碳体和珠光体组成。莱氏体因有大量的渗碳体,故力学性能与渗碳体接近,硬度高,脆性大。

2. 铁碳合金相图

铁碳合金相图又称铁碳合金状态图,是表示在极缓慢的冷却或加热条件下,不同成分的铁碳合金在不同温度时所具有的组织或状态的图形。

Fe-Fe₃C 相图是由实验得到的,图 1-7 所示为简化后的 Fe-Fe₃C 相图。

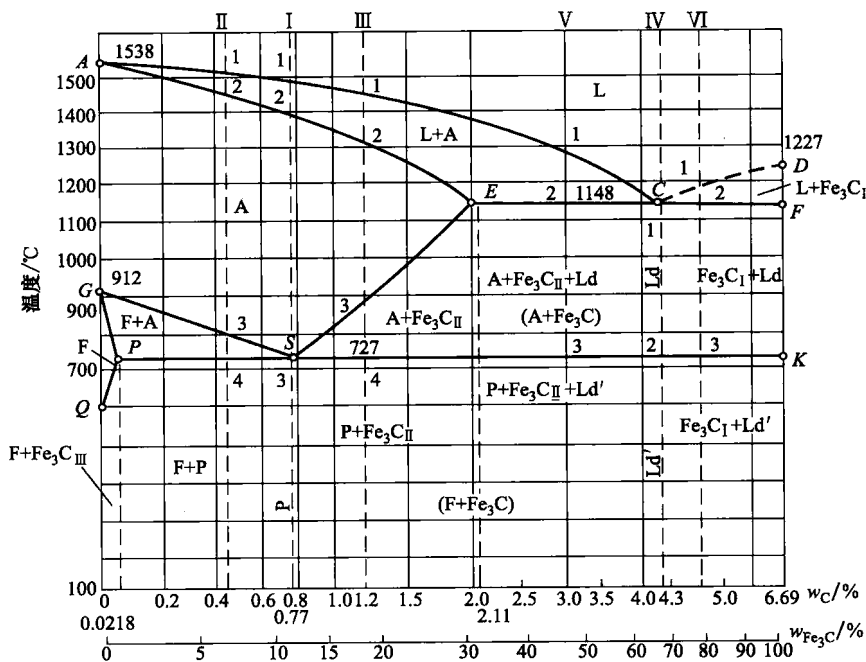


图 1-7 简化的铁-碳相图

(1) Fe-Fe₃C 相图的特性和特性线

①特性点 各特性点的温度、成分及含义如表 1-1 所示。

表 1-1 简化的 Fe-Fe₃C 相图特性点

特性点	温度 $t/^{\circ}\text{C}$	$w_{\text{C}}/\%$	含 义
A	1538	0	纯铁的熔点
C	1148	4.3	共晶点, $\text{Lc} \xrightarrow{1148} \text{Ld}(\text{A}_\text{E} + \text{Fe}_3\text{C})$
D	1227	6.69	渗碳体的熔点(计算值)
E	1148	2.11	碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的最大溶解度
G	912	0	纯铁的同素异晶转变点, $\alpha\text{-Fe} \xrightarrow{912} \text{C-Fe}$
P	727	0.0218	碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的最大溶解度
S	727	0.77	共析点, $\text{A}_\text{s} \xrightarrow{727} \text{P}(\text{F} + \text{Fe}_3\text{C})$
Q	600	0.0057	600 $^{\circ}\text{C}$ 时碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度

② 特性线 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图的特性线是不同成分合金具有相同物理意义临界点的连接线,简化的 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图中各特性线的名称及含义如表 1-2 所示。

表 1-2 简化后 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图特性线

特性线	名称	含 义
ACD 线	液相线	任何成分的铁碳合金在此线以上处于液态(L),缓冷至 AC 线时,开始结晶出奥氏体;缓冷至 CD 线时,开始结晶出一次渗碳体(Fe_3C_1)
AECF 线	固相线	任何成分的铁碳合金缓冷至此温度线时全部结晶为固相。加热到固相线时,合金开始熔化
ECF 线	共晶线	$w_{\text{C}} > 2.11\%$ 的铁碳合金,缓冷至该线(1148°C)时,均会发生共晶转变,生成莱氏体(Ld)。共晶反应式为: $\text{Lc} \longrightarrow \text{Ld}(\text{A}_\text{E} + \text{Fe}_3\text{C})$
PSK 线	共析线 (A_1 线)	$w_{\text{C}} > 0.0218\%$ 的铁碳合金,缓冷至该线(727°C)时,均会发生共析转变,形成珠光体(P),共析反应式为: $\text{A}_\text{S} \longrightarrow \text{P}(\text{F}_\text{P} + \text{Fe}_3\text{C})$
ES 线	A_{cm} 线	碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的溶解度曲线。在 1148°C 时, $\gamma\text{-Fe}$ 碳的最大溶解度为 $w_{\text{C}} = 2.11\%$ (E 点),随着温度的降低,溶碳量减少,至 727°C 时 $w_{\text{C}} = 0.77\%$ (S 点);这一阶段,奥氏体中将析出二次渗碳体($\text{Fe}_3\text{C}_\text{II}$);合金缓慢加热时,ES 线是二次渗碳体溶入奥氏体的终了温度线
PQ 线		碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度曲线。在 727°C 时, $\alpha\text{-Fe}$ 的溶解度最大,为 $w_{\text{C}} = 0.0218\%$ (P 点),随着温度的降低,溶碳量减少,至 600°C 时 $w_{\text{C}} = 0.0057\%$ (Q 点);因此,合金由 727°C 缓冷时,铁素体中的碳将析出三次渗碳体($\text{Fe}_3\text{C}_\text{III}$)
GS 线	A_3 线	$w_{\text{C}} < 0.77\%$ 的铁碳合金,缓冷时由奥氏体中析出铁素体的开始线;也是合金缓慢加热时,铁素体转变为奥氏体的终了温度线

(2) 铁碳合金的分类 根据 $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ 相图,铁碳合金按含碳量和室温组织不同,可分为工业纯铁、钢和白口铸铁三类。

① 工业纯铁 碳的质量分数小于 P 点铁碳合金,其室温组织为铁素体。

② 钢 碳的质量分数在 P 点和 E 点之间的铁碳合金。其中, S 点成分的钢称为共析钢,其室温组织为珠光体; S 点成分以左的钢称为亚共析钢,其室温组织为珠光体+铁素体; S 点成分以右的钢称为过共析钢,其室温组织为珠光体+二次渗碳体。

③ 白口铸铁 碳的质量分数大于 E 点的铁碳合金。其中, C 点成分的合金称为共晶白口铸铁,室温组织为低温莱氏体; C 点成分以左的合金称为亚共晶白口铸铁,室温组织为低温莱氏体+珠光体+二次渗碳体; C 点成分以右的合金称为过共晶白口铸铁,室温组织为低温莱氏体+一次渗碳体。

三、碳素结构钢

1. 钢的分类

按钢的用途,钢可分为结构钢、工具钢和特殊钢。结构钢有工程用钢(如建筑工程用钢、桥梁工程用钢、车辆工程用钢等)和优质结构钢(如调质钢、渗碳钢、弹簧钢、轴承钢等)两类。工具钢有刀具钢、模具钢、量具钢等。特殊性能钢中有不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

按化学成分分为碳素钢、低合金钢、合金钢三类。

按组织分为亚共析钢、共析钢和过共析钢三类。

2. 常用碳素结构钢牌号及选用

(1) 碳素钢的分类

① 按照钢中碳的质量分数分类

低碳钢 ($w_c < 0.25\%$)、中碳钢 ($0.25\% \leq w_c \leq 0.60\%$)、高碳钢 ($w_c > 0.60\%$)

② 按钢的用途分类

a. 碳素结构钢 主要用于制作机械零件和工程构件,一般属于低、中碳钢。

b. 碳素工具钢 主要用于制作刀具、量具和模具,一般属于高碳钢。

③ 按钢的主要质量等级分类

普通质量碳素钢 ($w_s \geq 0.045\%$ 、 $w_p \geq 0.045\%$)

优质碳素钢 (硫、磷含量比普通质量碳素钢少)

特殊质量碳素钢 ($w_s \leq 0.02\%$ 、 $w_p < 0.020\%$)

此外,钢按冶炼方法不同,可分为转炉钢和电炉钢;按冶炼时脱氧程度的不同,可分为沸腾钢、镇静钢、半镇静钢和特殊镇静钢等。

(2) 碳素结构钢 碳素结构钢牌号由屈服点汉语拼音字母字首 Q,屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号四部分按顺序组成。例如 Q235-A·F 表示屈服强度 σ_s 为 235MPa 的 A 级沸腾钢。碳素结构钢价格低廉,工艺性能优良。主要用于一般工程结构和普通机械零件。碳素结构钢通常热轧成各种型材,一般不经热处理而直接使用。碳素结构钢的牌号有 Q195、Q215、Q235、Q255、Q275 等。

碳素结构钢中的 Q195、Q215,通常轧制成薄板、钢筋供应市场,也可用于制作铆钉、螺钉、轻负荷的冲压零件和焊接结构件等。

Q235、Q255 强度相对于 Q195、Q215 稍高,可制作螺栓、螺母、销子、小轴、吊钩和不太重要的机械零件以及建筑结构中的螺纹钢、型钢、钢筋等;质量较好的 Q235C, D 级可作为重要焊接结构用材;Q275 钢可部分代替优质碳素结构钢 25、30、35 钢使用。

(3) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示,两位数字表示钢中平均含碳量的万分数。例如 45 钢,表示平均 $w_c = 0.45\%$ 的优质碳素结构钢。当钢中含锰量较高 ($w_{Mn} 0.7\% \sim 1.2\%$) 时,在两位数字后面加上符号“Mn”,如 65Mn 钢,表示平均 $w_c = 0.65\%$,并含有较多锰的优质碳素结构钢。如果是高级优质钢,在数字后面加上符号“A”;特级优质钢在数字后面加上符号“E”。优质碳素结构钢牌号有 08F、10、15、25、35、40、45、50、55、65、40Mn、50Mn、65Mn。

08F 钢,碳的质量分数低,塑性好,强度低,主要用于强度要求不高的冷冲压件,如汽车和仪表仪器外壳、盖、罩等。

10~25 钢,冷塑性变形和焊接性好,可用于强度要求不高、低负载、形状简单的零件及渗碳零件,例如机罩、焊接容器,小轴、螺母、螺栓、垫圈及渗碳齿轮等。

30~55, 40Mn, 50Mn 钢经调质后可获得良好的综合力学性能,主要用于受力较大的机械零件,如齿轮、齿条、蜗杆、连杆、机床主轴、曲轴等。

60~70 钢、60Mn、65Mn 钢具有较高的强度;可用于制造各种弹簧、机车轮缘、轧辊、凸轮、钢轨、低速车轮等。

四、表面粗糙度

1. 表面粗糙度的基本概念

在切削加工过程中,由于刀具和零件表面之间的摩擦、切屑分离时的塑性变形及工艺系统的振动等原因,使得工件加工表面产生间距较小的峰谷。我们把零件加工表面上具有较小的间距和峰谷所组成的微观几何形状特征称为表面粗糙度,如图 1-8 所示。表面粗糙度影响

零件的使用性能，如配合的可靠性、疲劳强度、耐腐蚀性、耐磨性、机械结构的灵敏度和传动精度等。

2. 表面粗糙度的评定参数

表面粗糙度常用的评定参数有：轮廓算术平均偏差 R_a 、微观不平度十点高度 R_z 和轮廓最大高度 R_z 等。其中轮廓算术平均偏差 R_a 为最常用的评定参数，它是指在取样长度内，轮廓上的各点至中线距离的绝对值的算术平均值，通常用电动轮廓仪测定。 R_a 的数值如表 1-3 所示，优先选用表中的第 1 系列。

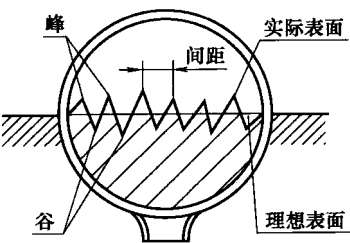


图 1-8 表面粗糙度

表 1-3 轮廓算术平均偏差 (R_a) 的数值

第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 1 系列	第 2 系列
0.012	0.008 0.010	0.20	0.125 0.160	1.6	1.25	12.5	16.0 20
0.025	0.016 0.020		0.25 0.32		2.0 2.5		
0.050	0.032 0.040		0.40		3.2		32 40
	0.063 0.080	0.80	0.50 0.63	6.3	4.0 5.0	50	63 80
			1.00		8.0 10.0		
0.100						100	

3. 表面粗糙度符号及含义

表面粗糙度的符号及含义如表 1-4 所示。

表 1-4 表面粗糙度的符号及其意义

符 号	意 义
✓	基本符号，表示表面可用任何方法获得，当不加注粗糙度参数值或有关说明（例如表面处理、局部热处理状况等）时，仅适用于简化代号标注
✓	基本符号上加一短划，表示表面是用去除材料的方法获得，例如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
✓	基本符号上加一小圆，表示表面是用不去除材料的方法获得，例如铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等。 或者是用于保持原供应状况的表面（包括保持上道工序的状况）
✓ ✓ ✓	在上述三个符号的长边均可加一横线，用于标注有关参数和说明
✓ ○ ✓ ○ ✓ ○	在上述三个符号上均可加一小圆，表示所有表面具有相同的表面粗糙度要求

4. 表面粗糙度的标注

表面粗糙度在图样上的标注如图 1-9 所示。