

高等学校教材

湖北省精品课程

工程材料

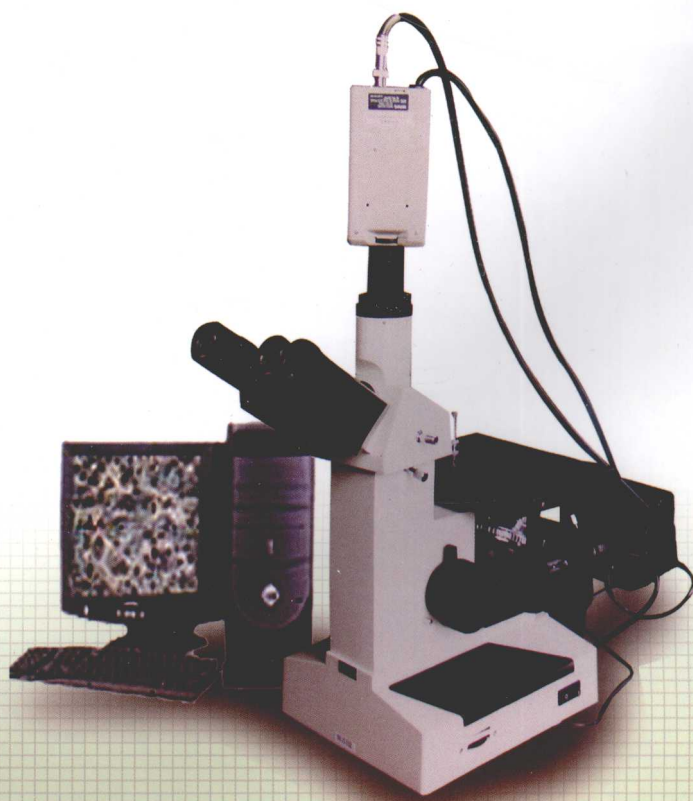
习题集及实验指导书

主 编 陈 曦

→ 150余道难易程度不同的习题与思考题

→ 2个必开常规实验

→ 2个创新型实验



武汉理工大学出版社
Wuhan University of Technology Press

高等学校教材

工程材料习题集 及实验指导书

主 编 陈 曦
副主编 王志海 史晓亮
冯四平 彭 兆

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

图书在版编目(CIP)数据

工程材料习题集及实验指导书/陈曦主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5629-3187-4

I. ①工… II. ①陈… III. ①工程材料-高等学校-教学参考资料 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 156300 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

印刷者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

经销者:各地新华书店

开本:787×1092 1/16

印张:5.25

字数:131 千字

版次:2010 年 8 月第 1 版

印次:2010 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册

定价:8.50 元

如有印装质量问题,请与承印厂联系退换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87383695 87384729

版权所有,盗版必究。

前 言

本书是陈曦主编的《工程材料》的配套教材,内容包括各章习题和实验指导书两部分,是根据高等院校“工程材料”课程教学大纲和教学基本要求编写的。习题采用多种形式,突出重点,既考虑有助于学生对基本理论的学习与掌握,又充分重视对实际生产问题的了解与分析,以逐渐培养学生分析问题和解决问题的能力。实验指导书除介绍金相显微分析基础知识和碳钢热处理工艺基础知识及硬度测试外,还包括三个实验,每个实验均按两个学时安排,实验内容侧重于金相显微组织的观察和检测设备(金相显微镜、硬度计)的使用,使学生在金相试验基本技能方面得到初步训练,并有利于巩固和深化课堂上学到的知识。

本习题集可供高等工科院校机械类及近机械类专业本、专科学生使用。

本书由武汉理工大学陈曦主编,并编写习题第 9、10、11 章和实验指导书的第一篇,冯四平编写习题集的其他章节,彭兆编写实验指导书第二、三、四篇。

本书是在我校自编教材的基础上,参考兄弟院校的有关教学资料编纂而成的。对书中存在的不妥乃至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 3 月

目 录

习 题 集

1 工程材料的分类及性能	(1)
2 金属的晶体结构	(2)
3 纯金属的结晶	(2)
4 合金的结构与相图	(3)
5 金属材料的塑性变形	(6)
6 钢的热处理	(7)
7 合金钢	(12)
8 铸铁	(14)
9 有色金属及其合金	(15)
10 非金属材料	(16)
11 材料表面改性技术	(16)
12 机械零件材料的选用	(17)
武汉理工大学考试试题纸	(19)
武汉理工大学工程材料作业纸	(27)

实验指导书

第一篇 金相显微分析基础知识	(36)
一、光学金相显微镜基础知识	(36)
二、金相样品制备的基本方法	(41)
三、铁碳合金平衡组织显微分析	(45)
第二篇 金相显微分析实验	(50)
实验一 铁碳合金平衡组织观察及金相显微镜的使用	(50)
实验二 金相互动实验(综合型)	(52)
第三篇 碳钢热处理工艺基础知识及硬度测试	(60)
一、碳钢热处理工艺基础知识	(60)
二、金属材料的硬度测试	(64)
第四篇 热处理工艺实验	(71)
实验 碳钢的热处理及硬度测试	(71)
附录一 各类合金材料的金相试样	(74)
附录二 金属材料常用的浸蚀剂	(75)
附录三 压痕直径与布氏硬度对照表	(76)
附录四 各种硬度(布氏、洛氏、维氏)换算表	(77)

习 题 集

1 工程材料的分类及性能

思考题

1. 写出下列力学性能符号所代表的力学性能指标的名称和含义。

σ_e ; σ_s ; $\sigma_{0.2}$; σ_b ; σ_{-1} ; δ ; ψ ; a_{KV} ; HRC; HV; HBS。

2. 低碳钢试样在受到静拉力作用直至拉断时经过怎样的变形过程?
3. 通常把工程材料分为哪几类? 各举两个例子。
4. 试比较布氏、洛氏、维氏硬度的特点, 指出各自最适用的范围。

下列几种工件的硬度适宜哪种硬度法测量:

淬硬的钢件; 灰口铸铁毛坯件; 硬质合金刀片; 渗氮处理后的钢件表面渗氮层的硬度。

习题

1. 名词解释

强度; 硬度; 塑性; 韧性; 刚度。

2. 举例说明在日常生活用品中, 哪些是用钢铁制造的? 哪些是用有色金属及合金制造的?
3. 判断下列说法是否正确, 并说出理由。

- (1) 材料塑性、韧性愈差则脆性愈大。
- (2) 屈服比大的材料作零件安全可靠性能高。
- (3) 材料愈易产生弹性变形, 其刚度愈小。
- (4) 伸长率的测量值与试样长短有关, $\delta_5 > \delta_{10}$ 。
- (5) 冲击韧性与试验温度无关。
- (6) 同一材料的 σ_{-1} 一般都小于 σ_s 。
- (7) 较低表面粗糙度值会使材料的 σ_{-1} 值降低。
- (8) 材料综合性能好是指各力学性能指标都是最大的。
- (9) 材料的强度与塑性只要化学成分一定就不变了。
- (10) 机器中的零件在工作时, 材料强度高的不会变形, 材料强度低的一定会产生变形。
- (11) 屈服点是表征材料抵抗断裂能力的力学性能指标。
- (12) 所有的金属材料均有明显的屈服现象。

4. 金属材料的力学性能包括哪些方面?

5. 钢的刚度为 20.7×10^4 MPa, 铝的刚度为 6.9×10^4 MPa。问: 直径为 2.5mm、长 12cm 的钢丝在承受 450N 的拉力作用时产生的弹性变形量(Δl)是多少? 若是将钢丝改成同样长度的铝丝, 在承受作用力不变、产生的弹性变形量(Δl)也不变的情况下, 铝丝的直径应是多少?
6. 某金属材料的拉伸试样 $l_0 = 100$ mm, $d_0 = 10$ mm。拉伸到产生 0.2% 塑性变形时作用力(载

荷) $F_{0.2}=6.5\times 10^3\text{N}$, $F_b=8.5\times 10^3\text{N}$ 。拉断后标距长为 $l_1=120\text{mm}$, 断口处最小直径为 $d_1=6.4\text{mm}$, 试求该材料的 $\sigma_{0.2}$ 、 σ_b 。

7. 某钢棒需承受 14000N 的轴向拉力, 加上安全系数允许承受的最大应力为 140MPa 。问: 钢棒最小直径应是多少? 若钢棒长度为 60mm , $E=210000\text{MPa}$, 则钢棒的弹性变形量(Δl)是多少?

2 金属的晶体结构

思考题

1. 晶体与非晶体的主要区别是什么?
2. 何谓各向异性?
3. 为什么单晶体呈现各向异性, 而多晶体通常呈现各向同性?
4. 什么叫晶体缺陷? 晶体中可能有哪些晶体缺陷? 它们的存在有何实际意义?
5. 体心立方晶格中原子排列最密的晶面是哪个? 原子排列最密的晶向是哪个? 而在面心立方晶格中原子排列最密的晶面是哪个? 原子排列最密的晶向是哪个? 试分别绘出以上原子排列最密晶面和晶向。
6. 何谓金属键? 金属键有何特点?

习题

1. 名词解释

晶格; 晶胞; 晶粒; 晶界; 亚晶粒; 亚晶界; 晶面; 晶向; 晶格常数; 单晶体; 多晶体; 致密度。

2. 常见的金属晶格类型有哪几种? 它们的原子排列和晶格常数有什么特点? $\alpha\text{-Fe}$ 、 $\gamma\text{-Fe}$ 、 Al 、 Cu 、 Ni 、 Pb 、 Cr 、 V 、 Mg 、 Zn 各属何种晶体结构?
3. 点缺陷的形式有哪些? 位错属于哪种缺陷?
4. 在立方晶系中画出下列晶面和晶向。
(010)与 $[010]$; (011)与 $[011]$; (111)与 $[111]$; (122)与 $[122]$; (112)与 $[112]$ 。
5. 已知 Cu 的原子直径为 $2.56\text{\AA}$, 求 Cu 的晶格常数, 并计算 $1\text{mm}^3\text{Cu}$ 中的原子数。
6. 在立方晶体结构中, 一平面通过 $y=0.5$ 、 $z=3$ 并平行于 X 轴, 它的晶面指数是多少? 试绘图表示。
7. 体心立方晶格中的 $\{110\}$ 晶面包括几个原子排列相同而空间位向不同的晶面? 试绘图表示。
8. 在面心立方晶格中, 哪个晶面和晶向的原子密度最大?
9. 已知 $\gamma\text{-Fe}$ 的晶格常数大于 $\alpha\text{-Fe}$ 的晶格常数, 但为什么 $\gamma\text{-Fe}$ 冷却到 912°C 转变为 $\alpha\text{-Fe}$ 时体积反而增加?

3 纯金属的结晶

思考题

1. 何谓结晶? 结晶与凝固有何区别?

2. 何谓晶体？它与非晶体有哪些区别？
3. 影响形核率和长大率的因素是什么？
4. 金属的结晶有什么规律？
5. 纯金属结晶必须满足哪几个条件？
6. 晶核长大的方式有哪几种？

习题

1. 名词解释

凝固；过冷现象；变质处理；同素异构转变；重结晶。

2. 在一般工业条件下，过冷度越大，晶体长大速率越大，晶粒长得就越粗大，这种说法对吗？为什么？
3. 何谓过冷度？为什么金属结晶要有一定的过冷度？
4. 金属在结晶时，影响晶粒大小的主要因素是什么？
5. 如果其他条件相同，比较在下列条件下铸件的晶粒大小。
 - (1) 金属型铸造与砂型铸造；
 - (2) 铸成薄壁件与铸成厚壁件；
 - (3) 高温浇注与低温浇注；
 - (4) 浇注时采用振动与不采用振动。
6. 何谓同素异晶转变？同素异晶转变又称为重结晶，重结晶与结晶有何异同？
7. 过冷度与冷却速度有何关系？它对金属结晶过程有何影响？对铸件晶粒大小有何影响？
8. 在铸造生产中，采用哪些措施控制晶粒大小？在生产中如何应用变质处理？举例说明。
9. 晶粒大小对力学性能有何影响？

4 合金的结构与相图

思考题

1. 何谓合金？合金中基本的相结构有哪些？
2. 相组成物和组织组成物有何区别？
3. 固溶体合金和共晶合金的力学性能和工艺性能各有什么特点？
4. 合金的结晶必须满足哪几个条件？
5. 纯金属结晶与合金结晶有什么异同？
6. 固溶体的主要类型有哪些？影响固溶体的结构形式和溶解度的因素有哪些？
7. 试述固溶强化、加工硬化和弥散强化的强化原理，并说明三者的区别。
8. 固溶体和金属化合物在结构和性能上有什么主要差别？
9. 机械混合物的构成方式有哪几种？
10. 合金结晶中可能出现的三种偏析应如何控制并使之尽量减小？
11. 什么是杠杆定律？它有什么用途？
12. 合金性能与相图之间的关系如何？
13. 何谓共晶反应、包晶反应和共析反应？试比较这三种反应的异同点。

14. 二元合金相图表达了合金的哪些关系?
15. 何谓金属的同素异构转变? 试画出纯铁的结晶冷却曲线和晶体结构变化图。简述纯铁的性能和用途。
16. 默画 Fe-Fe₃C 相图, 并按组织组成物填写各个相区。指出 A、J、C、D、G、S、E、P、Q 九个点及 A₁、A₃、A_{cm}、ECF、PSK 五条线的含义。
17. 何谓一次渗碳体、二次渗碳体、三次渗碳体、共晶渗碳体和共析渗碳体? 它们之间有何异同? 其金相形态如何?
18. 为何各种非共晶成分的合金也能在共晶温度发生部分共晶转变?
19. Fe-Fe₃C 相图在选材、热处理、锻造、铸造等方面有什么用途?
20. 何谓铁素体(F)、奥氏体(A)、渗碳体(Fe₃C)、珠光体(P)和莱氏体(Ld)? 它们的结构、组织形态、性能等各有何特点?
21. Fe-Fe₃C 合金相图有何作用? 在生产实践中有何指导意义? 又有何局限性?
22. 简述 Fe-Fe₃C 相图中三个基本反应: 包晶反应、共晶反应及共析反应。写出反应式, 标出含碳量及温度。
23. 何谓碳素钢? 何谓白口铁? 两者的成分、组织和性能有何差别?
24. 亚共析钢、共析钢和过共析钢的组织有何异同点?
25. 分析含碳量分别为 0.20%、0.60%、0.80%、1.0% 的铁碳合金从液态缓冷至室温时的结晶过程和室温组织。

习题

1. 名词解释

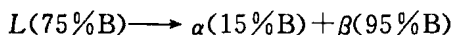
组元; 合金; 合金系; 相; 显微组织; 固溶体; 金属化合物; 相图; 匀晶转变; 共晶转变; 共析转变; 包晶转变; 细晶强化; 枝晶偏析; 固溶强化; 弥散强化; 机械混合物; 高温莱氏体; 低温莱氏体。

2. 现有 A、B 两组元形成的二元匀晶相图, 试分析以下几种说法是否正确? 为什么?

- (1) 形成二元匀晶相图的 A 与 B 两组元的晶格类型可以不同, 但是原子大小一定要相等。
- (2) 合金结晶过程中, 由于固相成分随固相线变化, 故已结晶出来的固溶体中含 B 量总是高于原液相中含 B 量。
- (3) 固溶体合金按匀晶相图进行结晶时, 由于不同温度下结晶出来的固溶体成分和剩余液相成分都不相同, 故在平衡状态下固溶体的成分是不均匀的。

3. 二元匀晶相图、共晶相图、共析相图与合金的力学性能、物理性能和工艺性能存在什么关系?

4. 一个 A-B 二元共晶反应如下:



(1) 求含 50%B 的合金完全凝固时:

- ① 初晶 α 与共晶 ($\alpha + \beta$) 的质量百分数;
- ② α 相与 β 相的质量百分数;
- ③ 共晶体中 α 相与 β 相的质量百分数。

(2) 若显微组织中测出 β 初晶与 ($\alpha + \beta$) 共晶各占一半, 求该合金成分。

5. 已知 A 组元(熔点 600℃)与 B 组元(熔点 500℃)在液态无限互溶; 在固态 300℃ 时, A 溶于

B 的最大溶解度为 30%，室温时为 10%，但 B 不溶于 A。在 300℃时， $w_B=40\%$ 的液态合金发生共晶反应。

(1)作 A-B 二元合金相图；

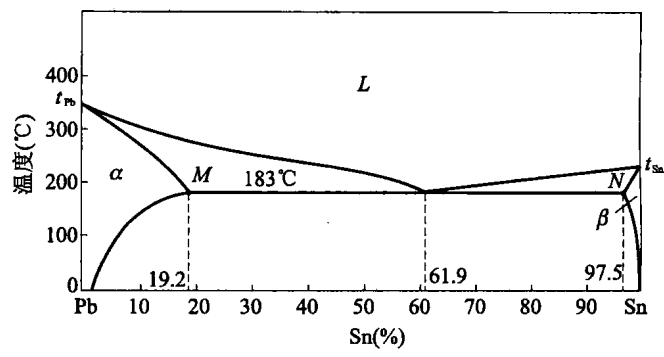
(2)分析 $w_A=20\%$ 的合金结晶过程，并确定室温下的组织组成物和相组成物的相对量。

6. 根据下图，说明 28%Sn 的 Pb-Sn 合金在下列各温度时组织中有哪些相？并求出相的相对量。

(1)高于 300℃；

(2)刚冷到 183℃，共晶转变尚未开始；

(3)在 183℃，共晶转变完毕。



习题 6 图

7. 说明共晶线与共析线的含义，写出共晶转变式和共析转变式。

8. 在铁碳合金相图中有哪些相？它们各自的性能如何？

9. 说明下列各渗碳体的生成条件：

一次渗碳体；二次渗碳体；三次渗碳体；共晶渗碳体；共析渗碳体。

10. 试分析 45 钢、T8 钢、T12 钢在极缓慢的冷却过程中相变的过程(用冷却速度曲线分析)。

11. 某碳素钢钢号不清，经金相检查其显微组织是 F+P。其中 P 约占 20%。可否据此判定出它的钢号是什么？

12. 过共析钢在结晶过程中，当温度由 1148℃下降到 727℃时，为何会有二次渗碳体析出？二次渗碳体对过共析钢的性能有什么影响？它和一次渗碳体有何不同？二次渗碳体的数量与什么因素有关？

13. 根据 Fe-Fe₃C 相图，并通过必要的计算回答下面的问题：

(1)室温时， $w_C=0.5\%$ 的钢中珠光体和铁素体各占多少？铁素体和渗碳体又占多少？

(2)室温时， $w_C=1.0\%$ 的钢中组织组成物的相对质量为多少？相组成物的相对质量又为多少？

(3)65 钢在室温时相组成物和组织组成物各是什么？其相对质量百分数各是多少？

(4)T8(按共析钢对待)在室温时相组成物和组织组成物各是什么？质量百分数各是多少？

(5)T12 钢的相组成物和组织组成物各是什么？各占多大比例？

(6)铁碳合金中，二次渗碳体和三次渗碳体的最大百分含量各是多少？

14. 某亚共析钢，其中铁素体占 80%，问：此钢的 w_C 大约是多少？

15. 根据 Fe-Fe₃C 相图，试完成下列问题：

(1)根据组织特征，写出铁碳合金按含碳量划分的类型；

- (2)写出相图中三条水平线上的反应及反应类型；
- (3)分别写出亚共析钢、亚共晶白口铸铁在冷却过程中的相变过程并画出结晶组织示意图；
- (4)40 钢从液态缓冷至室温，计算其在室温下各相组成物和各组织组成物的相对质量百分数。
16. 根据已学到的知识解释下列现象：
- (1)螺钉、螺母等标准件常用低碳钢制造；
 - (2)室温时平衡状态下 T10 比 T12 抗拉强度高，但硬度却低；
 - (3)捆绑用的镀锌钢丝常用低碳钢丝，而起重用的钢丝绳和绕制弹簧所用钢丝却是 65Mn 或 65 钢；
 - (4)锉刀常用 T12 制造，而钳工钢锯条常用 T10 制造；
 - (5)钢锭在正常热轧温度下轧制有时会开裂；
 - (6)钢适于各种变形加工成形，不易铸造成型；
 - (7)钢在锻造时始锻温度选 $1000\sim 1250^{\circ}\text{C}$ ，停锻温度选 800°C 左右。
17. 对某退火碳素钢进行金相分析，其组织的相组成物为铁素体+渗碳体(粒状)，其中渗碳体占 18%，问：此碳钢的含碳量大约是多少？
18. 对某退火碳素钢进行金相分析，其组织为珠光体+渗碳体(网状)，其中珠光体占 93%，问：此碳钢的含碳量大约为多少？
19. 热轧空冷状态的碳素钢随 w_c 增加，其力学性能有什么变化？为什么？
20. 指出下列各种钢的类别，符号、数字的含义，主要特点及用途：
Q235-AF；Q235-C；Q195-B；Q255-D；40、45、65Mn；08、20、20R；20G；T8；T10A；T12A；ZG270-500。

5 金属材料的塑性变形

思考题

1. 晶体塑性变形的的基本方式是什么？实际金属塑性变形与单晶体塑性变形有何异同？
2. 金属冷塑性变形后，组织和性能发生什么变化？
3. 说明滑移的机理。它与孪生有何区别？
4. 什么是加工硬化？加工硬化在工业生产中有何利弊？
5. 什么是冷变形金属的纤维组织？它与流线组织有何区别？
6. 什么是残余内应力？各类残余内应力是怎么产生的？对金属材料有什么影响？
7. 什么是回复？回复对变形金属有什么作用？在工业生产中有何用处？
8. 什么是再结晶？再结晶对变形金属有什么作用？在工业生产中有何用处？
9. 金属再结晶温度由什么决定？
10. 热变形加工与冷变形加工是依据什么来区分的？两种变形加工各有什么优缺点？
11. 再结晶与结晶和重结晶相比有什么特点？

习题

1. 名词解释

滑移；孪生；滑移系；热加工；冷加工。

2. 指出下列名词的主要区别：
 - (1) 弹性变形与塑性变形；
 - (2) 韧性断裂与脆性断裂；
 - (3) 再结晶与二次再结晶；
 - (4) 热加工与冷加工。
3. 说明下列现象产生的原因：
 - (1) 滑移面是原子密度最大的晶面，滑移方向是原子密度最大的方向；
 - (2) 晶界处滑移的阻力最大；
 - (3) 实际测得的晶体滑移所需的临界切应力比理论计算的数值小；
 - (4) Zn、 α -Fe、Cu 的塑性不同。
4. 画图说明体心立方、面心立方和密排六方三种常见晶体结构的滑移面、滑移方向及滑移系。
5. 金属的再结晶温度如何决定？
6. 为什么细晶粒钢强度高，塑性、韧性也好？
7. 多晶体塑性变形有何特点？在多晶体中，哪些方位的晶粒最先滑移？
8. 热加工对金属组织和性能有何影响？钢材在热加工(如轧制)时，为什么不出现加工硬化现象？
9. 与冷加工比较，热加工给金属件带来的益处有哪些？
10. 已知金属钨、铁、铅、锡的熔点分别为 3380℃、1538℃、327℃、232℃，试计算这些金属的最低再结晶温度。并分析钨和铁在 1100℃及铅和锡在室温(20℃)下的加工各为何种加工。
11. 在制造齿轮时，有时采用喷丸法(即将金属丸喷射到零件表面上)使齿面得以强化。试分析强化原因。
12. 有四个外形完全相同的齿轮，所用材质也都是 $w_c=0.45\%$ 的优质碳素钢，但是制作方法不同，它们分别是：
 - (1) 直接铸出毛坯，然后切削加工成形。
 - (2) 从热轧厚钢板上取料，然后切削加工成形。
 - (3) 从热轧圆钢上取料，然后切削加工成形。
 - (4) 从热轧圆钢上取料后锻造成毛坯，然后切削加工成形。
 试分析一下哪个齿轮使用效果应该最好，哪个应该最差。
13. 有一块铝板被子弹击穿了一个孔。若将此铝板进行正确的再结晶退火后，弹孔周围的晶粒可能有什么变化？并说明理由。
14. 在室温下对铅板进行弯折，愈弯愈硬，而稍隔一段时间再进行弯折，铅板又像最初一样柔软，这是什么原因？
15. 用冷拔钢丝缠绕的螺旋弹簧，经低温回火后，其弹力要比未回火好，这是为什么？
16. 在冷拔钢丝时，如果总变形量很大，则中间需穿插几次退火工序，这是为什么？中间退火温度选择多高合适？

6 钢的热处理

思考题

1. 何谓钢的热处理？钢的热处理操作有哪些基本类型？试说明热处理同其他工艺过程的关系

及其在机械制造中的地位和作用。

2. 指出共析碳钢加热时奥氏体形成的几个阶段,并说明亚共析碳钢及过共析碳钢奥氏体形成的主要特点。
3. 指出影响奥氏体形成速度和奥氏体实际晶粒度的因素。
4. 指出 A_1 、 A_3 、 A_{cm} ; Ac_1 、 Ac_3 、 Ac_{cm} ; Ar_1 、 Ar_3 、 Ar_{cm} 各临界点的意义。
5. 何谓本质细晶粒钢? 本质细晶粒钢的奥氏体晶粒是否一定比本质粗晶粒钢的细?
6. 有甲、乙两种钢同时加热至 1150°C ,保温 2h,经金相显微组织检查,甲钢奥氏体晶粒度为 3 级,乙钢为 6 级。由此能否得出结论:甲钢是本质粗晶粒钢,而乙钢是本质细晶粒钢?
7. 为什么用铝脱氧的钢及加入少量 Ti、Zr、V、Nb、W 等合金元素的钢都是本质细晶粒钢? 奥氏体晶粒大小对转变产物的机械性能有何影响?
8. 将 20 钢及 60 钢同时加热至 860°C ,并保温相同时间,问:哪种钢奥氏体晶粒粗大些?
9. 珠光体组织有哪几种类型? 它们在形成条件、组织形态和性能方面有何特点?
10. 贝氏体组织有哪几种类型? 它们在形成条件、组织形态和性能方面有何特点?
11. 马氏体组织有哪几种基本类型? 它们的形成条件、晶体结构、组织形态、性能有何特点? 马氏体的硬度与含碳量关系如何?
12. 说明共析碳钢过冷奥氏体等温转变(TTT)曲线各个区、各条线的物理意义,并指出影响过冷奥氏体等温转变(TTT)曲线形状和位置的主要因素。
13. 试比较共析碳钢过冷奥氏体等温转变曲线与连续转变曲线的异同点。
14. 淬火临界冷却速度 v_K 的大小受哪些因素影响? 它与钢的淬透性有何关系?
15. 钢获得马氏体组织的条件是什么? 与钢的珠光体相变及贝氏体相变比较,马氏体相变有何特点?
16. 退火的主要目的是什么? 生产上常用的退火操作有哪几种? 指出退火操作的应用范围。
17. 何谓球化退火? 为什么过共析钢必须采用球化退火而不采用完全退火?
18. 表面淬火的目的是什么? 常用的表面淬火方法有哪几种? 比较它们的优缺点及应用范围。并说明表面淬火前应采用何种预先热处理。
19. 化学热处理包括哪几个基本过程? 常用的化学热处理方法有哪几种?
20. 渗碳的主要目的是什么? 渗碳层深度一般是怎样规定的? 试以汽车、拖拉机齿轮为例说明怎样选择渗碳层深度。
21. 试述一般渗碳件的工艺路线,并说明其技术条件的标注方法。
22. 氮化的主要目的是什么? 说明氮化的主要特点及应用范围。
23. 碳氮共渗的主要目的是什么? 中温气体碳氮共渗与气体渗碳相比有何优缺点?
24. 试说明表面淬火、渗碳、氮化热处理工艺在用钢、性能、应用范围等方面的差别。
25. 何谓形变热处理? 它有哪些基本类型? 形变热处理对提高材料性能有何作用?
26. 何谓真空热处理? 真空热处理有何作用? 真空热处理有哪些应用? 有什么优点?
27. 何谓可控气氛热处理? 说明可控气氛的类型及应用,以及可控气氛热处理的优点。

习题

1. 名词解释

- (1) 奥氏体的起始晶粒度、实际晶粒度和本质晶粒度；
- (2) 珠光体，索氏体，屈氏体，贝氏体，马氏体；
- (3) 奥氏体，过冷奥氏体，残余奥氏体；
- (4) 退火，正火，淬火，回火，冷处理，时效处理；
- (5) 淬火临界冷却速度(v_K)，淬透性，淬硬性；
- (6) 调质处理，变质处理。

2. 分析以下几种说法是否正确。

- (1) 马氏体硬而脆。()
- (2) 过冷奥氏体的冷却速度越快，冷却后钢的硬度越高。()
- (3) 钢中合金元素的含量越高，淬火后的硬度也越高。()
- (4) 本质细晶粒钢加热后的实际晶粒一定比本质粗晶粒钢细。()
- (5) 同一钢材在相同加热条件下，总是水淬比油淬的淬透性好，小件比大件的淬透性好。()

3. 20、45、65、T8、T10、T12 钢的淬火加热温度怎样确定？

4. 现有 20 钢齿轮和 45 钢齿轮两种，要求齿轮表面硬度为 HRC52~55，问采用何种热处理可满足上述要求。比较它们在热处理后的组织与力学性能的差别。

5. 说明下列零件的淬火及回火温度，并说明回火后获得的组织和硬度：

- (1) 45 钢小轴(要求有较好的综合力学性能)；
- (2) 60 钢弹簧；
- (3) T12 钢锉刀。

6. 用 20 钢制造的 $\phi 10\text{mm}$ 的小轴，经 930°C ，5h 渗碳后，表面碳的质量分数增加至 1.0%。分析经下列热处理后表面及心部的组织：

- (1) 渗碳后缓冷到室温；
- (2) 渗碳后直接淬火，然后低温回火；
- (3) 渗碳后预冷到 820°C ，保温后淬火，低温回火；
- (4) 渗碳后缓冷到室温，再加热到 880°C 后淬火，低温回火；
- (5) 渗碳后缓冷到室温，再加热到 780°C 后淬火，低温回火。

7. 为什么亚共析碳钢的正常淬火加热温度为 $A_{c_3} + 30 \sim 50^\circ\text{C}$ ，而共析碳钢和过共析碳钢的淬火加热温度为 $A_{c_1} + 30 \sim 50^\circ\text{C}$ ？试分析原因。

8. 试确定下列钢的淬火温度，保温后大于临界冷却速度冷到室温各得什么组织？

45；65；T8；T12。

9. 指出 $\phi 10\text{mm}$ 的 45 钢试样分别经 700°C 、 760°C 、 840°C ($A_{c_1} = 735^\circ\text{C}$ ， $A_{c_3} = 780^\circ\text{C}$) 和 T12 钢试样分别经 700°C 、 760°C 、 900°C ($A_{c_{\text{cm}}} = 820^\circ\text{C}$) 不同温度加热并在水中快冷后的组织。

10. 含碳量为 0.6% 某钢种过冷奥氏体的 CCT 曲线如图所示，试分析如下 4 种冷却条件所得组织。

v_a : _____

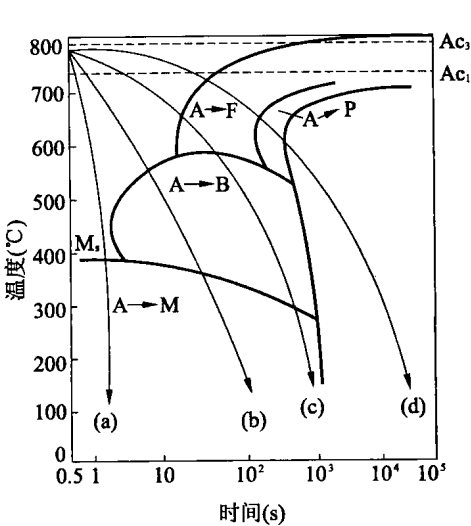
v_b : _____

v_c : _____

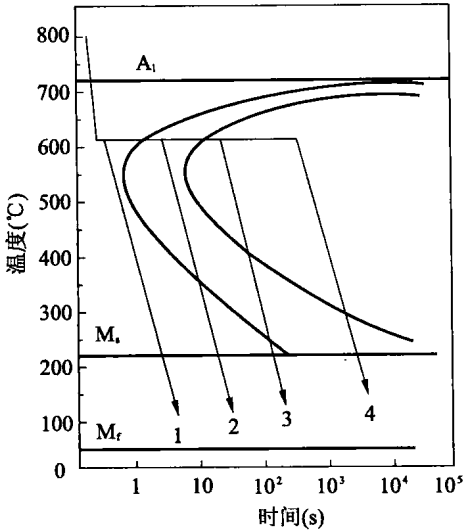
v_d : _____

11. T8 钢的过冷奥氏体等温转变曲线如图所示，若使该钢在 620°C 进行等温转变，并经过不同

时间保温后,按图示 1、2、3、4 线的冷却速度冷却至室温各获得什么组织? 然后再进行中温回火,又获得什么组织?

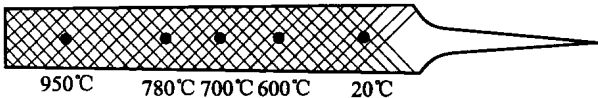


习题 10 图



习题 11 图

12. 一把厚 5mm 的锉刀,材料为 T12 钢,经球化退火、780℃淬火、160℃低温回火后,硬度达到 HRC65。现用火焰将锉刀一头加热,并依靠热传导使锉刀各点达到下图所示的温度,立即全部淬入水中。试求:当锉刀冷却到室温后,各点部位的组织。



习题 12 图

13. 将 $\phi 5\text{mm}$ 的 T8 钢加热至 760℃并保温足够时间,问采用什么样的冷却工艺可得到如下组织:珠光体,索氏体,屈氏体,上贝氏体,下贝氏体,屈氏体+马氏体,马氏体+少量残余奥氏体。并在 C 曲线上描出工艺曲线示意图。

14. 确定下列钢件的退火方法,并指出退火目的及退火后的组织。

- (1)经冷轧后的 15 钢板要求降低硬度;
- (2)锻造过热的 60 钢锻坯;
- (3)具有片状渗碳体的 T12 钢坯。

15. 正火与退火的主要区别是什么? 生产中应如何选择正火及退火?

16. 一批 45 钢试样(尺寸 $\phi 15\text{mm} \times 10\text{mm}$),因其组织、晶粒大小不均匀,需采用退火处理。拟采用以下几种退火工艺($Ac_1=735^\circ\text{C}$, $Ac_3=780^\circ\text{C}$):

- (1)缓慢加热至 700℃,保温足够时间,随炉冷却至室温;
- (2)缓慢加热至 840℃,保温足够时间,随炉冷却至室温;
- (3)缓慢加热至 1100℃,保温足够时间,随炉冷却至室温。

问:上述三种工艺各得到何种组织? 若要得到大小均匀的细小晶粒,选何种工艺最合适?

17. 在生产中常用增加钢中珠光体数量的方法来提高亚共析钢的强度,为此应采用何种热处理

工艺？为什么？

18. 淬火的目的是什么？亚共析碳钢及过共析碳钢淬火加热温度应如何选择？试从获得的组织及性能等方面加以说明。
19. 常用的淬火方法有哪几种？说明它们的主要特点及其应用范围。
20. 常用的淬火冷却介质有哪些？说明其冷却特性、优缺点及应用范围。
21. 说明 45 钢试样($\phi 10\text{mm}$)经下列温度加热、保温并在水中冷却得到的室温组织：
(1) 700°C ；(2) 760°C ；(3) 840°C ；(4) 1100°C 。
22. 有两个含碳量为 1.2% 的碳钢薄试样，分别加热到 780°C 和 860°C 并保温相同时间，使之达到平衡状态，然后以大于 v_K 的冷却速度冷至室温。试问：
(1) 哪个温度加热淬火后马氏体晶粒较粗大？
(2) 哪个温度加热淬火后马氏体含碳量较多？
(3) 哪个温度加热淬火后残余奥氏体较多？
(4) 哪个温度加热淬火后未溶碳化物较少？
(5) 你认为哪个温度淬火合适？为什么？
23. 为什么工件经淬火后往往会产生变形，有的甚至开裂？减小变形及防止开裂有哪些途径？
24. 淬透性与淬硬层深度两者有何联系和区别？影响钢淬透性的因素有哪些？影响钢制零件淬硬层深度的因素有哪些？
25. 钢的淬硬层深度通常是怎样规定的？用什么方法测定结构钢的淬透性？怎样表示钢的淬透性值？
26. 指出下列符号的意义：
(1) $J \frac{42}{6}$ ；(2) $J \frac{35}{10-15}$ ；(3) $J \frac{30-35}{10}$ 。
27. 回火的目的是什么？常用的回火操作有哪几种？指出各种回火操作得到的组织、性能及其应用范围。
28. 指出下列组织的主要区别：
(1) 索氏体与回火索氏体；
(2) 屈氏体与回火屈氏体；
(3) 马氏体与回火马氏体。
29. 甲、乙两厂生产同一批零件，材料均选用 45 钢，硬度要求 $\text{HB}220 \sim 250$ 。甲厂采用正火，乙厂采用调质，都达到硬度要求。试分析甲、乙两厂产品的组织和性能的差别。
30. 拟用 T10 制造形状简单的车刀，工艺路线为：
锻造→热处理→机加工→热处理→磨削加工
(1) 试写出各热处理工序的名称，并指出各热处理工序的作用；
(2) 制定最终热处理工艺规范(温度、冷却介质)；
(3) 指出最终热处理后的显微组织及大致硬度。
31. 选择下列零件的热处理方法，并编写简明的工艺路线(各零件均选用锻造毛坯，且钢材具有足够的淬透性)：
(1) 某机床变速箱齿轮(模数 $m=4$)，要求齿面耐磨，心部强度和韧性要求不高，材料选用 45 钢；

- (2)某机床主轴,要求有良好的综合机械性能,轴颈部分要求耐磨(HRC50~55),材料选用 45 钢;
- (3)镗床镗杆,在重载荷下工作,精度要求极高,并在滑动轴承中运转,要求镗杆表面有极高的硬度,心部有较高的综合机械性能,材料选用 38CrMoAlA;
- (4)形状简单的车刀,要求耐磨(HRC60~62),材料选用 T10 钢。
32. 某型号柴油机的凸轮轴,要求凸轮表面有高的硬度(HRC>50),而心部具有良好的韧性($A_k > 40J$),原采用 45 钢调质处理再在凸轮表面进行高频淬火,最后低温回火。现因工厂库存的 45 钢已用完,只剩 15 钢,拟用 15 钢代替。试说明:
- (1)原 45 钢各热处理工序的作用;
- (2)改用 15 钢后,仍按原热处理工序进行能否满足性能要求?为什么?
- (3)改用 15 钢后,为达到所要求的性能,在心部强度足够的前提下应采用何种热处理工艺?

7 合 金 钢

思考题

- 合金钢和碳素钢相比,具有哪些特点?
- 在合金钢中,常加入的合金元素有哪些?非碳化物形成的合金元素有哪些?碳化物形成的合金元素有哪些?扩大奥氏体相区的合金元素有哪些?缩小奥氏体相区的合金元素有哪些?
- 合金元素对淬火钢的回火转变有何影响?
- 为什么合金钢的淬透性比碳素钢高?试比较 20CrMnTi 与 T10 钢的淬透性和淬硬性。
- 为什么同样碳含量的合金钢比碳素钢奥氏体化加热温度高?
- 合金钢按用途可分为哪几类?按所含合金元素的多少又可分为哪几类?
- 合金钢的编号原则是什么?试分析以下钢牌号中字母和数字的含义:
16Mn; 20Cr; 45; Cr12; T8。
- 何谓渗碳钢?为什么渗碳钢的含碳量为低碳?合金渗碳钢中常含哪些合金元素?它们对渗碳钢的热处理及组织和性能有何影响?
- 何谓调质钢?为什么调质钢的含碳量为中碳?合金调质钢中常含哪些合金元素?合金调质钢中的合金元素主要起什么作用?
- 为什么弹簧钢淬火后一般选择中温回火?
- 为什么滚动轴承钢的含碳量为高碳,而含 Cr 量要限制在一定范围?
- 奥氏体不锈钢和高锰耐磨钢采用水冷处理是否与一般钢淬火目的相同?为什么?
- 冷冲模具钢和热锻模具钢在性能上有什么要求?其化学成分和热处理有什么不同?
- 为什么轴承钢要具有较高的碳含量?在淬火后为什么需要冷处理?
- ZGMn13 钢为什么在工作条件下具有优良的耐磨性和良好的韧性?
- 如何提高钢的耐蚀性?不锈钢的成分有何特点?
- 在工厂中经常切削铸铁件和碳素钢件,何种材料的硬质合金刀片适合切削铸铁?

习题

- 为什么比较重要的大截面的结构零件(如重型运输机械和矿山机器的轴类,大型发电机转子