



“十三五”国家重点出版物出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列

《金属学与热处理原理》 学习与解题指导

Study Guidance and Exercise Sets for
Metallurgy and Heat Treatment

- 赵慧杰 刘勇 主编
- 董尚利 主审

哈尔滨工业大学出版社



“十三五”国家重点出版物出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列

《金属学与热处理原理》

学习与解题指导

Study Guidance and Exercise Sets for
Metallurgy and Heat Treatment

● 赵慧杰 刘勇 主编

● 董尚利 主审



哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书是《金属学与热处理原理》(崔忠圻主编)的配套用书。全书由两大部分组成:第一部分为自我训练,分别设置了不同类型的主、客观习题,包括名词解释、填空、选择、判断、简答和综合论述及计算题等。第二部分为参考答案,对本书各章的自我训练及习题进行了详细解答。

本书可作为热处理、铸造、锻压、焊接各专业本科生的辅助用书,也可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

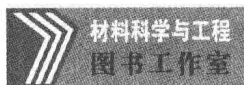
《金属学与热处理原理》学习与解题指导/赵慧杰,刘勇
主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2017.8

ISBN 978-7-5603-6300-4

I. ①金… II. ①赵… ②刘… III. ①金属学-高等学校-
教学参考资料 ②热处理-理论-高等学校-教学参考资料

IV. ①TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 270699 号



材料科学与工程
图书工作室

责任编辑 许雅莹

封面设计 高永利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江艺德印刷有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 11.75 字数 293 千字

版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6300-4

定 价 29.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

“金属学及热处理”是高等工科院校材料成型与控制工程、焊接等专业的一门重要专业基础课,是以上相关专业课程的平台,也是以上专业后续课程如“工程材料学”“材料成型方法及质量控制”“焊接原理”“压力加工原理”等的基础。

为更好地掌握这门知识,调动学生的学习兴趣,巩固学习成果,培养其分析问题和解决问题的能力,我们编写了本书,本书是《金属学与热处理原理》(崔忠圻主编)的配套用书。

全书共分两大部分:第一部分为自我训练,题型灵活,覆盖的知识点全面,分别设置了不同类型的主、客观习题,包括名词解释、填空、选择、判断、简答和综合论述以及计算题等。书中各种类型习题的难易程度适中,可供学生在平时学习、期末复习和报考硕士研究生时参考。第二部分为参考答案,对本书各章的自我训练及习题进行了详细解答,以便读者核对答题结果的正确与否,检验学习效果,判断自己对知识掌握的程度。

本书由赵慧杰、刘勇主编,董尚利主审并提供了部分习题,肖景东绘图,并得到金属学教研室众多老师的帮助和支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2017年4月

目 录

第一部分 自我训练

绪 论	3
简答题	3
第 1 章 金属与合金的晶体结构	4
一、名词解释	4
二、填空题	4
三、选择题	5
四、判断题	6
五、简答题	7
六、综合论述及计算题	8
第 2 章 纯金属的结晶	10
一、名词解释	10
二、填空题	10
三、选择题	11
四、判断题	11
五、简答题	12
六、综合论述及计算题	13
第 3 章 二元合金相图和合金的凝固	14
一、名词解释	14
二、填空题	14
三、选择题	15
四、判断题	16
五、简答题	17
六、综合论述及计算题	18
第 4 章 铁碳合金	20
一、名词解释	20
二、填空题	20
三、选择题	21
四、判断题	22
五、简答题	23
六、综合论述及计算题	25

第5章 三元合金相图	26
一、名词解释	26
二、填空题	26
三、选择题	27
四、判断题	28
五、简答题	28
六、综合论述及计算题	29
第6章 金属的塑性变形和再结晶	32
一、名词解释	32
二、填空题	32
三、选择题	33
四、判断题	35
五、简答题	35
六、综合论述及计算题	36
第7章 钢在加热和冷却时的转变	38
一、名词解释	38
二、填空题	38
三、选择题	39
四、判断题	40
五、简答题	41
六、综合论述及计算题	42
第8章 钢的回火转变及合金时效	43
一、名词解释	43
二、填空题	43
三、选择题	44
四、判断题	44
五、简答题	44
六、综合论述及计算题	44
第9章 钢的热处理工艺	45
一、名词解释	45
二、填空题	45
三、选择题	46
四、判断题	47
五、简答题	47
六、综合论述题及计算题	48

第二部分 参考答案

绪 论	53
简答题	53
第 1 章 金属与合金的晶体结构	54
一、名词解释	54
二、填空题	55
三、选择题	56
四、判断题	56
五、简答题	56
六、综合论述及计算题	66
第 2 章 纯金属的结晶	78
一、名词解释	78
二、填空题	79
三、选择题	79
四、判断题	79
五、简答题	79
六、综合论述及计算题	82
第 3 章 二元合金相图和合金的凝固	87
一、名词解释	87
二、填空题	88
三、选择题	88
四、判断题	88
五、简答题	88
六、综合论述及计算题	94
第 4 章 铁碳合金	102
一、名词解释	102
二、填空题	102
三、选择题	103
四、判断题	103
五、简答题	103
六、综合论述及计算题	108
第 5 章 三元合金相图	115
一、名词解释	115
二、填空题	115
三、选择题	115
四、判断题	115
五、简答题	115
六、综合论述及计算题	118

第6章 金属的塑性变形和再结晶	126
一、名词解释	126
二、填空题	127
三、选择题	128
四、判断题	128
五、简答题	128
六、综合论述及计算题	132
第7章 钢在加热和冷却时的转变	138
一、名词解释	138
二、填空题	139
三、选择题	139
四、判断题	139
五、简答题	140
六、综合论述及计算题	145
第8章 钢的回火转变及合金时效	150
一、名词解释	150
二、填空题	151
三、选择题	151
四、判断题	151
五、简答题	151
六、综合论述及计算题	152
第9章 钢的热处理工艺	154
一、名词解释	154
二、填空题	155
三、选择题	155
四、判断题	155
五、简答题	155
六、综合论述及计算题	158
附录 综合练习	163
参考文献	180

第一部分

自我训练

绪 论

【学习指导】

1. 主要内容

金属学与热处理的研究对象、内容和学习目的。

2. 基本要求

了解材料及材料科学的重要性；熟悉材料的分类、特点；掌握金属学与热处理这门课的研究对象；明确学习目的。

简答题

1. “金属学与热处理”课程的研究对象是什么？
2. 学习“金属学与热处理”课程的目的是什么？
3. 简述材料的组织、结构及性能与加工工艺之间的关系。
4. 简述金属的特性。
5. 金属材料的性能主要包括哪几方面？
6. 热加工工艺包括哪几方面？
7. 试述金属零件的一般工艺流程。

第 1 章 金属与合金的晶体结构

【学习指导】

1. 主要内容

- (1) 金属原子的结构特点:金属键、结合力与结合能。
- (2) 典型金属晶体结构:晶体学基本概念、典型金属的晶体结构、晶向指数与晶面指数、晶体各向异性、多晶型转变。
- (3) 实际金属的晶体结构:点缺陷、线缺陷和面缺陷。

2. 基本要求

- (1) 熟悉常见金属中三种典型晶体结构及其有关参数。
- (2) 掌握晶面、晶向指数的标定方法。
- (3) 认识晶体缺陷的基本类型、基本特征和基本性质。
- (4) 掌握合金中两种类型基本相的概念、分类及特点。

一、名词解释

结构、组织、相、组元、金属、金属键、晶体、非晶体、晶体结构、空间点阵、晶格、晶胞、晶粒、单晶体、多晶体、晶向、晶面、晶带、晶带轴、同素异构转变、配位数、致密度、合金、单相合金、多相合金、固溶体、间隙固溶体、置换固溶体、固溶强化、金属化合物、电子化合物、间隙化合物、间隙相、点缺陷、线缺陷、面缺陷、空位、间隙原子、置换原子、位错、柏氏矢量、位错密度、表面能、晶界、亚晶界、小角度晶界、大角度晶界、堆垛层错、相界、共格界面、半共格界面、非共格界面、内吸附

二、填空题

1. 金属原子间的结合方式主要包括 _____、_____、_____ 三种。
2. 同非金属相比,金属的主要特性是 _____, 原因在于金属原子具有 _____ 的结合方式。
3. 晶体与非晶体的最根本区别是 _____。
4. 表示晶体中原子排列形式的空间格子称为 _____, 而晶胞是指 _____。
5. γ -Fe 和 α -Fe 的一个晶胞内的原子数分别为 _____ 和 _____。
6. 金属常见的晶格类型是 _____、_____、_____。

7. 原子排列最密的晶向,对于体心立方晶格金属为_____,而对于面心立方晶格金属为_____。

8. 晶体在不同晶向上的性能是_____,这就是单晶体的_____现象。一般结构用金属为_____晶体,在各个方向上的性能_____,这称为金属的_____现象。

9. 常温下使用的金属材料以_____晶粒为好,而高温下使用的金属材料以_____晶粒为好。

10. 实际金属存在_____、_____和_____三类缺陷。

11. 金属晶体中常见的点缺陷有_____,_____,_____,面缺陷包括_____,_____,_____,_____和_____。

12. 位错是_____缺陷,分_____和_____两种,多余半原子面是_____位错所特有的。

13. 位错密度是指_____,其数学表达式为_____。

14. 在常温下铁的原子直径为0.256 nm,那么铁的晶格常数为_____。

15. 铜是_____结构的金属,它的最密排面是_____,若铜的晶格常数 $a = 0.360 \text{ nm}$,铜的原子直径为0.256 nm,那么最密排面上的原子间距为_____, 1 mm^3 铜中的原子数为_____。

16. $\alpha - \text{Fe}$ 、 $\gamma - \text{Fe}$ 、Al、Cu、Ni、Cr、V、Mg、Zn 中属于体心立方晶格的金属有_____,属于面心立方晶格的金属有_____,属于密排六方晶格的金属有_____。

17. 立方系晶格中,某晶面通过 $(0,0,0)$ 、 $(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, 0)$ 、 $(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2})$ 三点,则该晶面的晶面指数为_____。

18. 在立方晶系中,某晶面在X轴上的截距为2,在Y轴上的截距为1/2,与Z轴平行,则该晶面指数为_____。

19. 在立方晶格中,各点坐标为: $A(1,0,1)$, $B(0,1,1)$, $C(1,1, \frac{1}{2})$, $D(\frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2})$, $O(0,0,0)$, 那么AB晶向指数为_____,OC晶向指数为_____,OD晶向指数为_____。

20. 当原子在金属晶体中扩散时,它们在内、外表面上的扩散速度较在体内的扩散速度_____,原因在于_____。

21. 根据溶质原子与溶剂原子的相对分布,将固溶体分为_____,_____;根据溶质在溶剂中的固溶度,将固溶体分为_____,_____;根据溶质原子在晶格中所占位置,将固溶体分为_____、_____。

22. 具有不同晶体结构的两相之间的分界面称为_____,其结构分为三类,分别为_____,_____和_____。

三、选择题(选出一个或多个正确答案)

1. 金属原子的结合方式为_____。

A. 离子键

B. 共价键

C. 金属键

D. 分子键

2. 金属键的一个基本特征为_____。
 - A. 没有方向性
 - B. 具有饱和性
 - C. 具有择优取向性
 - D. 没有传导性
3. 固态纯金属的典型结构特征表现为_____。
 - A. 完全无序排列
 - B. 部分有序排列
 - C. 近程有序排列
 - D. 远程有序排列
4. 多晶体具有_____。
 - A. 各向异性
 - B. 各向同性
 - C. 伪各向同性
 - D. 伪各向异性
5. 在体心立方晶格中,原子面密度最大的晶面是_____。
 - A. $\{100\}$
 - B. $\{110\}$
 - C. $\{111\}$
 - D. $\{112\}$
6. 面心立方晶格中,原子线密度最大的晶向是_____。
 - A. $\langle 100 \rangle$
 - B. $\langle 110 \rangle$
 - C. $\langle 111 \rangle$
 - D. $\langle 112 \rangle$
7. 纯铁在 $912\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下称为 $\alpha\text{-Fe}$, $912\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上称为 $\gamma\text{-Fe}$, $\alpha\text{-Fe}$ 和 $\gamma\text{-Fe}$ 分别属于_____晶格类型。
 - A. 均为面心立方
 - B. 均为体心立方
 - C. 面心立方和体心立方
 - D. 体心立方和面心立方
8. 在 $912\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, $\gamma\text{-Fe}$ 变成 $\alpha\text{-Fe}$, 其体积将_____。
 - A. 不变
 - B. 缩小
 - C. 膨胀
 - D. 有些方向膨胀, 有些方向收缩
9. 常见金属金、银、铜、铝、铅在室温下的晶格结构类型_____。
 - A. 与纯铁相同
 - B. 与 $\alpha\text{-Fe}$ 相同
 - C. 与 $\gamma\text{-Fe}$ 相同
 - D. 与 $\delta\text{-Fe}$ 相同
10. 晶体中的位错属于_____。
 - A. 体缺陷
 - B. 点缺陷
 - C. 面缺陷
 - D. 线缺陷
11. 亚晶界的结构是_____。
 - A. 由点缺陷堆积而成
 - B. 由晶界间的相互作用构成
 - C. 由位错垂直排列成位错墙面构成
 - D. 两相间的分界而形成
12. 室温下, 金属的晶粒越细小, 则_____。
 - A. 强度高、塑性低
 - B. 强度低、塑性高
 - C. 强度高、塑性高
 - D. 强度低、塑性低

四、判断题

1. 金属与非金属的根本区别在于金属具有金属光泽, 而非金属无此光泽。()
2. 金属正的电阻温度系数就是金属的电阻随温度的升高而增大。()
3. 金属晶体中, 存在原子浓度梯度时, 原子在各个方向具有相同跃迁几率。()
4. 金属理想晶体的强度比实际晶体的强度高得多。()
5. 晶体中原子偏离平衡位置, 就会使晶体的能量升高, 增加晶体的强度。()
6. 因为单晶体具有各向异性的特征, 所以实际应用的金属材料在各个方向上的性能也不同。()
7. 金属多晶体是由许多结晶位向相同的单晶体所构成。()

8. 室温下,金属的晶粒越细,强度越高,塑性越低。()
9. 实际金属中存在点缺陷、线缺陷和面缺陷,从而使金属的强度和硬度均下降。()
10. 晶胞是从晶格中任意截取的一个小单元。()
11. 因为面心立方晶体与密排六方晶体的配位数和致密度相同,所以它们的原子排列密集程度也相同。()
12. 因为面心立方晶格的配位数大于体心立方晶格的配位数,所以面心立方晶格比体心立方晶格更致密。()
13. 体心立方晶格中最密的原子面是 $\{111\}$ 。()
14. 面心立方晶格中最密的原子面是 $\{111\}$,原子排列最密的方向也是 $\langle 111 \rangle$ 。()
15. 在立方晶系中, (123) 晶面与 $[123]$ 晶向垂直。()
16. 在立方晶系中, (123) 晶面与 (312) 晶面属同一晶面族。()
17. 在立方晶系中,原子密度最大的晶面间的距离也最大。()
18. 纯铁加热到 $912\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时将发生 $\alpha\text{-Fe}$ 向 $\gamma\text{-Fe}$ 的转变,体积会发生膨胀。()
19. 晶体缺陷的共同之处是它们都能引起晶格畸变。()
20. 从热力学上讲,所有的晶体缺陷都使畸变能升高,即都是非平衡态。()
21. 间隙固溶体一定是无限固溶体。()
22. 间隙相不是一种固溶体,而是一种金属化合物。()
23. 堆垛层错与位错都是线缺陷。()
24. 共格相界面具有完善的共格关系,不存在弹性畸变。()

五、简答题

1. 简述金属键、离子键、共价键的区别。
2. 请解释金属为何具有良好的导电、导热和延展性?
3. 如何区分晶体和非晶体?
4. 何为合金的组元、相及组织?
5. 简述三种典型金属晶体结构的特征。
6. 如何确定和表征晶向指数?
7. 如何确定和表征晶面指数?
8. 作图表示出立方晶系 (012) 、 (123) 、 (421) 晶面和 $[211]$ 、 $[\bar{3}46]$ 、 $[\bar{1}02]$ 晶向。
9. 立方晶系的 $\{111\}$ 晶面族构成一个八面体,作图画出该八面体。
10. 已知Fe和Cu在室温下的晶格常数为 0.286 nm 和 0.3607 nm ,求 1 cm^3 中的Fe、Cu的原子数。
11. 在立方晶格中绘出 $\{100\}$ 所有晶面?
12. 在立方晶格中绘出 $\{110\}$ 所有晶面?
13. 在立方晶格中绘出 $\{111\}$ 所有晶面?
14. 在立方晶格中绘出 $\{112\}$ 所有晶面?
15. 何谓晶带?何谓晶带轴?画出以 $[001]$ 为晶带轴的共带面。
16. 晶体各向异性产生的原因何在?

17. 请具体说明固溶体分类方法有哪几种?
18. 何谓固溶强化? 固溶强化对金属力学性能有何影响?
19. 常见的金属化合物有哪几类? 何者强化效果最佳?
20. 金属晶体的缺陷根据其几何形态分为哪几类?
21. 请对比刃型位错和螺型位错的特征。
22. 何为混合位错? 如何确认?
23. 以刃型位错为例,说明柏氏矢量的确定方法。
24. 何为柏氏矢量? 用柏氏矢量判断图 1.1 位错环中 A、B、C 三段各属于哪一类位错?
25. 如何显示位错并确定其密度?
26. 位错对金属材料的机械性能有何影响?
27. 如何区分晶界和相界?
28. Ag、Al 都是面心立方晶格,原子半径接近,但它们在固态下不能无限互溶,试解释其原因。

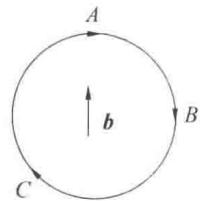


图 1.1

29. 碳可溶入 α -Fe 和 γ -Fe 间隙中, α -Fe 致密度为 0.68, γ -Fe 致密度为 0.74,但 γ -Fe 的溶碳能力却比 α -Fe 大,试通过计算说明原因。(α -Fe 在 727 °C 时原子半径为 0.125 2 nm, γ -Fe 在 1 148 °C 时原子半径为 0.129 3 nm,碳原子半径为 0.077 nm)
30. 钛在冷却到 883 °C 时从 bcc 转变为 hcp 结构,此时其原子半径增加 2%,求单位质量的钛发生此转变时体积变化的百分比。
31. 已知面心立方晶格的晶格常数为 a ,分别计算(100)、(110)和(111)晶面的晶面间距;并求出[100]、[110]和[111]晶向上的原子排列密度(某晶向上的原子排列密度是指该晶向上单位长度排列原子的个数)。

六、综合论述及计算题

1. 请用双原子作用模型说明金属中原子为什么呈周期性规则排列,而且趋于紧密排列?
2. 以铁为例说明什么是金属的多晶型转变? 铁在 912 °C 发生多晶型转变时,如果原子半径不变,试求此时的体积变化。
3. 金属材料最典型的晶体结构为哪三种? 请计算每种晶体结构晶胞的原子数、原子半径、配位数、致密度和间隙半径。
4. 碳溶入 α -Fe 和 γ -Fe 各形成什么组织? 最大溶解度各为多少? α -Fe 和 γ -Fe 的致密度、配位数各为多少? 如何解释碳在 α -Fe 和 γ -Fe 中溶解度不同?
5. 六方晶系(1121)、(1211)、(3211)、(1122)晶面中哪些属于以 $[\bar{1}12\bar{2}]$ 为轴的晶带?
6. 何为组元、相和固溶体? 请阐述组元、相、固溶体的关系? 固溶体的晶体结构有何特点? 影响固溶体结构的主要因素有哪些?
7. 什么是固溶强化,置换固溶体与间隙固溶体哪种强化效果大? 为什么? 合金若发生由无序固溶体向有序固溶体的转变,其性能如何变化?
8. 请阐述金属固溶体和金属化合物在晶体结构和机械性能方面的区别。

9. 何为间隙相？如何区分间隙相与间隙固溶体？请分别说明间隙相和间隙化合物的结构与性能特征。

10. 点缺陷有哪几种？请画图说明。请阐述各类点缺陷的形成原因以及它们对金属性能的影响。

11. 请阐述晶体面缺陷的划分及每种缺陷的结构特征？影响表面能的因素有哪些？

12. 如何划分晶界？请阐述晶界的特性及其对金属材料相变和力学性能的影响。