



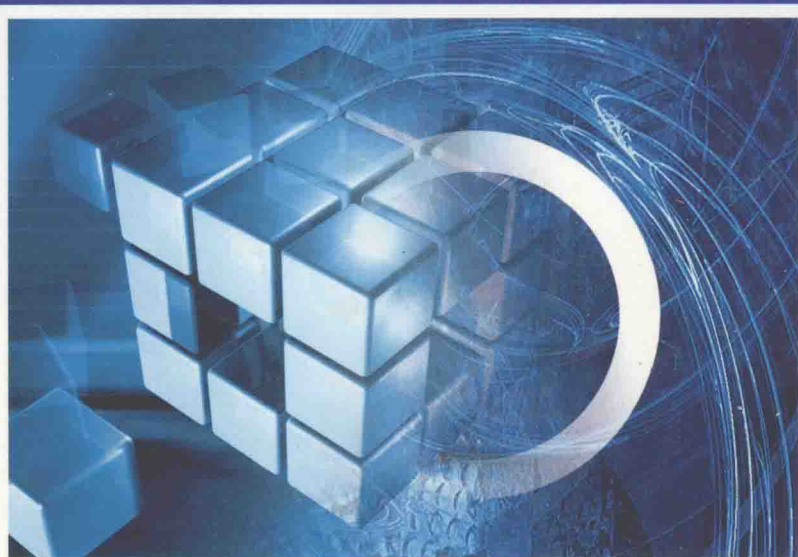
21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

机械制造 学习指导与习题

jixie zhizao xuexi zhidao yu xiti

「第2版」

■ 编 著 京玉海



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教

机械制造学习 指导与习题

(第二版)

主编 京玉海

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书依据全国高等教育自学考试指导委员会审定的机电一体化工程专业《机械制造自学考试大纲》编写,为刘瑾主编的《机械制造》一书的配套教材。

本书按章提出了考核要求、重点内容提要、历年考题汇编及参考答案、自测题及部分习题答案等,旨在方便读者自学,帮助读者更好地理解本课程的基本内容。

本书可作为自考生学习《机械制造》的辅助教材以及社会助学教师的教学参考书,也可作为高等工业学校机械类及近机类学生学习相关课程的参考教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械制造学习指导与习题/京玉海主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1280 - 9

I. 机… II. 京… III. 机械制造 - 高等学校 - 教学参考资料
IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 151032 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 280 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 2 版 2009 年 8 月第 6 次印刷

印 数 / 14501 ~ 18500 册

定 价 / 25.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代，面临这个难得的机遇和挑战，本着“科教兴国”的基本战略，我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求，满足社会对高校毕业生的技能需要，北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写，以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际，广泛考察了各校应用型学生的学习实际，本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格，以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点，力求提高学生的实际运用能力，使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ↓ 以就业为导向，培养学生的实际运用能力，以达到学以致用的目的。
- ↓ 以科学性、实用性、通用性为原则，以使教材符合机电类课程体系设置。
- ↓ 以提高学生综合素质为基础，充分考虑对学生个人能力的提高。
- ↓ 以内容为核心，注重形式的灵活性，以便学生易于接受。

二、编写原则

- ↓ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际，以满足广

大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求，增强学生在就业过程中的竞争力。

- ✚ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求，在完成基础课的前提下，使学生掌握先进的机电类相关操作软件，培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建牢固的知识体系。
- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深、循序渐进的原则，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

本书依据全国高等教育自学考试指导委员会审定的机电一体化工程专业《机械制造自学考试大纲》编写，为刘瑾主编的《机械制造》一书的配套教材。本自学辅导书旨在帮助学生能更好地掌握《机械制造》课程的基本内容和基本要求，明确重点，使自学考生能较全面深入地理解教材中的主要问题。

本书内容包括《机械制造》课程中各章的学习目的与要求、重点内容提要、历年考题汇编及参考答案、自测题及部分习题答案等。本书的编写融汇了作者多年教学经验，其主要特点是：

(1) 本书的章节顺序与《机械制造》教材完全相同，所用符号、术语也与教材一致，以便自学考生对照学习。

(2) 内容提要部分阐述了《机械制造》教材中各章的基本内容和学习重点。对各章的基本概念、基本理论进行了系统的、简要的归纳总结，以便学生更好地掌握所学的知识。

(3) 题目信息量大，题目类型多，包括是非题、选择题、填空题、问答题、分析题、计算题等，既考虑有助于对基本理论的学习与掌握，又充分重视对实际问题的了解与分析，以逐步培养学生分析问题和解决问题的能力。

(4) 本书编写时力求重点突出，通俗易懂。教材已讲过的内容和插图，本书尽量不再重复，以便压缩篇幅，减轻学生负担。

本书可作为自学考生学习《机械制造》的辅助教材以及社会助学教师的教学参考书，也可作为高等工业学校机械类及近机类学生学习相关课程的参考教材。

本书由南昌大学京玉海编写。由于编者水平有限，书中难免出现错误与不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 工程材料	(1)
1.1 考核要求	(1)
1.2 重点内容提要	(2)
1.3 历年考题	(16)
1.4 自测题	(21)
1.5 习题参考答案	(31)
第二章 铸造成形	(36)
2.1 考核要求	(36)
2.2 重点内容提要	(36)
2.3 历年考题	(40)
2.4 自测题	(45)
2.5 习题参考答案	(50)
第三章 锻压成形	(57)
3.1 考核要求	(57)
3.2 重点内容提要	(57)
3.3 历年考题	(62)
3.4 自测题	(66)
3.5 习题参考答案	(70)
第四章 焊接成形	(74)
4.1 考核要求	(74)
4.2 重点内容提要	(75)
4.3 历年考题	(78)
4.4 自测题	(82)
4.5 习题参考答案	(86)
第五章 金属切削的基本原理	(90)
5.1 考核要求	(90)
5.2 重点内容提要	(91)
5.3 历年考题	(98)

5.4	自测题	(100)
5.5	习题参考答案	(105)
第六章	金属切削机床概述	(107)
6.1	考核要求	(107)
6.2	重点内容提要	(107)
6.3	历年考题	(109)
6.4	自测题	(110)
6.5	习题参考答案	(110)
第七章	车削加工	(112)
7.1	考核要求	(112)
7.2	重点内容提要	(112)
7.3	历年考题	(114)
7.4	自测题	(116)
7.5	习题参考答案	(118)
第八章	铣削、刨削和拉削加工	(120)
8.1	考核要求	(120)
8.2	重点内容提要	(120)
8.3	历年考题	(123)
8.4	自测题	(124)
8.5	习题参考答案	(125)
第九章	钻削和镗削加工	(127)
9.1	考核要求	(127)
9.2	重点内容提要	(127)
9.3	历年考题	(130)
9.4	自测题	(130)
9.5	习题参考答案	(132)
第十章	磨削加工	(133)
10.1	考核要求	(133)
10.2	重点内容提要	(134)
10.3	历年考题	(137)
10.4	自测题	(138)

10.5	习题参考答案	(139)
第十一章	齿轮加工	(141)
11.1	考核要求	(141)
11.2	重点内容提要	(141)
11.3	历年考题	(145)
11.4	自测题	(146)
11.5	习题参考答案	(148)
第十二章	特种加工	(150)
12.1	考核要求	(150)
12.2	重点内容提要	(150)
12.3	历年考题	(151)
12.4	自测题	(152)
12.5	习题参考答案	(152)
第十三章	机床夹具设计	(153)
13.1	考核要求	(153)
13.2	重点内容提要	(154)
13.3	历年考题	(159)
13.4	自测题	(163)
13.5	习题参考答案	(168)
第十四章	机械加工质量	(171)
14.1	考核要求	(171)
14.2	重点内容提要	(172)
14.3	历年考题	(178)
14.4	自测题	(180)
14.5	习题参考答案	(182)
第十五章	机械加工工艺规程的制订	(184)
15.1	考核要求	(184)
15.2	重点内容提要	(185)
15.3	历年考题	(195)
15.4	自测题	(202)
15.5	习题参考答案	(210)

第一章 工程材料

1.1 考核要求

1.1.1 金属的结构和结晶（识记）

- 1.1.1.1 了解晶体与非晶体。
- 1.1.1.2 了解晶格、晶胞与晶格常数。
- 1.1.1.3 了解金属中常见的三种晶格类型。
- 1.1.1.4 了解金属的冷却曲线、过冷现象及结晶过程。
- 1.1.1.5 了解纯铁的同素异构转变。

1.1.2 合金的相结构（领会）

理解固溶体和金属化合物。

1.1.3 铁碳合金的基本相和基本组织（领会）

理解铁素体、奥氏体和渗碳体；珠光体、莱氏体。

1.1.4 铁碳相图分析（简单应用）

- 1.1.4.1 掌握铁-碳相图中各特性点、线和区域。
- 1.1.4.2 掌握铁碳合金的分类及结晶过程。

1.1.5 钢在加热及冷却时的组织转变（领会）

- 1.1.5.1 理解钢的奥氏体化及奥氏体的晶粒度。
- 1.1.5.2 理解过冷奥氏体的等温转变及连续冷却转变。

1.1.6 钢的热处理工艺（简单应用）

- 1.1.6.1 理解和掌握退火与正火、淬火与回火。
- 1.1.6.2 了解表面热处理，并理解其适用范围。

1.1.7 钢（简单应用）

- 1.1.7.1 了解钢的分类。
- 1.1.7.2 掌握碳钢的牌号、性能、热处理特点及其使用范围。
- 1.1.7.3 理解合金钢的牌号、性能、热处理特点及其使用范围。

1.1.8 铸铁（简单应用）

- 1.1.8.1 掌握灰铸铁的组织牌号、性能、热处理特点及其使用范围。
- 1.1.8.2 理解球墨铸铁的组织牌号、性能、热处理特点及其使用范围。

1.2 重点内容提要

1.2.1 金属材料的性能（见表1-1）

表 1-1 金属材料的性能

性能指标			定 义
使用性能	物理性能		金属材料对自然界各种物理现象引起的反应，包括密度、熔点、导电性等
	化学性能		金属材料抵抗各种活泼介质的化学侵蚀的能力，如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等
	力学性能	强度	金属材料在力的作用下抵抗塑性变形和断裂的能力，包括抗拉强度 R_m 、屈服点 σ_s 、抗弯强度 σ_{bb} 等
		塑性	金属材料在载荷作用下产生塑性变形而不破坏的能力，衡量指标为伸长率 δ 和断面收缩率 ψ
		硬度	金属材料抵抗更硬的物体压入其内的能力，常用硬度测定方法有布氏硬度 HB、洛氏硬度 HR 和维氏硬度 HV
		韧性	金属材料在冲击载荷作用下抵抗破坏的能力，衡量指标为冲击韧性 a_K
		疲劳强度	金属材料经无数次交变载荷作用而不致引起断裂的最大应力值
工艺性能		工艺性能是指金属对于零件制造工艺的适应性，它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能等	

1.2.2 金属的结构及结晶

1. 金属的晶体结构

固体可分为晶体与非晶体两类。常见的晶格类型见表 1-2。

表 1-2 常见金属晶格类型

晶格类型	原子分布	原子数	原子半径	致密度
体心立方晶格	在立方体的中心和八个顶角上各有一个原子	2	$\frac{\sqrt{3}}{4}a$	0.68
面心立方晶格	在立方体六个表面的中心和八个顶角上各有一个原子	4	$\frac{\sqrt{2}}{4}a$	0.74
密排六方晶格	除在晶胞的十二个顶角上和上下两个六方底面的中心各有一个原子外, 在晶胞的中间还有三个原子	6	$\frac{1}{2}a$	0.74

1.2.3 金属的结晶

1. 结晶的概念

物质从液态转变为固态的过程称为凝固。而结晶是指由液态转变为晶体的过程, 即金属与合金从液态的无序状态转变为原子有规则排列的晶体结构的过程。

理解结晶的概念应着重掌握以下几点:

1) 纯金属的结晶在恒温下进行, 其结晶过程可用冷却曲线表示。

2) 纯金属的结晶需要一定的过冷度, 即过冷是金属结晶的必要条件。过冷度 ΔT 是指理论结晶温度 T_0 与实际结晶温度 T_n 之差 ($\Delta T = T_0 - T_n$)。冷却速度越大, 过冷度越大。

3) 金属的结晶包括两个过程: 晶核的形成和晶核的长大。

2. 晶粒大小及其控制

晶粒越细, 则金属的强度、硬度、塑性和韧性越好。

控制晶粒大小的方法有:

1) 增加过冷度 (或增加冷却速度, 如用金属型代替砂型、降低浇注温度、慢速浇注等)。

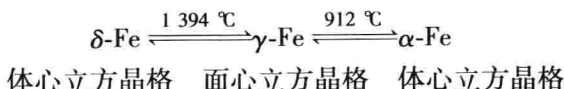
2) 变质处理。

3) 附加振动 (机械振动、超声波振动、电磁搅拌等)。

3. 金属的同素异构转变

金属在固态下发生晶格类型改变的过程称为同素异晶转变, 又称重结晶或二

次结晶。铁的同素异构转变见下式：



1.2.4 合金的相结构和二元合金相图

1. 合金的结构（见表 1-3）

表 1-3 合金的结构

合金的结构	定 义	晶格类型特点	性能特点
固溶体	两组元在固态下彼此互相溶解，从而形成成分和性能均匀的固态合金	保持溶剂的晶格类型	产生固溶强化，且具有较好的塑性和韧性
化合物	合金中各组成元素原子按一定比例互相作用而生成的一种新的具有金属特性的物质	形成一种新的晶格类型	硬而脆
机械混合物	组成合金两组元既不互相溶解，也不产生化合反应，而是按一定重量比混合而成的一种物质	各自保持各自的晶格类型	介于两组元之间

注：① 组元：组成合金的最基本的物质。

② 相：合金中具有相同化学成分、相同晶体结构的均匀部分。

③ 固态合金的相结构可分为固溶体和金属化合物两大类。

④ 根据溶质原子在溶剂晶格中分布情况不同可将固溶体分为置换固溶体和间隙固溶体两种。根据溶解度不同又可分为有限固溶体和无限固溶体。

⑤ 固溶强化：因形成固溶体而引起合金强度、硬度升高的现象。

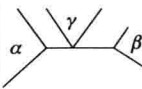
2. 二元合金相图

合金相图：用来表示合金在不同成分、温度下的组织状态，以及它们之间相互关系的一种图形，亦称状态图或平衡图。常见相图类型见表 1-4。

表 1-4 常见相图类型

相图类型	定 义	相图特征	反应式	反应类型
匀晶相图	两组元在液态及固态下都能以任何比例相互溶解而构成的相图		$L \rightarrow \alpha$	匀晶反应：一种液相在变温过程中转变为一种固相的反应

续表

相图类型	定 义	相图特征	反应式	反应类型
共晶相图	两组元在液态时能完全互溶, 在固态时有限互溶, 并能发生共晶转变的相图		恒温 $L \rightarrow \alpha + \beta$	共晶反应：恒温下, 一种液相同时结晶出两种不同成分的固相的反应
共析相图	与共晶相图相似, 区别在于转变前的母相不是液相而是固相		恒温 $\gamma \rightarrow \alpha + \beta$	共析反应：由某种单相固溶体中同时析出两种新的固相的转变过程

1.2.5 铁碳相图分析

1. 合金的结构铁碳合金的基本组织 (见表 1-5)

表 1-5 铁碳合金的基本组织

基本组织	定 义	代号	碳的质量分数 (%)	性能特点	晶格类型
铁素体	碳溶解在 α -Fe 中所形成的间隙固溶体	F	727 °C : 0.021 8 室温 : 0.008	与纯铁相似	体心立方晶格
奥氏体	碳溶解在 γ -Fe 所形成的间隙固溶体	A	1 148 °C : 2.11 727 °C : 0.77	硬度较低而塑性较高	面心立方晶格
渗碳体	铁与碳所形成的金属化合物	Fe_3C	6.69	硬而脆	复杂斜方晶格
珠光体	铁素体与渗碳体所形成的机械混合物	P	0.77	介于两组元之间	
莱氏体	奥氏体 (或珠光体) 与渗碳体所形成的机械混合物	Ld (或 Ld')	4.3	硬而脆	

2. 点、线含义（见表 1-6）

表 1-6 点、线含义

点	含 义	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	含碳量 (%)	特性线	含 义
A	纯铁的熔点	1 538	0	AC、CD	液相线
C	共晶点	1 148	4.3	AE、ECF	固相线
D	渗碳体的熔点	1 227	6.69	ECF	共晶线 $L \rightarrow A + \text{Fe}_3\text{C}$ ，即转变 产物为莱氏体
E	碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的最大 溶解度点，也是钢 铁分界点	1 148	2.11		
G	$\alpha\text{-Fe}$ 与 $\gamma\text{-Fe}$ 同素异 晶转变点	912	0	PSK (A_1)	共析线 $A \rightarrow F + \text{Fe}_3\text{C}$ ，即转变 产物为珠光体
P	碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的最大 溶解度点	727	0.021 8	ES (A_{cm})	碳在奥氏体中的溶解 度曲线
S	共析点	727	0.77	PQ	碳在铁素体中的溶解 度曲线

3. 铁碳合金分类（见表 1-7）

表 1-7 铁碳合金分类

分 类		w_C (%)	室温组织	结 晶 过 程
纯铁		$< 0.021\ 8$	F 或 $F + \text{Fe}_3\text{C}_{II}$	
钢	亚共析钢	$0.021\ 8 \leq w_C$ < 0.77	$P + F$	$L \rightarrow L + A \rightarrow A \rightarrow A + F \rightarrow P + F$
	共析钢	$= 0.77$	P	$L \rightarrow L + A \rightarrow A \rightarrow P$
	过共析钢	$0.77 < w_C \leq 2.11$	$P + \text{Fe}_3\text{C}_{II}$	$L \rightarrow L + A \rightarrow A \rightarrow A + \text{Fe}_3\text{C}_{II} \rightarrow P + \text{Fe}_3\text{C}_{II}$
白 口 铸 铁	亚共晶白口铸铁	$2.11 < w_C < 4.3$	$P + \text{Fe}_3\text{C}_{II} + \text{Ld}'$	$L \rightarrow L + A \rightarrow A + \text{Ld} + \text{Fe}_3\text{C}_{II} \rightarrow$ $P + \text{Ld}' + \text{Fe}_3\text{C}_{II}$
	共晶白口铸铁	$= 4.3$	$\text{Ld}' + \text{Fe}_3\text{C}_I$	$L \rightarrow \text{Ld} \rightarrow \text{Ld}'$
	过共晶白口铸铁	$4.3 < w_C$ < 6.69	$\text{Ld}' + \text{Fe}_3\text{C}_I$	$L \rightarrow L + \text{Fe}_3\text{C}_I \rightarrow \text{Ld}' + \text{Fe}_3\text{C}_I$

4. 各相区组织 (见图 1-1)

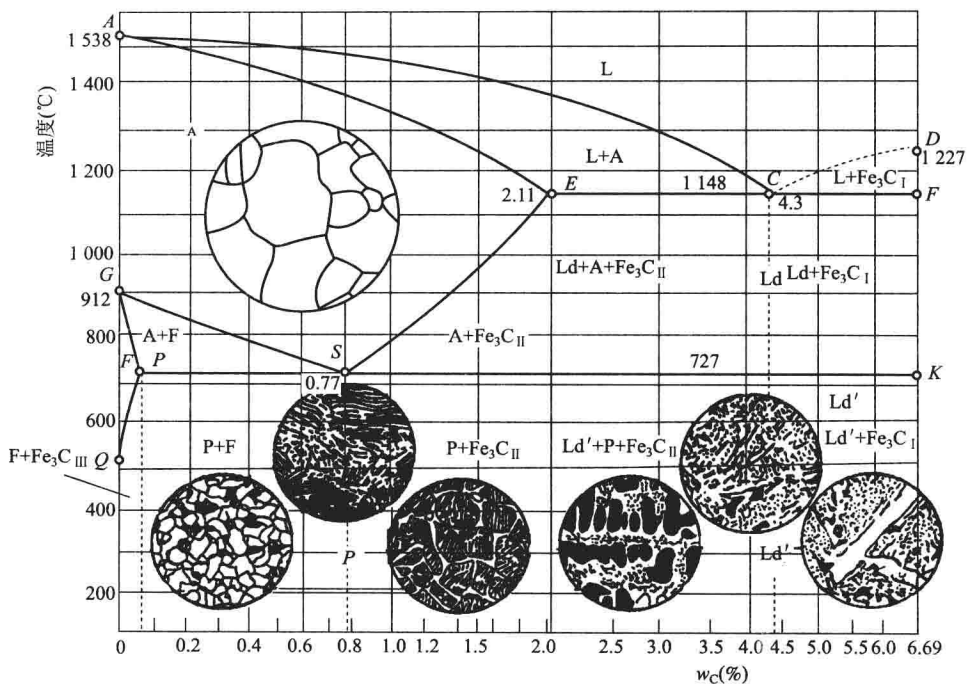


图 1-1 铁碳合金相图

5. 钢的结晶过程 (见图 1-2)

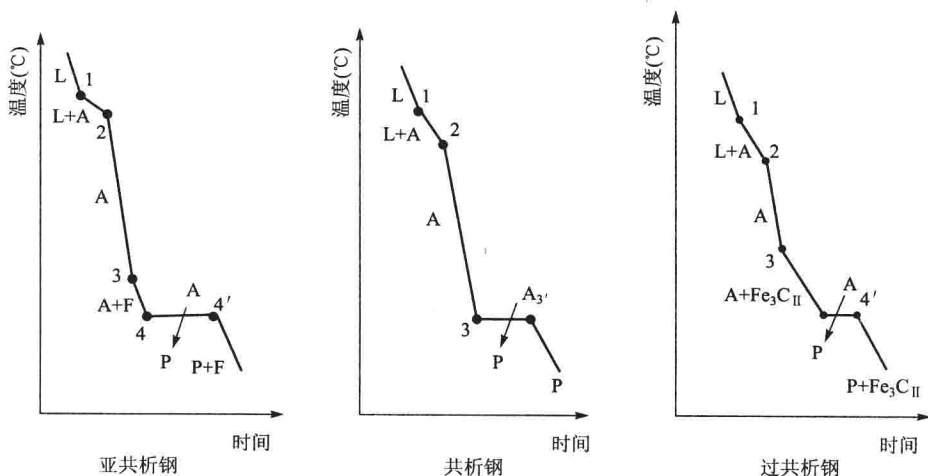


图 1-2 钢的结晶过程

6. 碳的质量分数与铁碳合金力学性能间的关系 (见图 1-3)

在亚共析钢中, 随着碳的质量分数的增加, 钢中的珠光体增多, 铁素体减

少,故强度、硬度提高,塑性、韧性下降。但在过共析钢中,渗碳体沿原奥氏体晶界呈网状分布,削弱了各晶粒间的结合力,从而降低了钢的强度并增加了脆性。因此,碳的质量分数超过了0.9%的钢,其硬度虽然继续增加,但强度却明显下降。特别是在白口铸铁中渗碳体作为基体存在时,其塑性和韧性大大下降。因此白口铸铁具有很高的脆性。

1.2.6 钢的热处理

不论哪一种热处理工艺,都要经历加热、保温和冷却三个阶段,其中保温的作用在于使零件内外温度一致,并获得细而成分均匀的奥氏体晶粒。

为了区别实际加热和冷却时的临界点,一般将加热时的临界点加标符号“c”,如 A_{c1} 、 A_{c3} 、 A_{cm} ;冷却时的临界点加标符号“r”,如 A_{r1} 、 A_{r3} 、 A_{rem} 。

1. 钢在加热时的组织转变

奥氏体的形成过程也是由形核和长大两个过程来完成的。该过程可以归纳为以下三个阶段:奥氏体晶核的形成和长大、残余渗碳体的溶解、奥氏体成分均匀化。

奥氏体的晶粒大小除了与加热温度和保温时间有关外,还与奥氏体中碳的质量分数及合金元素的质量分数有关。

2. 过冷奥氏体转变产物 (见表1-8)

表1-8 过冷奥氏体等温转变产物小结

转变产物		转变类型及组织	组织形态	性能特点
珠光体 P	珠光体 P	扩散型转变,组织为铁素体与渗碳体的机械混合物	片状	硬度较低,韧性较好。其强度和硬度随转变温度下降而升高
	索氏体 S		细片状	
	屈氏体 T		极细片状	
贝氏体 B	上贝氏体 B _上	半扩散型转变,组织为过饱和碳的铁素体和渗碳体组成的两相混合物	羽毛状	主要取决于组织形态。上贝氏体强度低、塑性和韧性差,基本上无使用价值。下贝氏体具有较高的强度和硬度外,还具有良好塑性和韧性
	下贝氏体 B _下		黑色针片状	
马氏体 M	马氏体	非扩散型转变,组织为碳在 α -Fe中的过饱和固溶体	<0.2% C,板条状	硬度高。马氏体的硬度主要取决于马氏体中碳的质量分数。片状马氏体硬而脆,板条状马氏体强而韧
			0.2% < C% < 1%,板条状 + 片状	
			>1% C,片状	

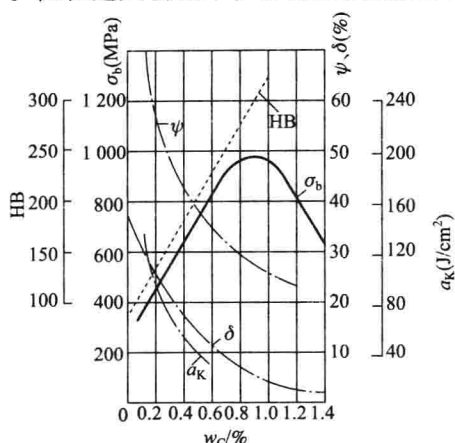


图1-3 碳的质量分数与铁碳合金力学性能间的关系