

清华大学工程材料学系列教材

工程材料学

教师参考书

主编 朱张校 姚可夫

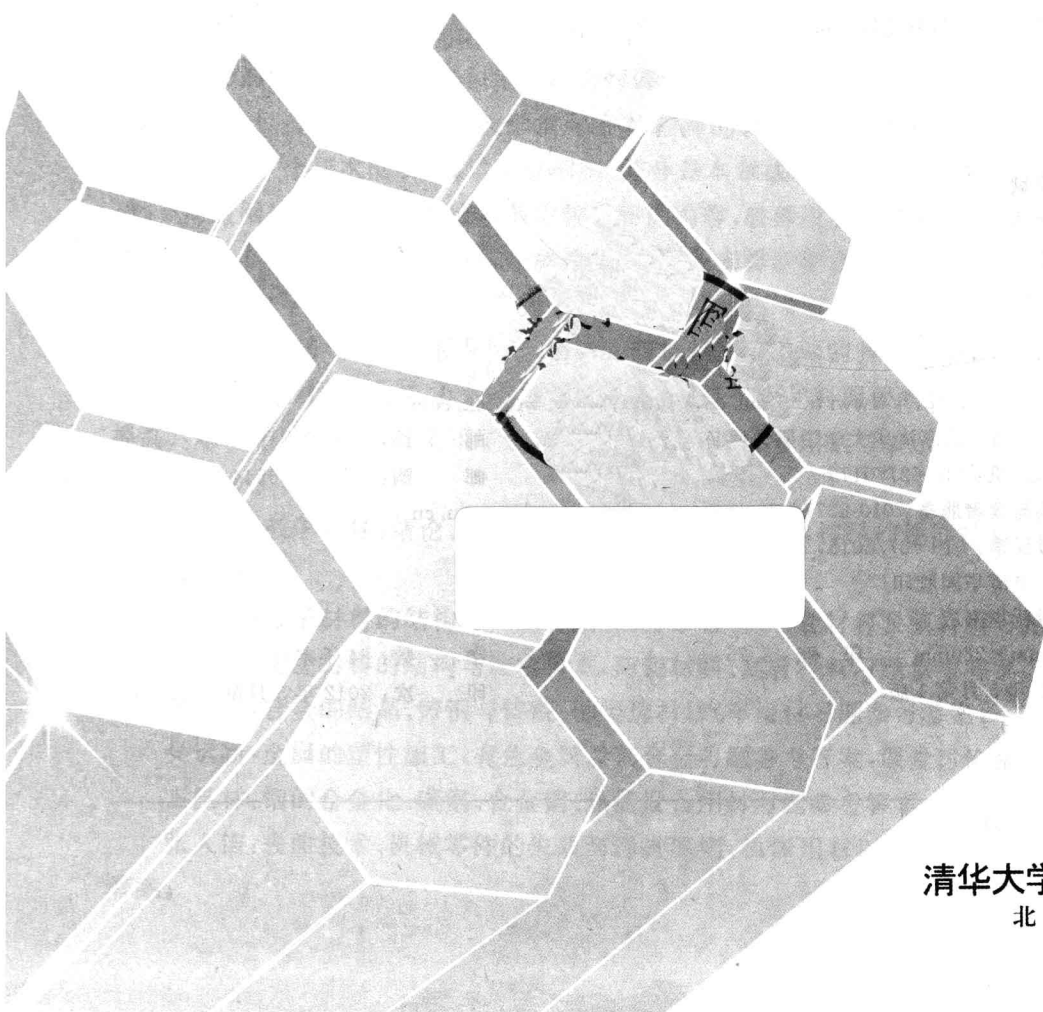
清华大学出版社

清华大学工程材料学系列教材

工程材料学

教师参考书

主编 朱张校 姚可夫



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书为工程材料课程教师教学参考书,是《工程材料学》(朱张校、姚可夫主编,清华大学出版社)的配套教材。内容包括工程材料课程各章教学指导和习题参考答案、课堂讨论题与实验思考题参考答案。本书对工程材料课程教师的教学工作有重要的参考作用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程材料学教师参考书 / 朱张校等主编. —北京:清华大学出版社,2012.4

(清华大学工程材料学系列教材)

ISBN 978-7-302-28403-1

I. ①工… II. ①朱… 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(2012)第 055795 号

责任编辑:宋成斌

封面设计:梁伟侠

责任校对:王淑云

责任印制:张雪娇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:3.75

字 数:84 千字

版 次:2012 年 5 月第 1 版

印 次:2012 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~1000

定 价:20.00 元

产品编号:046019-01

前言

工程材料课程是高等院校机械类专业的一门十分重要的技术基础课。

课程的任务是阐述工程材料的基本理论,阐明材料的成分、加工工艺、组织、结构与性能之间的关系,介绍常用工程材料及其应用等基本知识。

本课程的目的是使学生通过学习,在掌握工程材料的基本理论及基本知识的基础上,具备根据机械零件的使用条件和性能要求,对结构零件进行合理选材及制定零件加工工艺路线的初步能力。

由于能源、材料和信息是现代社会和现代科学技术的三大支柱,学习并掌握工程材料的基础知识,对于工科院校机械类专业的学生是十分必要的。

本书作为工程材料课程教师教学参考书,是《工程材料学》(朱张校、姚可夫主编,清华大学出版社)的配套教材。内容包括工程材料课程各章教学指导、各章习题参考答案、课堂讨论题与实验思考题参考答案。教学指导中对教师的教学提出了“重点阐明”、“简要阐述”、“一般介绍”3个层次的要求。“重点阐明”部分是本章或本节的重点内容,要求教师讲深讲透。“简要阐述”部分是本章或本节中较重要的内容,教师应当择其要点阐述清楚。“一般介绍”部分是非重点内容,教师只作一般性的介绍,或安排学生自学。与以上教学要求相对应,教学指导中对学生提出了“重点掌握”、“熟悉”、“了解”3个层次的学习要求。参考答案供教师备课、答疑和辅导时参考使用。本书对工程材料课程教师的教学工作有重要的参考作用,有利于教师掌握课程重点,有效指导学生学习,促进工程材料课程的教学水平和教学质量的提高。本书中的材料牌号采用了最新的国家标准,旧牌号用括号表示。

编者分工如下。

朱张校:教学指导;绪论、金属材料的结构与组织、金属材料的性能特点、纯金属的结晶习题参考答案;

张弓:高分子材料的结构与性能特点、高分子材料、功能材料及新材料习题参考答案;

张华堂:陶瓷材料的结构与性能特点、陶瓷材料、复合材料习题参考答案;

姚可夫:合金的结晶、铸钢与铸铁、轴类选材、汽车用材习题参考答案;

吴运新:金属的塑性加工、有色金属及其合金习题参考答案,课堂讨论题参考答案;

王昆林:钢的合金化、碳钢、合金钢、热能设备用材习题参考答案;

张人佶:表面技术、机械零件的失效与选材原则、机床用材以及仪器仪表用材习题参考答案;

巩前明:钢的热处理、弹簧选材、切削工具选材、化工设备用材、航空航天器用材习题参考答案;

张欣:实验思考题参考答案。

本书不零售,仅供工程材料课程教师备课和教学参考使用,请注意保存。书中有不妥和错误之处,敬请各位读者批评指正。

朱张校 姚可夫

2012年2月于清华大学

目 录

第 1 篇 教学指导和习题参考答案	1
绪论	3
第 1 章 材料的结构与性能特点	4
第 2 章 金属材料组织和性能的控制	8
第 3 章 金属材料	18
第 4 章 高分子材料	23
第 5 章 陶瓷材料	25
第 6 章 复合材料	27
第 7 章 功能材料及新材料	29
第 8 章 零件失效分析与选材原则	31
第 9 章 典型工件的选材及工艺路线设计	34
第 10 章 工程材料的应用	36
第 2 篇 课堂讨论题参考答案	39
课堂讨论 1 铁碳相图	41
课堂讨论 2 钢的热处理	44
课堂讨论 3 材料的选择和使用	46
第 3 篇 实验思考题参考答案	49
实验 2 铁碳合金平衡组织分析	51
实验 3 钢的热处理及热处理后的显微组织观察	52
实验 4 常用工程材料的显微组织观察	53

第 1 篇



教学指导和习题参考答案

绪 论

第 1 章 材料的结构与性能特点

第 2 章 金属材料组织和性能的控制

第 3 章 金属材料

第 4 章 高分子材料

第 5 章 陶瓷材料

第 6 章 复合材料

第 7 章 功能材料及新材料

第 8 章 零件失效分析与选材原则

第 9 章 典型工件的选材及工艺路线设计

第 10 章 工程材料的应用

绪 论

教学指导

1. 教学要求

介绍工程材料课程的任务与目的。介绍中华民族对材料发展的重大贡献,新材料新工艺的发展现状。根据结合键对工程材料进行分类。

2. 教学目标

学生了解中华民族对材料发展的重大贡献及新材料新工艺的发展现状,了解材料的结合键,并根据结合键对工程材料进行分类。

3. 教学建议

(1) 指导学生结合课程内容,浏览相关网站,对工程材料的应用有所了解。

(2) 建议绪论学时: 1 学时。

第1章 材料的结构与性能特点

教学指导

1. 教学要求

本章重点阐明金属材料的晶体结构,简要阐述晶体缺陷和合金的结构,一般介绍金属材料的组织及性能特点。简要阐述高分子材料的结构与性能特点,一般介绍陶瓷材料的结构与性能特点。

2. 教学目标

学生应重点掌握金属材料的晶体结构,熟悉晶体缺陷和合金的结构,了解金属材料的组织及性能特点。熟悉高分子材料的结构与性能特点。一般了解陶瓷材料的结构与性能特点。

3. 教学建议

- (1) 晶体结构部分应重点阐明三种常见金属的晶体结构及特点。
- (2) 学生在学习时对“晶面指数及晶向指数的确定”部分的内容会感到困难。要求学生多练多画,掌握常见的晶面和晶向的表示方法。
- (3) 简要阐述高分子材料的大分子链结构与聚集态,结合工程、生活实际归纳高分子材料的性能特点。
- (4) 建议本章学时: 7~8 学时。

习题参考答案

1.1 解释名词

致密度、晶体的各向异性、疲劳强度、热塑性、热固性、玻璃态、高弹态

答: 致密度: 晶胞中所包含的原子所占有的体积与该晶胞体积之比称为致密度(也称密排系数)。

晶体的各向异性: 在晶体中,不同晶面和晶向上原子排列的方式和密度不同,它们之间的结合力的大小也不相同,因而金属晶体不同方向上的性能是不同的。这种性质叫做晶体的各向异性。

疲劳强度：当交变应力低于一定值时，试样可以经受无限周期循环而不发生疲劳破坏，此应力值称为材料的疲劳极限，亦叫疲劳强度。

热塑性：聚合物可以通过加热和冷却的方法，使聚合物重复地软化(或熔化)和硬化(或固化)的性能。

热固性：聚合物加热加压成型固化后，不能再加热熔化和软化的性能，称为热固性。

玻璃态：在 T_g 温度以下，在受外力作用下，高聚物链段进行瞬时的微量伸缩和微小的键角变化。外力一经去除，变形即消失；此时高聚物变形量小，而弹性模量较高，变形符合胡克定律，应变与应力成直线关系，并在瞬时达到平衡。高聚物的这种状态叫做无定形的玻璃态。

高弹态：在 T_g 温度以上， T_f 温度以下，高聚物受力时，卷曲链沿外力方向舒展拉伸，产生很大的弹性变形，外力去除后，分子链又逐渐回缩到原来的卷曲状态，弹性变形消失；高聚物表现为柔软而富有弹性，具有橡胶的特性。此时高聚物变形量很大，而弹性模量较低，外力去除后变形可以回复，弹性是可逆的。高聚物的这种状态叫高弹态。

1.2 选择正确答案

- (1) 晶体中的位错属于：(c)
 - a. 体缺陷
 - b. 面缺陷
 - c. 线缺陷
 - d. 点缺陷
- (2) 在面心立方晶格中，原子密度最大的晶向是：(b)
 - a. $\langle 100 \rangle$
 - b. $\langle 110 \rangle$
 - c. $\langle 111 \rangle$
 - d. $\langle 120 \rangle$
- (3) 在体心立方晶格中，原子密度最大的晶面是：(b)
 - a. $\{100\}$
 - b. $\{110\}$
 - c. $\{111\}$
 - d. $\{120\}$
- (4) 固溶体的晶体结构：(a)
 - a. 与溶剂相同
 - b. 与溶质相同
 - c. 与溶剂、溶质都不同
 - d. 与溶剂、溶质都相同
- (5) 线型非晶态高聚物温度处于 $T_g \sim T_f$ 之间时的状态是：(d)
 - a. 玻璃态，表现出高弹性
 - b. 高弹态，表现出不同弹性
 - c. 粘流态，表现出非弹性
 - d. 高弹态，表现出高弹性
- (6) 高聚物的粘弹性指的是：(a)
 - a. 应变滞后于应力的特性
 - b. 应力滞后于应变的特性
 - c. 粘性流动的特性
 - d. 高温时才能发生弹性变形的特性

1.3 综合分析题

- (1) 在立方晶胞中画出(110)、(120)晶面和 $[211]$ 、 $[\bar{1}20]$ 晶向。

解：见图 1-1。

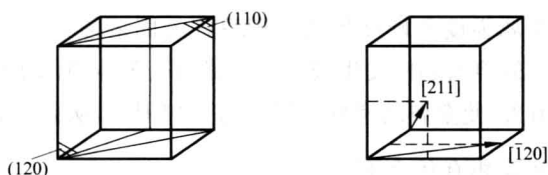


图 1-1

(2) 画出体心立方晶格、面心立方晶格中原子最密的晶面和原子最密的晶向上原子分布图。

解：见图 1-2。

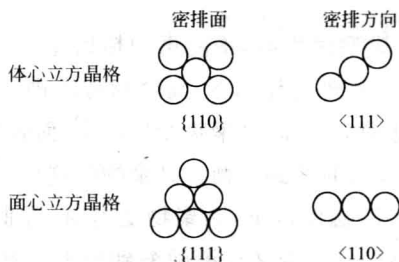


图 1-2

(3) 已知 α -Fe 的晶格常数 $a=0.287 \text{ nm}$, 试求出 α -Fe 的原子半径和致密度。

解：

$$r_{\text{原子}} = \frac{\sqrt{3}}{4}a = \frac{\sqrt{3}}{4} \times 0.287 \approx 0.124(\text{nm})$$

$$\frac{\frac{4}{3}\pi r_{\text{原子}}^3 \times 2}{a^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi \left(\frac{\sqrt{3}}{4}a\right)^3 \times 2}{a^3} \approx 0.68 = 68\%$$

(4) 在常温下, 已知铜原子的直径 $d=0.255 \text{ nm}$, 求铜的晶格常数。

解：

$$r_{\text{原子}} = \frac{\sqrt{2}}{4}a$$

$$\frac{1}{2}d_{\text{原子}} = \frac{\sqrt{2}}{4}a$$

$$\frac{1}{2} \times 0.255 = \frac{\sqrt{2}}{4}a$$

$$a \approx 0.360(\text{nm})$$

(5) 位错对金属性能有什么影响?

答：位错的存在极大地影响金属的力学性能。当金属为理想晶体或仅含极少量位错时, 金属的屈服强度 σ_s 很高, 当含有一定量的位错时, 强度降低。当进行形变加工时, 位错密度增加, σ_s 将会增高。

(6) 什么是固溶强化? 造成固溶强化的原因是什么?

答：形成固溶体使金属强度和硬度提高的现象称为固溶强化。

固溶体随着溶质原子的溶入晶格发生畸变。晶格畸变随溶质原子浓度的增高而增大。晶格畸变增大位错运动的阻力, 使金属的滑移变形变得更加困难, 从而提高合金的强度和硬度。

(7) 间隙固溶体和间隙相有什么不同?

答：合金组元通过溶解形成一种成分和性能均匀的且结构与组元之一相同的固相称为

固溶体。间隙固溶体中溶质原子进入溶剂晶格的间隙之中。间隙固溶体的晶体结构与溶剂相同。

由过渡族金属元素与碳、氮、氢、硼等原子半径较小的非金属元素形成的化合物称为间隙化合物。当非金属原子半径与金属原子半径之比小于 0.59 时,形成具有简单晶格的间隙化合物,称为间隙相。间隙相的晶体结构和特性完全不同于任一组元。间隙相具有金属特性,有极高的熔点和硬度,非常稳定。它们的合理存在,可有效地提高钢的强度、热强性、红硬性和耐磨性,是高合金钢和硬质合金中的重要组成相。

(8) 简述高聚物大分子链的结构和形态,它们对高聚物的性能有何影响?

答:高聚物大分子链的结构主要有线型、支化型和体型三类:①线型分子链:各链节以共价链连接成线型长链分子,像一根长线,呈卷曲状或线团状;②支化型分子链:在主链的两侧以共价链连接相当数量的长短不一的支链,其形状有树枝形、梳形、线团形;③体型(网型或交联型):分子链在线型或支化型分子链之间,沿横向通过链节以共价键连接起来,形成的三维(空间)网状大分子。

线型和支化型分子链构成的聚合物统称线型聚合物,具有高弹性和热塑性,可以通过加热和冷却的方法,重复地软化(或熔化)和硬化(或固化),例如涤纶、尼龙、生橡胶等。体型分子链构成的聚合物称为体型聚合物,具有较高的强度和热固性,加热加压成型固化后,不能再加热熔化和软化,例如酚醛树脂、环氧树脂、硫化橡胶等。

(9) 画出线型非晶态高聚物的变形度随温度变化的曲线。

解:见图 1-3。

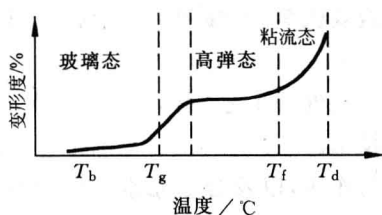


图 1-3

(10) 陶瓷的典型组织由哪几种相组成?

答:陶瓷的典型组织由晶体相、玻璃相和气相组成。其中晶体相是陶瓷的主要相,决定陶瓷的基本性能;玻璃相起粘结剂的作用;气相是陶瓷组织中残留的孔洞,极大地破坏其力学性能。

第2章 金属材料组织和性能的控制

教学指导

1. 教学要求

本章阐述金属材料组织和性能的影响因素及其控制方法,包括纯金属的结晶、合金的结晶、金属的塑性加工、钢的热处理、钢的合金化、表面技术等内容。

简要阐述纯金属结晶的条件和结晶过程、同素异构转变、细化铸态金属晶粒的措施。

简要阐述发生匀晶反应的合金的结晶过程和发生共晶反应的合金的结晶过程。

重点阐明铁碳相图、典型铁碳合金的平衡结晶过程。简要阐述铁碳合金的成分-组织-性能关系。

简要阐述金属塑性变形的微观机制、塑性变形对金属组织和性能的影响,以及再结晶对金属组织和性能的影响。

重点阐明钢的热处理原理和热处理工艺(退火、正火、淬火、回火、表面热处理和化学热处理),一般介绍钢的热处理新技术。

简要阐述合金元素在钢中的作用,以及合金元素对钢的热处理、钢的力学性能、工艺性能的影响。

一般介绍电刷镀、热喷涂、气相沉积、激光表面改性等新技术。

2. 教学目标

本章是工程材料课程的重点。学生应重点掌握以下内容:铁碳相图,典型铁碳合金的平衡结晶过程,杠杆定律,铁碳合金的成分-组织-性能关系。过冷奥氏体的等温转变(C曲线),过冷奥氏体的连续冷却转变,钢的淬透性、淬硬性。退火、正火、淬火、回火、表面热处理和化学热处理等热处理工艺。

熟悉纯金属、合金的结晶,金属的塑性加工、再结晶对金属组织和性能的影响规律。熟悉合金元素在钢中的作用,合金元素对钢的热处理、钢的力学性能的影响。

表面技术部分作一般了解。

3. 教学建议

(1) 本章阐述的金属材料组织与性能的影响因素和规律,是工程材料学的基本理论基

础。本章是课程的重点,需要扎扎实实地学习好,掌握金属材料组织与性能的主要影响因素和规律,为后面学习金属材料知识打好基础。

(2) 本章内容多,安排的教学学时应多一些。本章中有一些难点和重点,要求着重理解。可以安排几次讨论。

(3) 若有条件,组织学生参观机械厂、热处理厂,以便对金属材料的生产和加工过程有所了解。理论联系实际,学习效果会更好。

(4) 指导学生浏览相关网站,收集材料生产和加工新技术有关资料,拓宽知识面。

(5) 建议本章学时: 8~9 学时。

习题参考答案

2.1 解释名词

过冷度、非自发形核、变质处理、珠光体、滑移、加工硬化、再结晶、本质晶粒度、球化退火、马氏体、淬透性、淬硬性、调质处理、回火稳定性、二次硬化、回火脆性

答: 过冷度: 理论结晶温度 T_0 与开始结晶温度 T_n 之差叫做过冷度, 用 ΔT 表示。

非自发形核: 金属结晶时, 杂质的存在常常能够促进晶核在其表面上形成。这种依附于杂质而生成晶核的过程叫做非自发形核。

变质处理: 在液体金属中加入孕育剂或变质剂, 以细化晶粒和改善组织的方法。

珠光体: 奥氏体发生共析反应的产物, 是铁素体与渗碳体的共析混合物。

滑移: 滑移是晶体在切应力的作用下, 晶体的一部分沿一定的晶面(滑移面)上的一定方向(滑移方向)相对于另一部分发生滑动。滑移是晶体内部位错在切应力作用下产生滑移运动的结果。

加工硬化: 金属发生塑性变形, 随变形度的增大, 金属的强度和硬度显著提高, 塑性和韧性明显下降。这种现象称为加工硬化, 也叫形变强化。产生加工硬化的原因是: 金属发生塑性变形时, 位错密度增加, 位错间的交互作用增强, 相互缠结, 造成位错运动阻力的增大, 引起塑性变形抗力提高。另一方面, 由于亚晶界增多, 使强度得以提高。

再结晶: 塑性变形后的金属在较高温度加热时, 由于原子扩散能力增大, 被拉长(或压扁)、破碎的晶粒通过重新生核、长大变成新的均匀、细小的等轴晶。这个过程称为再结晶。变形金属进行再结晶后, 强度和硬度明显降低, 而塑性和韧性大大提高, 加工硬化现象被消除, 此时内应力全部消失, 物理、化学性能基本上恢复到变形以前的水平。再结晶生成的新的晶粒的晶格类型与变形前、变形后的晶格类型均一样。

本质晶粒度: 钢在加热时奥氏体晶粒长大的倾向用本质晶粒度来表示。钢加热到 $(930 \pm 10)^\circ\text{C}$ 、保温 8 h、冷却后测得的晶粒度叫本质晶粒度。

球化退火: 球化退火为使钢中碳化物球状化的热处理工艺。目的是使二次渗碳体及珠光体中的渗碳体球状化(球化退火前正火将网状渗碳体破碎), 以降低硬度, 改善切削加工性能; 并为以后的淬火作组织准备。球化退火主要用于共析钢和过共析钢, 球化退火后的显微组织为在铁素体基体上分布着细小均匀的球状渗碳体。球化退火的加热温度略高于 A_{c1} 。球化退火需要较长的保温时间来保证二次渗碳体的自发球化。保温后随炉冷却。

马氏体：马氏体是碳在 α -Fe 中的过饱和固溶体。

淬透性：钢接受淬火时形成马氏体的能力叫做钢的淬透性。钢的淬透性可用末端淬火法测定。淬透性表示方法：

$$J \times \times - d$$

淬透性主要取决于合金元素的种类和合金元素的质量分数。

淬硬性：钢淬火后能够达到的最高硬度叫钢的淬硬性。淬硬性主要决定于 M 的碳质量分数。

调质处理：淬火加高温回火称为调质处理。

回火稳定性：淬火钢对回火过程中发生的各种软化倾向(如马氏体的分解、碳化物的析出与长大和铁素体再结晶等)的抵抗能力。

二次硬化：含有 Mo、W、V 等碳化物形成元素的合金钢，在回火过程中由于碳化物的弥散析出，其硬度不是随回火温度升高而单调降低，而是到某一温度(约 400°C)后反而开始增大，并在另一更高温度(一般为 550°C 左右)达到峰值，这就是回火过程的二次硬化现象。二次硬化也同时由回火时冷却过程中残余奥氏体转变为马氏体的二次淬火所引起。

回火脆性：回火过程中出现的冲击韧性降低的现象称为回火脆性。在 $250\sim 400^{\circ}\text{C}$ 回火时韧性下降，由此产生的脆性称为第一类回火脆性(又称低温回火脆性)；在 $450\sim 600^{\circ}\text{C}$ 回火时韧性再次降低，由此产生的脆性称为第二类回火脆性(又称高温回火脆性)。

2.2 填空题

(1) 结晶过程是依靠两个密切联系的基本过程来实现的，这两个过程是(生核)和(长大)。

(2) 固溶体的强度和硬度比溶剂的强度和硬度(高)。

(3) 固溶体出现枝晶偏析后，可用(扩散退火)加以消除。

(4) 一合金发生共晶反应，液相 L 生成共晶体($\alpha + \beta$)。共晶反应式为($L \rightarrow (\alpha + \beta)$)，共晶反应的特点是(恒温进行，三相共存，三相成分确定)。

(5) 一块纯铁在 912°C 发生 $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \gamma\text{-Fe}$ 转变时，体积将(缩小)。

(6) 珠光体的本质是(铁素体与渗碳体的共析混合物)。

(7) 在铁碳合金室温平衡组织中，含 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$ 最多的合金成分点为(E点)，含 Le' 最多的合金成分点为(C点)。

(8) 用显微镜观察某亚共析钢，若估算其中的珠光体体积分数为 80%，则此钢的碳的质量分数为(0.62%)。

(9) 造成加工硬化的根本原因是(位错密度增加，位错间的交互作用增强，相互缠结，造成位错运动阻力的增大)。

(10) 变形金属的最低再结晶温度与熔点的关系是($T_{\text{再}} = (0.35 \sim 0.4) T_{\text{熔点}}$)。

(11) 马氏体的显微组织形态主要有(板条马氏体)、(针状马氏体)两种，其中(板条马氏体)的韧性较好。

(12) 钢的淬透性越高，则其 C 曲线的位置越(靠右)，说明临界冷却速度越(小)。

(13) 球化退火的主要目的是(使二次渗碳体及珠光体中的渗碳体球状化，以降低硬度，改善切削加工性能；并为以后的淬火作组织准备)，它主要适用于(共析钢和过共析)钢。

(14) 亚共析钢的正常淬火温度范围是(A_{c3} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$), 过共析钢的正常淬火温度范围是(A_{c1} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$)。

(15) 淬火钢进行回火的目的是(为了消除内应力、尺寸稳定并获得所要求的组织和性能)。

(16) 合金元素中, 碳化物形成元素有(Mn、Cr、Mo、W、V、Nb、Zr、Ti)。

2.3 是非题

(1) 当形成树枝状晶体时, 枝晶的各次晶轴将具有不同的位向, 故结晶后形成的枝晶是一个多晶体。 (错)

(2) 晶粒度级数的数值越大, 晶粒越细。 (对)

(3) 平衡结晶获得的 Ni 质量分数为 20% 的 Cu-Ni 合金比 Ni 质量分数为 40% 的 Cu-Ni 合金的硬度和强度要高。 (错)

(4) 一个合金的室温组织为 $\alpha + \beta_{\text{II}} + (\alpha + \beta)$, 它由三相组成。 (错)

(5) 铁素体的本质是碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的间隙相。 (错)

(6) 20 钢比 T12 钢的碳质量分数要高。 (错)

(7) 在退火状态(接近平衡组织)45 钢比 20 钢的塑性和强度都高。 (错)

(8) 在铁碳合金平衡结晶过程中, 只有碳质量分数为 4.3% 的铁碳合金才能发生共晶反应。 (错)

(9) 因为 BCC 晶格与 FCC 晶格具有相同数量的滑移系, 所以两种晶体的塑性变形能力完全相同。 (错)

(10) 马氏体是碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的过饱和固溶体。当奥氏体向马氏体转变时, 体积要收缩。 (错)

(11) 当把亚共析钢加热到 A_{c1} 和 A_{c3} 之间的温度时, 将获得由铁素体和奥氏体构成的两相组织, 在平衡条件下, 其中奥氏体的碳质量分数总是大于钢的碳质量分数。 (对)

(12) 经退火后再高温回火的钢, 能得到回火索氏体组织, 具有良好的综合力学性能。 (错)

(13) 感应加热过程中, 电流频率越大, 电流渗入深度越小, 加热层也越薄。 (对)

(14) 所有的合金元素都能提高钢的淬透性。 (错)

(15) 60Si2Mn 钢比 T12 和 40 钢有更好的淬透性和淬硬性。 (错)

2.4 选择正确答案

(1) 在发生 $L \rightarrow (\alpha + \beta)$ 共晶反应时, 三相的成分: (b)

a. 相同 b. 确定 c. 不定 d. 变化

(2) 共析成分的合金在共析反应 $\gamma \rightarrow (\alpha + \beta)$ 刚结束时, 其组成相为: (b)

a. γ, α, β b. α, β c. $(\alpha + \beta)$ d. γ, β

(3) T10 钢的碳质量分数为: (b)

a. 0.1% b. 1.0% c. 10% d. 0.01%

(4) 面心立方晶格的晶体在受力变形时的滑移面是: (b)

a. $\{100\}$ b. $\{111\}$ c. $\{110\}$ d. $\{120\}$