



材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541



# 东北大学材料工程

## 复习参考书





材料人网助力材料领域人才成长  
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208  
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 目录

专业介绍 .....	1
材料工程 .....	4
一、 初试信息 .....	5
二、 考纲一览 .....	5
知识点总结 .....	8
第一章 金属与合金的晶体结构 .....	8
第二章 纯金属的结晶 .....	11
第三章 二元合金相图和合金的凝固 .....	14
第四章 铁碳合金 .....	19
第六章 金属的塑性变形和再结晶 .....	22
第七章 钢在加热和冷却时的转变 .....	30
第八章 钢的回火转变及合金时效 .....	40
历年真题解析 .....	45
1995 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	45
1996 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	53
1997 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	59
1998 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	65
1999 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	69
2000 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	76
2001 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	81
2002 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	87
2003 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	95
2004 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	102
2006 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	108
2012 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	112
2013 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	116
2014 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	120
2015 年硕士学位研究生入学试题—答案详解 .....	124





材料人网助力材料领域人才成长  
材料人考研学院——共享、互助、免费

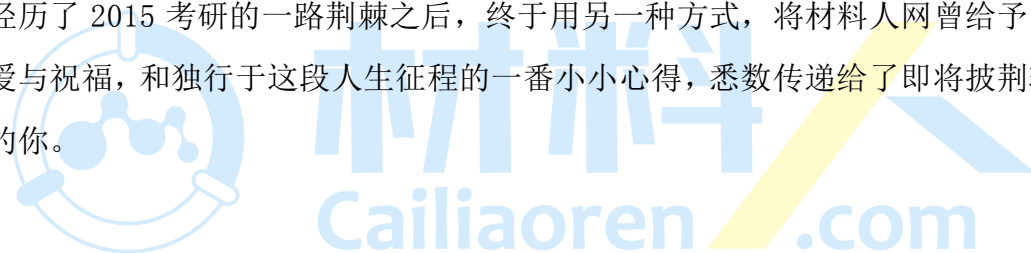


材料人网官方唯一 QQ: 97482208  
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 前言

时间如白驹过隙，从刚刚经历完紧张的复试，到现在即将迎来毕业的这一天，将近 3 个月的时间，我们东大辅导员终于将材料工程的真题整理完毕，由于东大材料工程的真题资源较少，期间我们辅导员做了大量的准备工作，将所有收集到的题目仔细的做出来，但是由于水平有限，其中难免有错误或疏漏的地方，这些纰漏将在之后听取考研学子们的意见认真修改，并会对本书持续更新，添加考研人真正需要的资料。

感谢材料人考研学院团队考研组东大小组的辅导员，他们是畅，峰，涛，华，金涛，炜，辉，堃。完成这份资料的这一刻，每一个参与编辑这份资料的人，在经历了 2015 考研的一路荆棘之后，终于用另一种方式，将材料人网曾给予的关爱与祝福，和独行于这段人生征程的一番小小心得，悉数传递给了即将披荆斩棘的你。







材料人网助力材料领域人才成长  
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208  
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 声 明

真题资料均来自研友回忆，由材料人网考研学院站收集提供，答案系材料人网考研学院考研组组织编写，仅供参考交流，最终解释权归材料人网考研学院所有。

材料人网是由清华、北科、中科院三校材料硕士毕业生发起组建的旨在为广大材料领域人才服务的垂直网站。域名启用于 2011 年 7 月，在北京始运营。

材料人网针对用户群体是材料相关专业学生及材料行业从业人员。材料人网致力于向材料相关人才提供各种层次的服务和资讯，目前包括提供试剂耗材，检测，各类资讯的行业新闻频道，提供材料科学专业考研保研相关信息及辅导的考研学院，以及材料领域人才交流平台的材料人论坛。

材料学子的发声平台。助力材料领域人才成长！网址：

<http://www.cailiaoren.com/>

欢迎加入我们！



材料人微信公共号

材料人官方 QQ:

97482208



考研学院微信公众号

材料人考研学院官方 QQ:

3129115541





材料人  
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

以下是我们资料与答疑的交流方式：

材料人 16 东北大学材料考研群： 421068782

材料人网东北大学板块：<http://www.cailiaoren.com/forum-139-1.html>

如发现错误，请发邮件到 [xueyuan@cailiaoren.com](mailto:xueyuan@cailiaoren.com)，非常感谢！



材料人  
Cailiaoren.com

材料人考研学院

东大小组编写

2015 年 5 月 30 日





材料人网助力材料领域人才成长  
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208  
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 专业介绍

### 材料工程

(专业(领域)代码: 085204)

东北大学材料工程领域的工程硕士由**材料学学科**和**材料加工工程学科**共同培养,两学科均具有博士与硕士学位授予权。材料学和材料加工工程学科覆盖了原金属压力加工、金属材料及热处理、粉末冶金、金属腐蚀与防护、铸造和焊接等学科以及无机非金属材料、复合材料、功能材料和表面处理等方向。本学科领域的特色是材料制备与组织性能控制密切结合,加工工艺与自动化控制紧密结合,在国际前沿领域开展高水平研究。依托两学科的国家及省部级重点实验室有“**轧制技术及连轧自动化国家重点实验室**”、“**材料电磁过程研究教育部重点实验室**”、“**材料各向异性与织构教育部重点实验室**”和发改委与地方共建的“**材料电磁冶金国家工程实验室**”等。两学科现有教师 153 人,其中教授 50 人,博士生导师 36 人,副教授 63 人。近三年来,承担国家重大基础研究项目、重点科技攻关项目和省部级及各类科研项目 300 余项,始终与全国钢铁、有色金属及相关行业合作,为企业的技术进步提供支持。研究成果获省部级及以上奖励 30 余项,其中包括国家科技进步一等奖 1 项,二等奖 2 项,国家技术发明奖 1 项。在国内外学术期刊上发表了大量高水平论文,出版专著十余部,获得授权发明专利数十项。此外,学科还与美国、俄罗斯、澳大利亚、法国、加拿大、日本、韩国等国家的大学和科研院所建立了良好的合作关系。





材料人网助力材料领域人才成长  
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208  
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 一、初试信息

思想政治理论	外国语	业务课一	业务课二
(101)思想政治理论	(203) 日语或 (204) 英语二	(302) 数学二	(835)金属学与热处理

## 二、考纲一览

考试科目	考试性质	答题时间	
(835) 金属学与热处理	金属学与热处理是材料工程领域全日制专业硕士研究生入学考试的专业基础课, 考试对象为参加材料工程领域2015 年全国硕士研究生入学考试的准考学生。	180 分钟	
参考书目			
书目名称	书目作者	出版社	出版时间
金属学与热处理原理, 第三版	崔忠圻、刘北兴	哈尔滨工业大学出版社	2007 年

### 第 1 章 金属与合金的晶体结构

- 1.晶体、非晶体；晶胞、晶系、晶面指数与晶向指数；
- 2.三种典型金属晶体的原子排列方式、晶胞原子数、配位数、致密度、密排晶向与密排晶面、多晶型性；
- 3.合金中的相及其结构：固溶体、化合物；
- 4.点缺陷、位错、界面的基本概念。

### 第 2 章 纯金属的结晶

- 1.纯金属结晶规律、结晶条件、结晶过程中的形核、长大过程与晶粒尺寸控制；
- 2.过冷度在结晶过程中的作用，临界晶核半径、临界形核功与过冷度之间的关系，细化晶粒的方法。

### 第 3 章 二元合金相图和合金的凝固

- 1.二元合金相图建立与杠杆定律，二元相图的分析和使用；
- 2.二元合金凝固过程及组织形貌分析、平衡相、平衡组织计算；非平衡凝固过程及其组织分析、固溶体合金的结晶特点；





3.伪共晶、离异共晶、枝晶偏析、成分过冷的概念；

4.金属铸锭的组织与缺陷。

## 第4章 铁碳合金

1.Fe - Fe<sub>3</sub>C 相图的特征温度点、碳含量、转变线、各区域的组成相、相图中的重点（B 包晶点、C 共晶点、S 共析点、E 奥氏体最大含碳量、P 铁素体最大含碳量等）、线（BHJ 包晶转变线、ECF 共晶转变线、PSK 共析转变线、GS 线、ES 线等）、相（铁素体、奥氏体、渗碳体）；

2.各种成分合金结晶过程分析、室温下的显微组织、相组成物、组织组成物相对量的计算、五种渗碳体的来源、形态及相对量的计算；

3.含碳量对钢的平衡组织及性能的影响。室温下碳钢及白口铁的显微组织及含碳量范围。

## 第5章 三元合金相图

1.三元合金相图的表示方法和三相平衡的定量法则；

2.简单三元相图及其合金结晶过程分析，组织组成物、相组成物相对量计算；三元相图的等温截面和变温截面。

## 第6章 金属的塑性变形和再结晶

1.金属塑性变形的方式：滑移、孪生；

2.晶体滑移的位错机制、滑移带、滑移线、滑移的临界分切应力、滑移面、滑移方向、滑移系；

3.塑性变形对金属组织与性能的影响，位错强化机制、细晶强化机制；

4.冷变形金属在加热过程中的组织与性能变化，回复与再结晶；

5.再结晶后的晶粒尺寸、影响再结晶晶粒尺寸和温度的主要因素、金属热加工的目的。

## 第7章 钢在加热和冷却时的转变

1.了解热处理的作用、热处理与相图之间的关系、固态相变的特点；

2.钢的奥氏体化过程、奥氏体晶粒度及控制；

3.钢在冷却时的转变、珠光体、贝氏体、马氏体转变特征，各自的组织特征及性能特点；等温转变（TTT）与连续转变（CCT）曲线。

## 第8章 钢的回火转变及合金时效

1.钢在回火时的组织转变过程，不同温度回火后的组织及性能；

2.回火脆性及消除方法。

## 第9章 钢的热处理工艺。

1.退火、正火、淬火、回火的目的、组织与应用；加热温度、保温时间和冷却速度的选择；





材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

2. 淬透性、淬硬性的意义；

3. 常用钢的热处理规范。结合第 7、8 章的内容综合分析机械制造工艺流程中各热处理工序的目的、工艺参数制定、组织形貌及性能特点等。



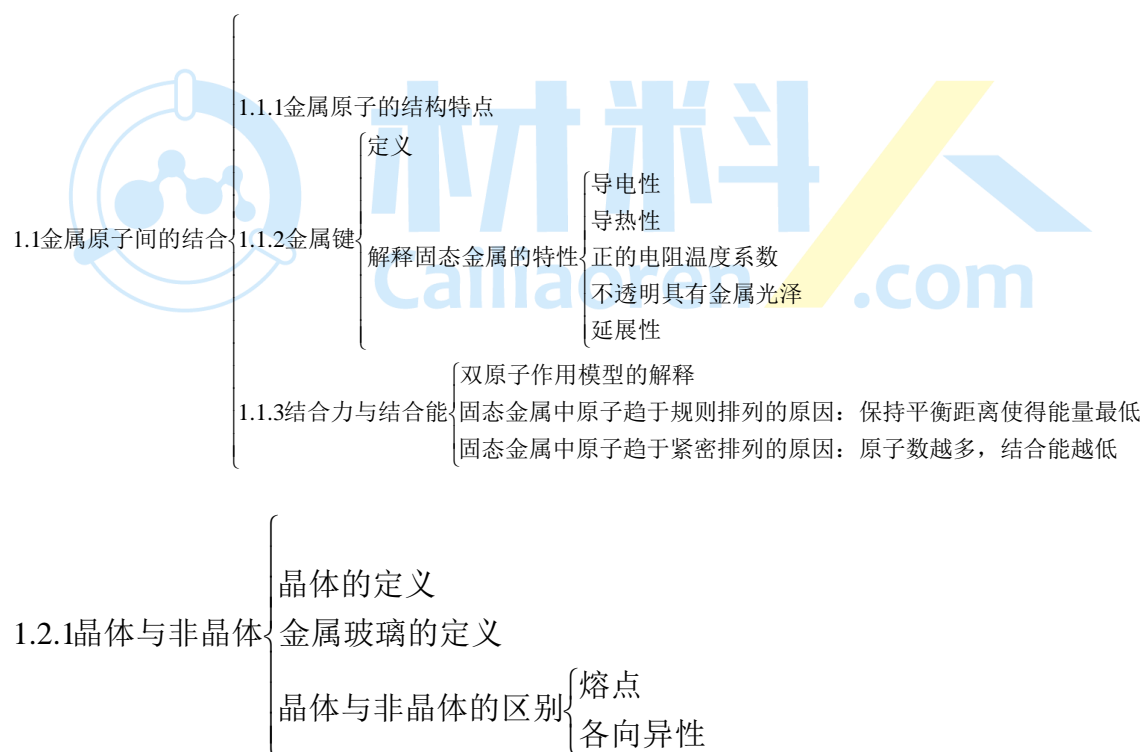




## 知识点总结

我们按照目录对知识点进行总结并对重要的知识点着重做了叙述，起个提纲挈领的作用，希望考生对书的结构有个整体的掌握，方便记忆并把前后章节互相联系起来。书读百遍，其意自现，还要靠你们自己去领悟，多写多练，考试的时候方能书写如流，文思泉涌。

### 第一章 金属与合金的晶体结构

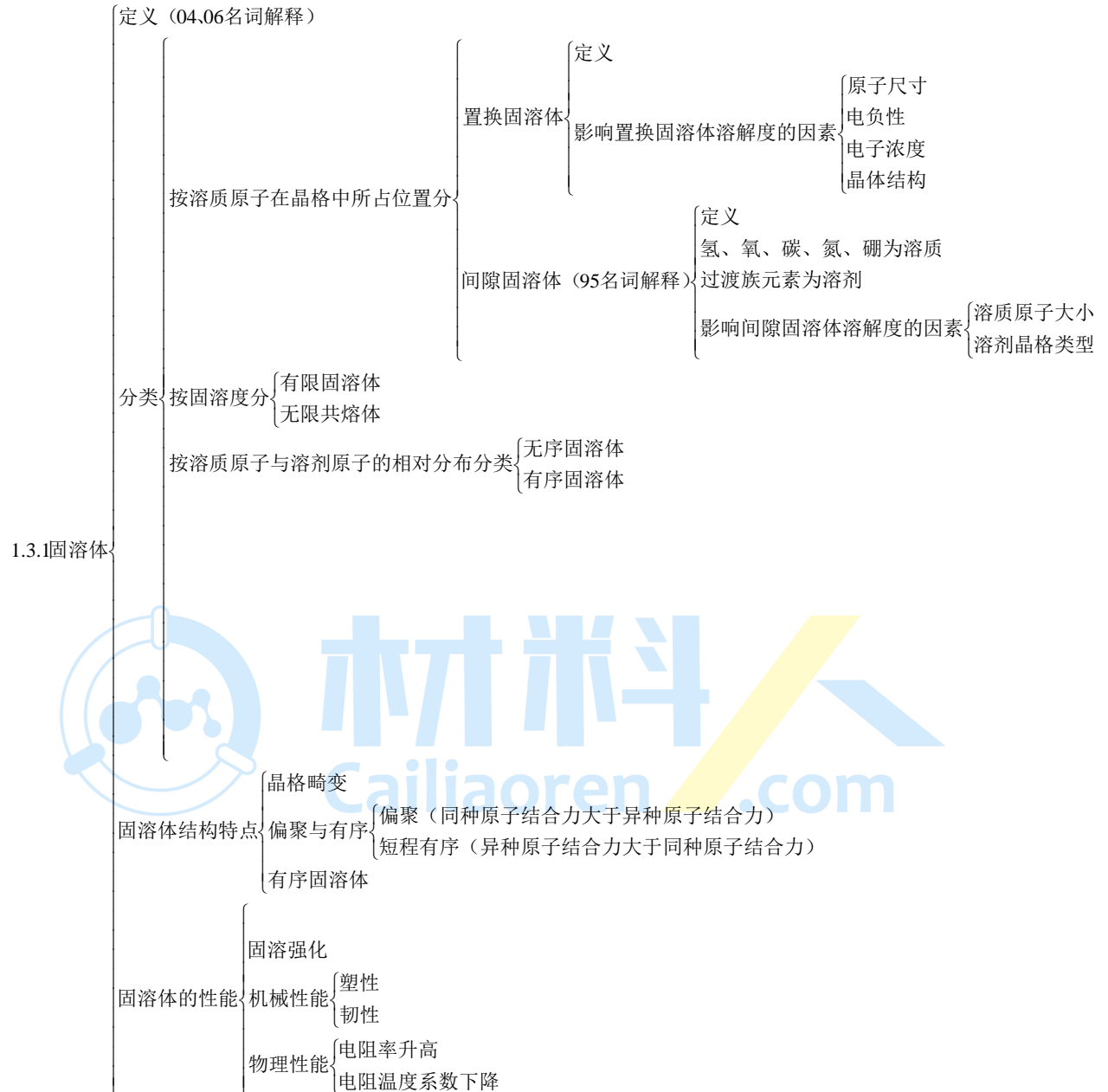




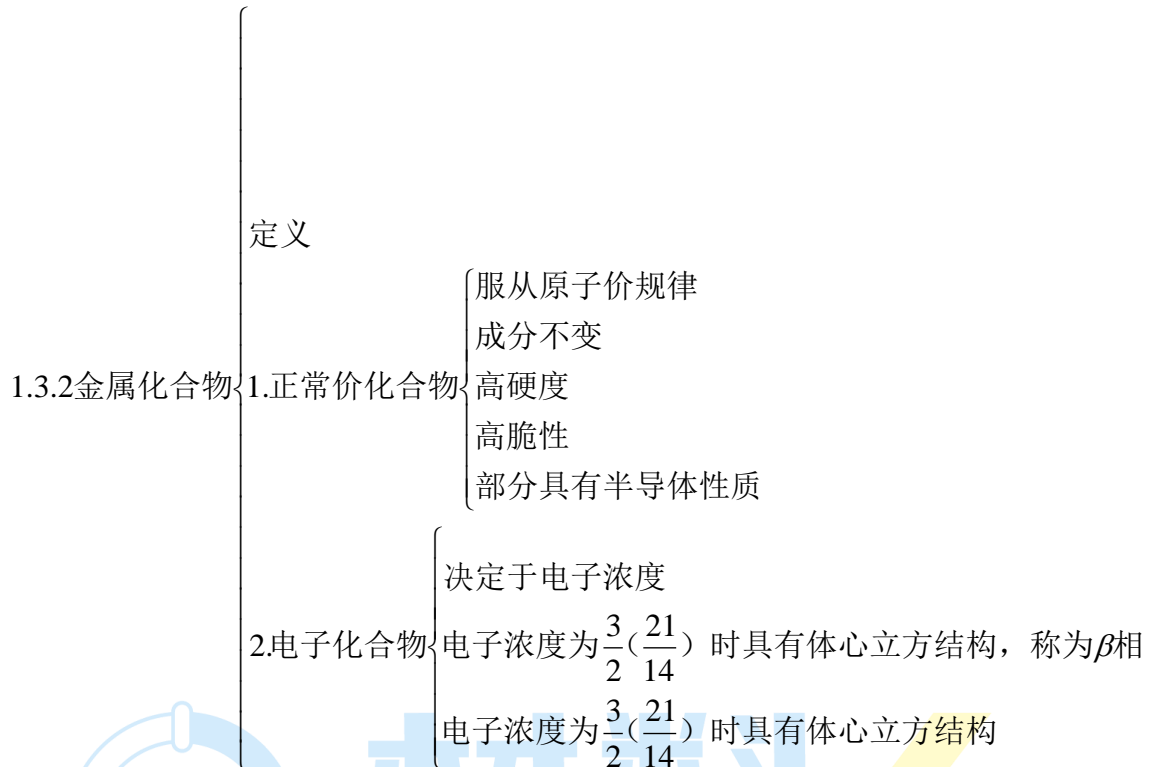


	晶体结构定义
	空间点阵定义
1.2.2晶体结构与空间点阵	晶格（01年名词解释）
	晶粒
	晶胞（04年名词解释）
	体心立方：典型代表： $\alpha$ -Fe、Cr、V、Nb、Mo、W 配位数:8
	面心立方：典型代表 $\gamma$ -Fe、Cu、Ni、Al、Ag配位数:12
	密排六方：典型代表：Zn、Mg、Be、Ti、Co、Cd配位数:12
1.2.3三种典型的金属晶体结构	晶体中的原子堆垛方式和间隙
	晶体中的原子堆垛
	体心
	面心
	密排六方
	间隙
	体心
	面心
	密排六方
1.3合金相结构	合金的定义
	组元的定义
	相：合金中结构相同，成分性能均一并以界面相互分开的组成部分
	组织：由于形成条件不同，形成具有不同形状大小数量及分布的相，相互结合而成的综合体

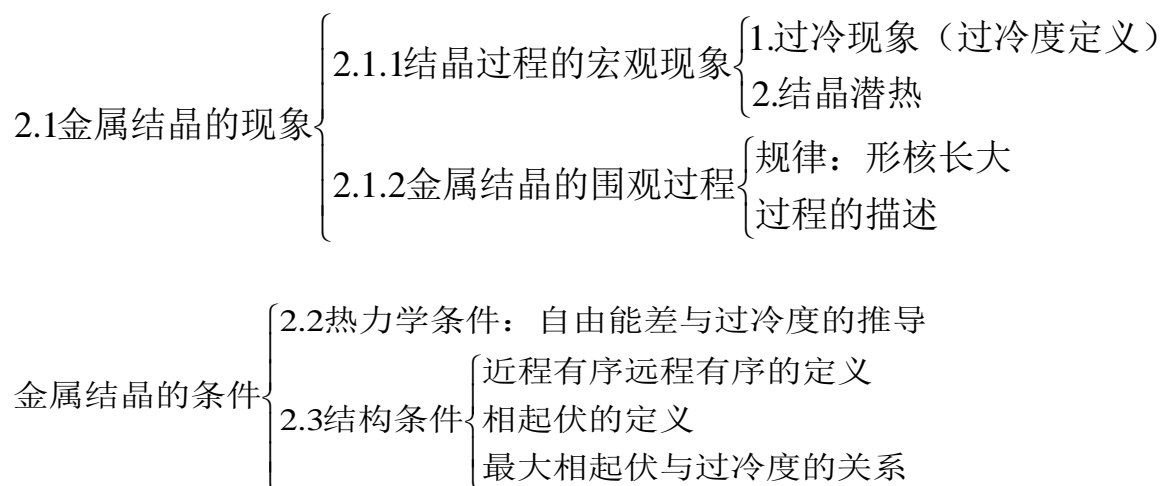




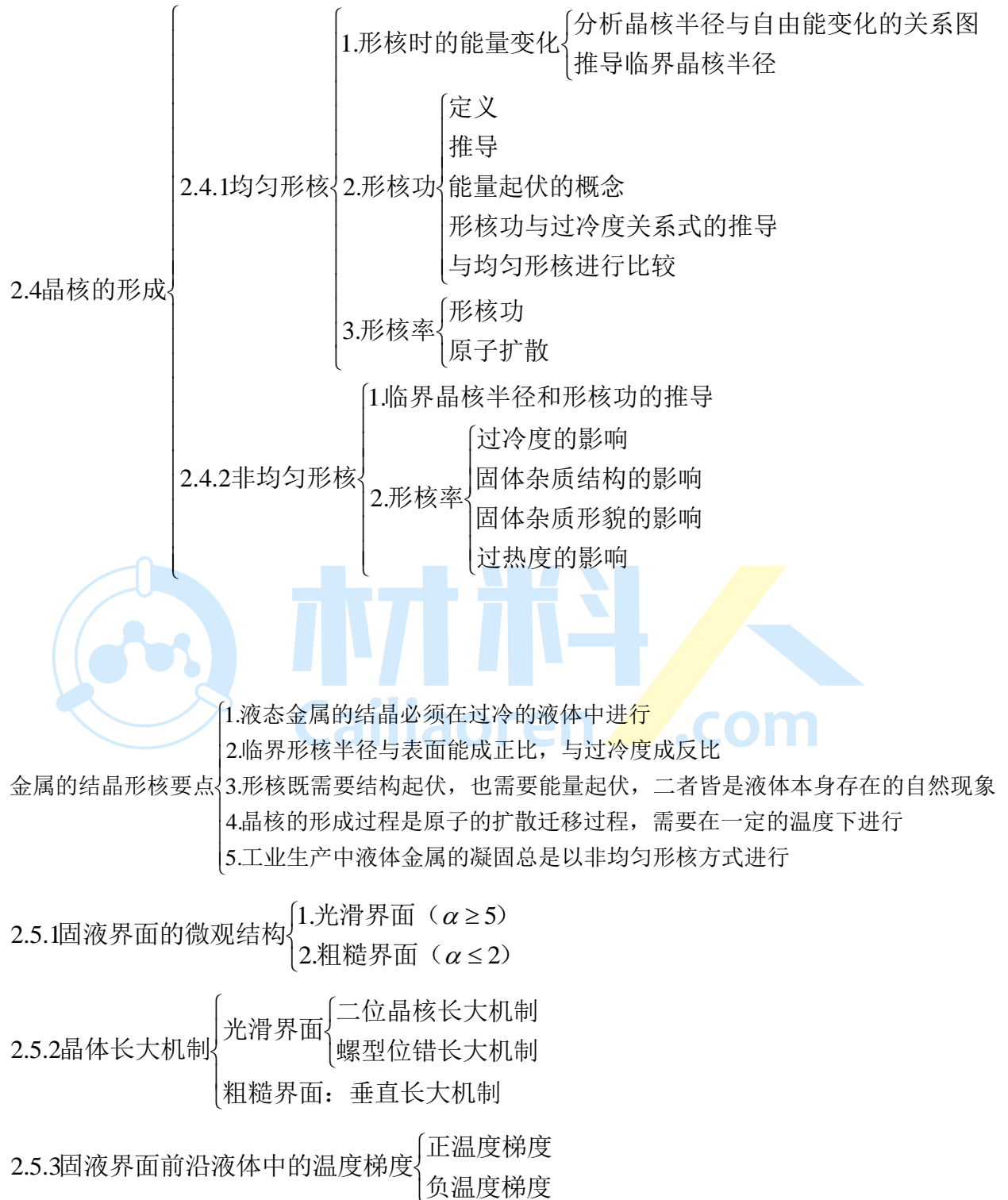




## 第二章 纯金属的结晶











- 2.5.4晶体生长的界面形状
- 1.在正的温度梯度下
    - 光滑界面：以密排面为表面具有规则的几何外形
    - 粗糙界面：平面长大
  - 2.在负的温度梯度下
    - 光滑界面
      - $\alpha$ 值小时
        - 小温度梯度下长成规则的几何外形
        - 大温度梯度下形成树枝晶
      - $\alpha$ 值大时负温度梯度下仍能长成规则形状的晶体
    - 粗糙界面为树枝状生长

- 2.5.5长大速度
- 光滑界面（速度慢）
    - 二位晶核长大
    - 螺位错长大
  - 粗糙界面：垂直长大速度快

- 晶体长大的要点
- 1.具有粗糙界面的金属其长大机理为垂直长大所需过冷度小，长大速度大。
  - 2.具有光滑界面的金属化合物，亚金属或非金属
  - 其长大机理有两种方式
    - 螺型位错
    - 二位晶核
 他们的长大速度都很慢所需过冷度很大。
  - 3.晶体生长的界面形态与界面前沿的温度梯度和界面的微观结构有关
    - 正温度梯度
      - 光滑界面的一些小晶面互成一定角度呈锯齿状
      - 粗糙界面的形态为平行于 $T_m$ 等温面的平直界面，呈平面长大
    - 负的温度梯度
      - 金属亚金属的界面呈树枝状
      - $\alpha$ 值较高的金属保持光滑界面状态





- 2.5.6 晶粒大小的控制
- 细晶强化的定义
 
$$Z_v = 0.9(\text{体积}) \text{ 或 } 1.1(\text{面积}) \times \left(\frac{N}{G}\right)^{\frac{3}{4}}$$
  - 1. 控制过冷度
    - 采用金属性或石墨型代替砂型
    - 增加金属型的厚度降低金属型的温度
    - 采用蓄热多散热快的金属型
    - 局部加冷铁
    - 水冷铸型
    - 低温浇注
  - 2. 变质处理: 在浇注前往液态金属中加形核剂存进形成大量非均匀形核
  - 3. 震动搅动
    - 依靠从外面输入能量促使晶核提前生成
    - 使成长中的枝晶破碎, 增加晶核数目



### 第三章 二元合金相图和合金的凝固

- 3.1 二元合金相图的建立
- 3.1.1 二元相图的表示方法
  - 3.1.2 二元合金相图的测定方法
  - 3.1.3 相律及杠杆定律
    - 1. 相律及其应用
      - $f = c - p + 1$
      - (1) 利用相律可以确定系统中可能存在的最多相平衡数。
      - (2) 利用相律可以解释纯金属与二元合金结晶时的一些差别
    - 2. 杠杆定律





### 3.2固溶体平衡结晶过程

#### 3.2.1相图分析（步骤）

形核和长大的过程

形核方式 { 均匀形核  
非均匀形核

能量起伏

#### 3.2.2结构起伏

成分起伏

显著特点 { 1.异分结晶  
2.固溶体合金的结晶需要一定的温度范围

结晶过程的概述

• 枝晶偏析 { 平衡分配系数  
冷却速度

(99、2000、01、02、03、04、06、13名词解释)

#### 3.2.3固溶体的不平衡结晶

对合金性能影响 { 机械性能下降  
塑性韧性降低  
不易加工  
抗蚀性能降低

消除方法 { 扩散退火  
均匀化退火

#### 3.2.4区域偏析和区域提纯（定义）





### 3.2.5 成分过冷及其对生长形状的影响

1. 形成成分过冷的条件及其影响因素

• 成分过冷定义  
(01, 02, 03, 13 名词解释)

$$\frac{G}{R} = \frac{mC_0(1-k_0)}{k_0}$$

2. 对晶体生长形状的影响

不出现成分过冷：平面状生长  
出现成分过冷：胞状生长  
树枝状生长

$C_0$  (合金成分)、 $G$  (温度梯度)、 $R$  (凝固速度)  
是影响成分过冷的主要因素

### 3.3 共晶相图及结晶

#### 3.3.1 相图分析

#### 3.3.2 典型合金的平衡结晶过程及组织

#### 3.3.3 不平衡结晶及组织

1. 伪共晶 (99, 2000, 2012 名词解释)

平衡条件获得或  
不平衡条件获得

2. 离异共晶 (06 名词解释)

消除方法：  
均匀化退火转变为  
平衡态的固溶体









### 3.7 铸锭的组织与缺陷

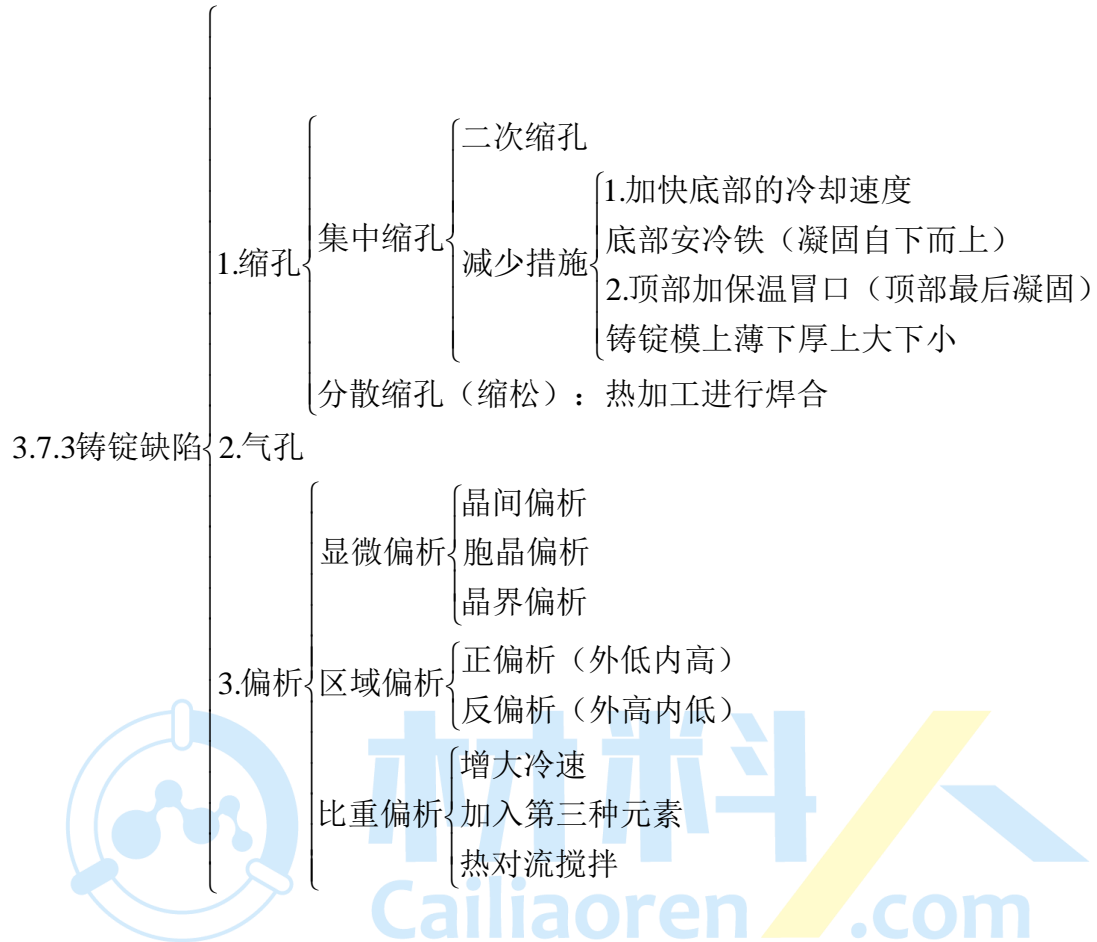
#### 3.7.1 铸锭三晶区的形成

1. 表层细晶区
  - 晶粒细小
  - 组织细密
  - 机械性能好
  - 纯金属厚度薄
  - 合金具有较厚的表层细晶区
2. 柱状晶区
  - 铸造组织
  - 形成原因
    - 内因: 晶体生长的各向异性
    - 外因: 传热的方向性
  - 固相温度梯度越大长大速度越大
  - 液相温度梯度越小长大速度越小
  - 形成穿晶组织
  - 存在柱晶间界 (缺陷富集区)
  - 组织致密、具有方向性
  - 钢铁应避免柱状晶
3. 中心等轴晶区
  - 优点: 无弱面, 无方向性
  - 缺点: 显微缩孔、组织不细密
  - 铸件要求得到发达的等轴晶

#### 3.7.2 铸锭组织控制

1. 影响柱状晶生长的因素
  - 1. 铸锭模的冷却能力
    - 导热性好热容量大的铸模材料。
    - 增大铸模的厚度
    - 降低铸模的温度
  - 2. 浇注温度与浇注速度
    - 增大温度梯度, 有利于柱状晶的形成
  - 3. 熔化温度: 高温有利于柱状晶生成
  - 塑性好的铝铜铸锭希望得到柱状晶
2. 等轴晶
  - 低温浇注
  - 变质处理
  - 振动搅动





## 第四章 铁碳合金

### 4.4 含碳质量分数对铁碳合金平衡组织和性能的影响









#### 4.5.1 钢中的杂质元素及其影响

1. 锰和硅的影响
  - 脱氧剂，除氧
  - 锰还可以除硫
  - 溶入铁素体提高强度
  - 溶入渗碳体
  - 锰
    - 固溶强化
    - 增加珠光体数量
  - 硅
    - 镇静钢中多
    - 固溶强化
2. 硫的影响
  - 只溶于钢液中
  - 固态以 $\text{FeS}$ 夹杂形式存在
  - $\text{FeS}$ 形成离异共晶，造成严重偏析，形成热脆
  - 形成热裂纹
  - 产生气孔和缩松
  - 提高切削加工性能
  - 消除方法：加入适量的锰
3. 磷的影响
  - 钢中磷都固溶于铁中
  - 具有很强的固溶强化作用
  - 剧烈降低钢的低温脆性，即冷脆
  - 具有严重的偏析倾向，难以热处理消除
  - 益处
    - 降低铁素体的韧性，提高切削加工性能
    - 与铜共存，提高钢的抗大气腐蚀能力
4. 氮的影响
  - 害处
    - 蘸火时效
    - 应变时效
  - 解决方法：加入 $\text{Al}$ 
    - 生成 $\text{AlN}$
    - 细化晶粒
5. 氢的影响
  - 氢脆
  - 白点
6. 氧及其它非金属夹杂物的影响
  - 破坏基体连续性
  - 降低机械性能





材料人  
Cailiaoren.com



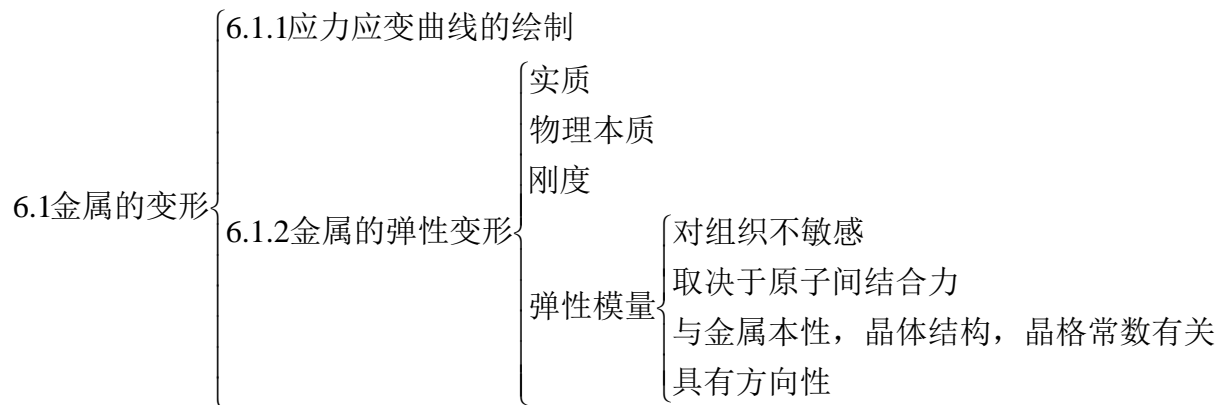
材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 第六章 金属的塑性变形和再结晶



材料人  
Cailiaoren.com





6.2单晶体的塑性变形	6.2.1滑移	1.滑移带与滑移线及其滑移的定义	
		2.滑移系	<ul style="list-style-type: none"> <li>定义</li> <li>体心立方结构 <math>\langle 111 \rangle \times \{110\} = 12</math></li> <li>面心立方结构 <math>\langle 111 \rangle \times \{110\} = 12</math></li> <li>密排六方结构 <math>\langle 1120 \rangle \times \{0001\} = 3</math></li> </ul>
		3.滑移的临界分切应力	<ul style="list-style-type: none"> <li>定义 (14名词解释)</li> <li>取决因素</li> <li>取向因子</li> <li>软取向</li> <li>硬取向</li> </ul>
		4.滑移时晶体的转动	<ul style="list-style-type: none"> <li>力求与外力轴平行</li> <li>力求与最大切应力方向平行</li> </ul>
		5.多系滑移	<ul style="list-style-type: none"> <li>晶体转动</li> <li>多系同时或交替滑移</li> </ul>
		6.交滑移	
	6.2.2滑移的位错机制	1.位错运动与晶体滑移	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑移线实质</li> <li>实际滑移 <math>\tau_k</math> 低于理论 <math>\tau_k</math> 原因</li> </ul>
		2.位错增殖: FR位错增殖机制描述	<ul style="list-style-type: none"> <li>固定节点阻碍</li> <li>角速度不同</li> <li>线张力作用</li> </ul>
		3.位错交割塞积	<ul style="list-style-type: none"> <li>滑移实质</li> <li>割阶: 多系滑移加工硬化大的原因</li> <li>应力集中: <math>\tau = n\tau_0</math></li> </ul>
	6.2.3孪生	定义	
		切变过程	
		主要特点	<ul style="list-style-type: none"> <li>临界切应力大</li> <li>声响</li> <li>速度快</li> <li>改变晶体位向</li> <li>激发进一步滑移</li> </ul>





6.3.1多晶体的塑性变形特点 { 不同时性  
相互协调性  
不均匀性

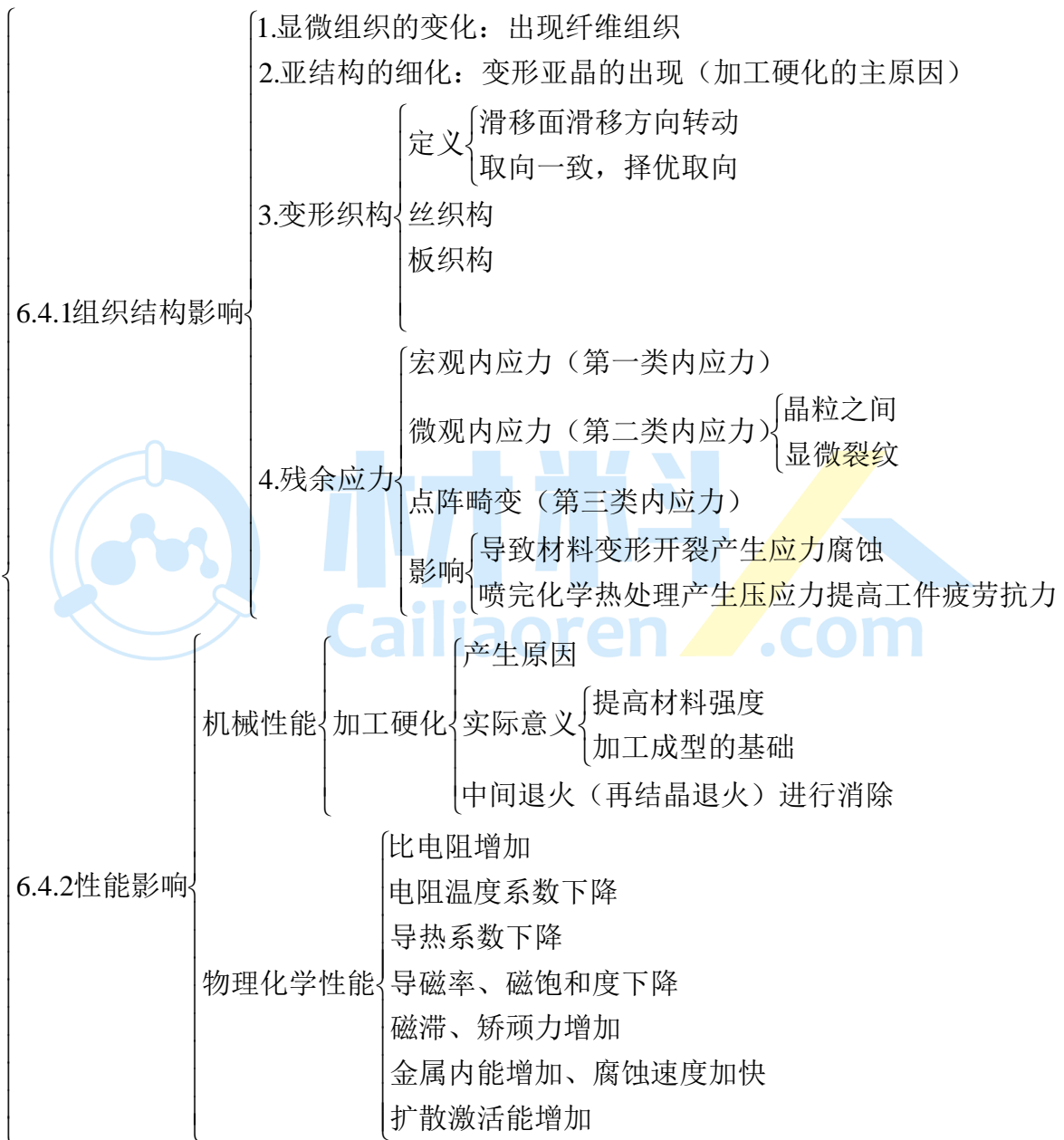
6.3多晶体的塑性变形 { 6.3.2晶粒大小对塑性变形的影响 {  $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{\frac{1}{2}}$   
 $\sigma_0$ : 单晶体的屈服强度  
(晶内对变形的抗力)  
K: 表征晶界对强度的影响  
(与晶界结构有关  
与温度关系不大)  
d: 晶粒平均直径

霍尔佩奇公式的说明 { 塑性 { 屈服强度:  $n \rightarrow \tau \rightarrow$  转移  $\rightarrow$  屈服强度  
小晶粒  $n$  小, 屈服强度高  
大晶粒  $n$  大, 屈服强度低  
一定体积晶粒数目多  
变形分散度大  
晶粒内部与晶界应变度小  
变形均匀  
断裂前承受较大的变形量  
获得较大的断面收缩率和延伸率率  
韧性 { 晶粒细小, 晶界曲折  
阻止裂纹传播  
吸收更多能量





## 6.4 塑性变形对金属组织与性能的影响



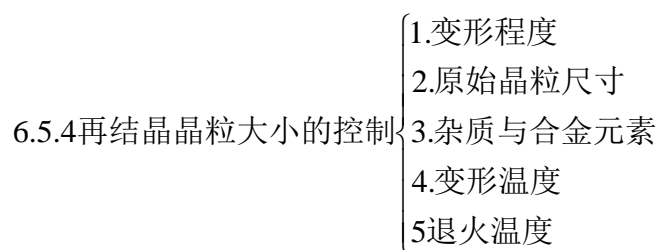
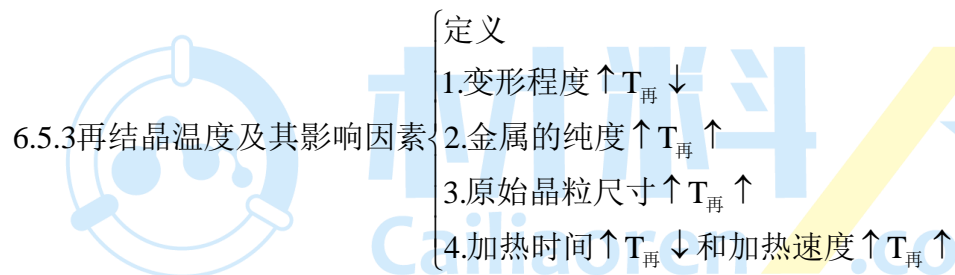
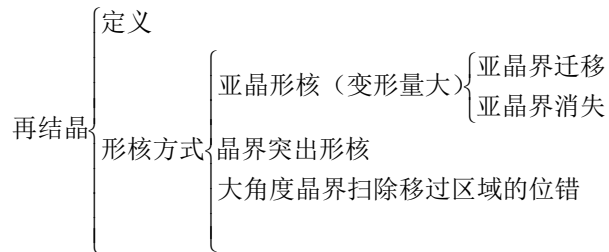




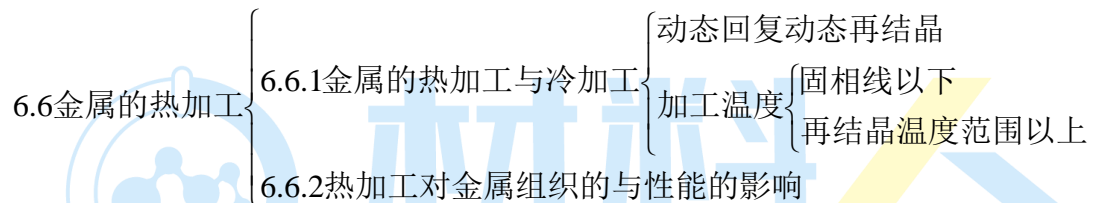
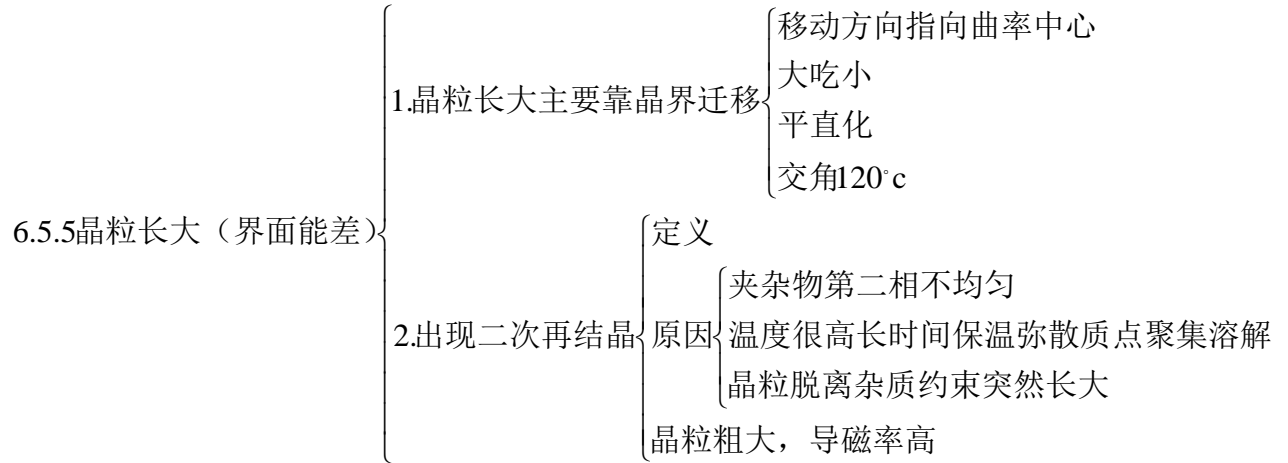
## 6.5冷变形金属的回复与再结晶

定义	温度不高	显微组织无明显变化
		机械性能变化不大
	温度增加	物理化学性能明显变化
		点缺陷和位错在加热时的运动
回复	温度增加	电阻减小
		抗应力腐蚀能力提高
	温度增加	第一类内应力基本消除
		点缺陷密度下降
生产实际	去应力退火	位错滑移
		位错攀移，形成回复亚晶
	去应力退火	多边形化的实质：位错从高能态的混乱排列
		到低能态的规则排列
回复处理	去应力退火	保持加工硬化状态下降低内应力
		减轻变形和翘曲，并改善工件的耐蚀性，降低电阻率
	去应力退火	冷拉钢丝卷制弹簧:250-300退火
		降低内应力使之定型，强度硬度基本不变
退火防止变形和开裂	去应力退火	铸件焊接件加工后及时进行去应力
		退火防止变形和开裂













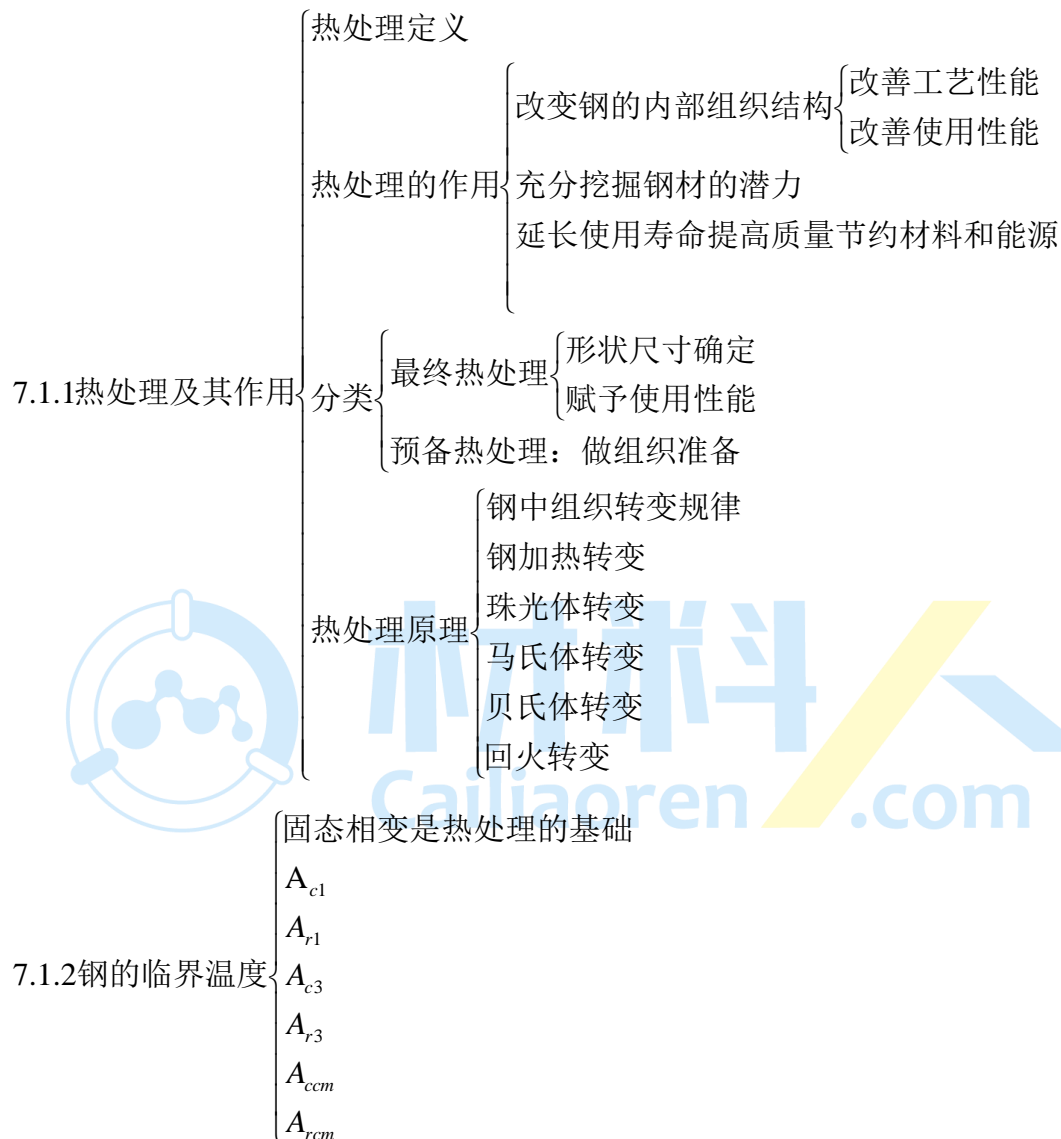
## 热加工对金属组织与性能的影响

- 1.改善铸锭和钢坯的组织
  - 1.改善组织缺陷，增加材料致密度
  - 2.柱状晶树枝晶破碎，细化晶粒
  - 3.合金钢中大块初晶共晶碳化物、夹杂物打碎并均匀分布
  - 4.消除偏析，均匀成分
- 2.形成纤维组织
  - 定义
    - 偏析夹杂物、第二相、晶界沿变形方向延伸
  - 各向异性
- 3.形成带状组织
  - 定义
    - 铸锭压延
    - 热轧带钢
    - 高碳高合金钢
  - 影响
    - 方向性
    - 热化切削加工性能
  - 消除方法
    - 正火
    - 高温扩散退火+正火
- 4.细化晶粒
  - 变形量
  - 热加工温度
  - 始锻（始轧）温度
  - 锻后（轧后）冷却速度

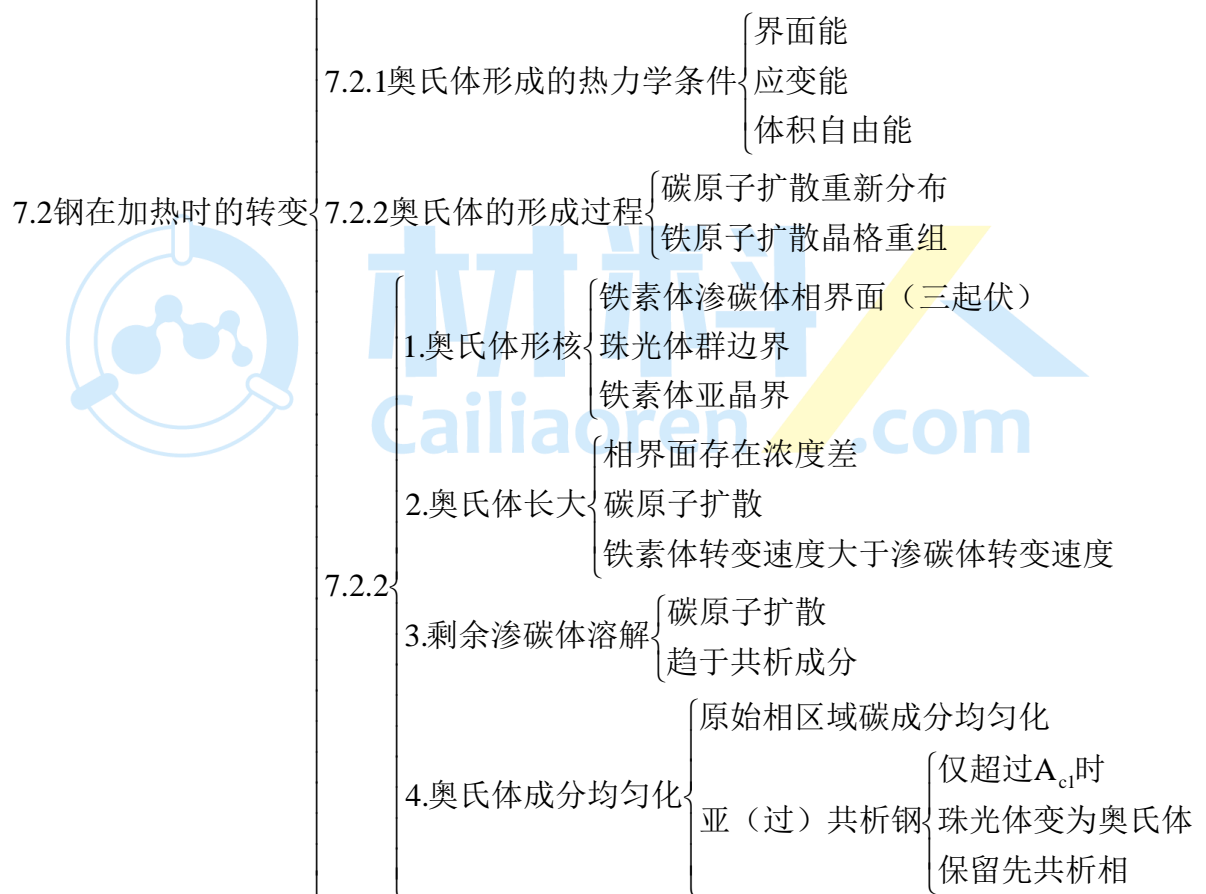




## 第七章 钢在加热和冷却时的转变











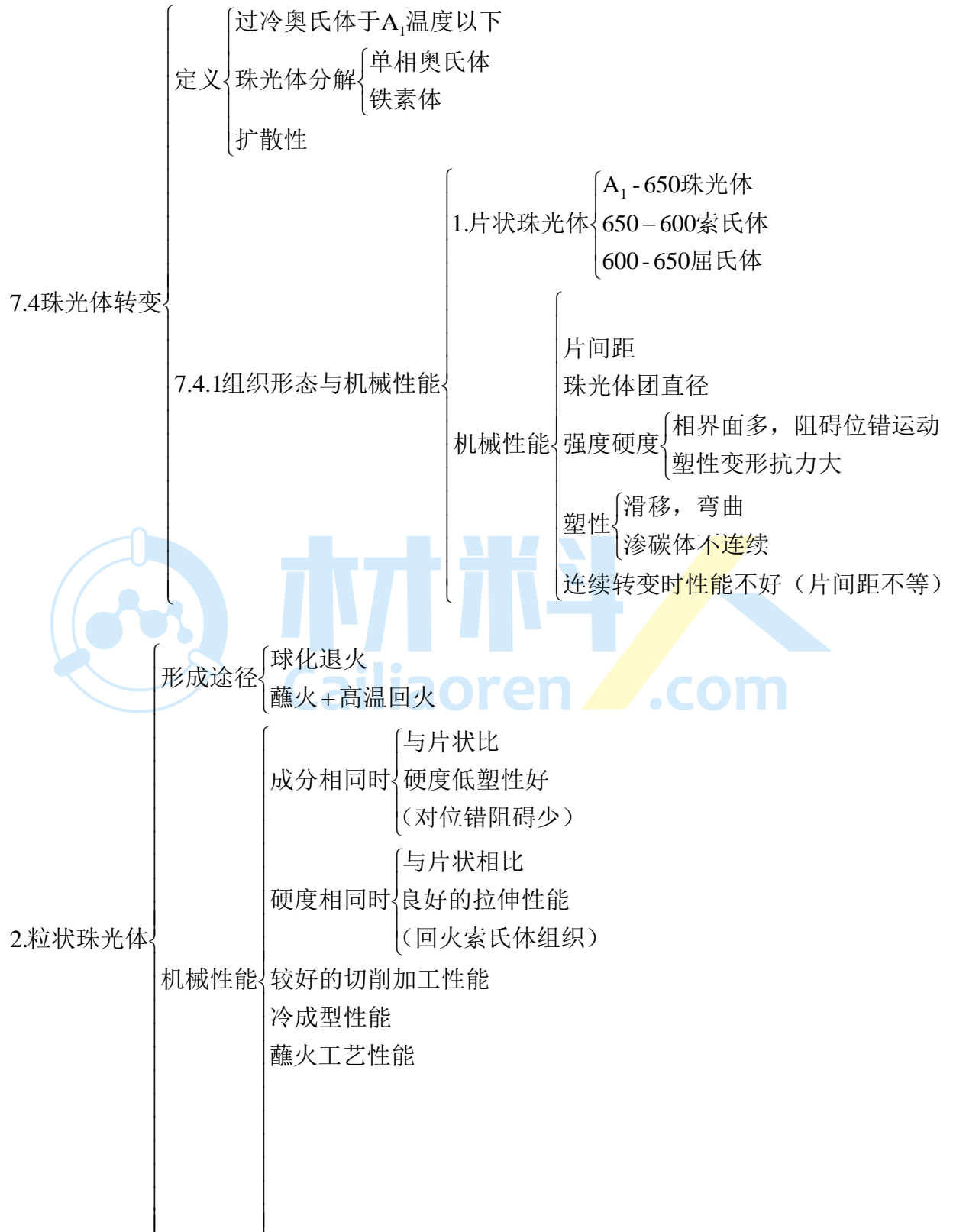
#### 7.2.4 影响奥氏体形成速度因素

1. 加热温度影响（最主要）
  - 碳浓度差
  - 扩散系数
  - 自由能差
2. 原始组织的影响
  - 碳化物分散度
  - 珠光体片间距
  - 越细小，形成速度越快
  - 蘸火态 > 正火态 > 球化退火态
3. 化学成分的影响
  - 含碳质量分数
    - 形核部位
    - 扩散系数
    - 浓度梯度
  - 合金元素
    1. 碳化物形成元素：Cr、Mo、W、V  
Ti 减慢奥氏体形成速度
    2. 非碳化物形成元素：Co、Ni  
加快奥氏体形成速度
    3. 降低  $A_1$  点的元素（Ni、Mn、Cu）  
增加奥氏体形成速度
    4. 提高  $A_1$  点的元素（Cr、Mo、W、V、Si）降低奥氏体形成速度
    5. 合金元素在珠光体中的分布不均匀





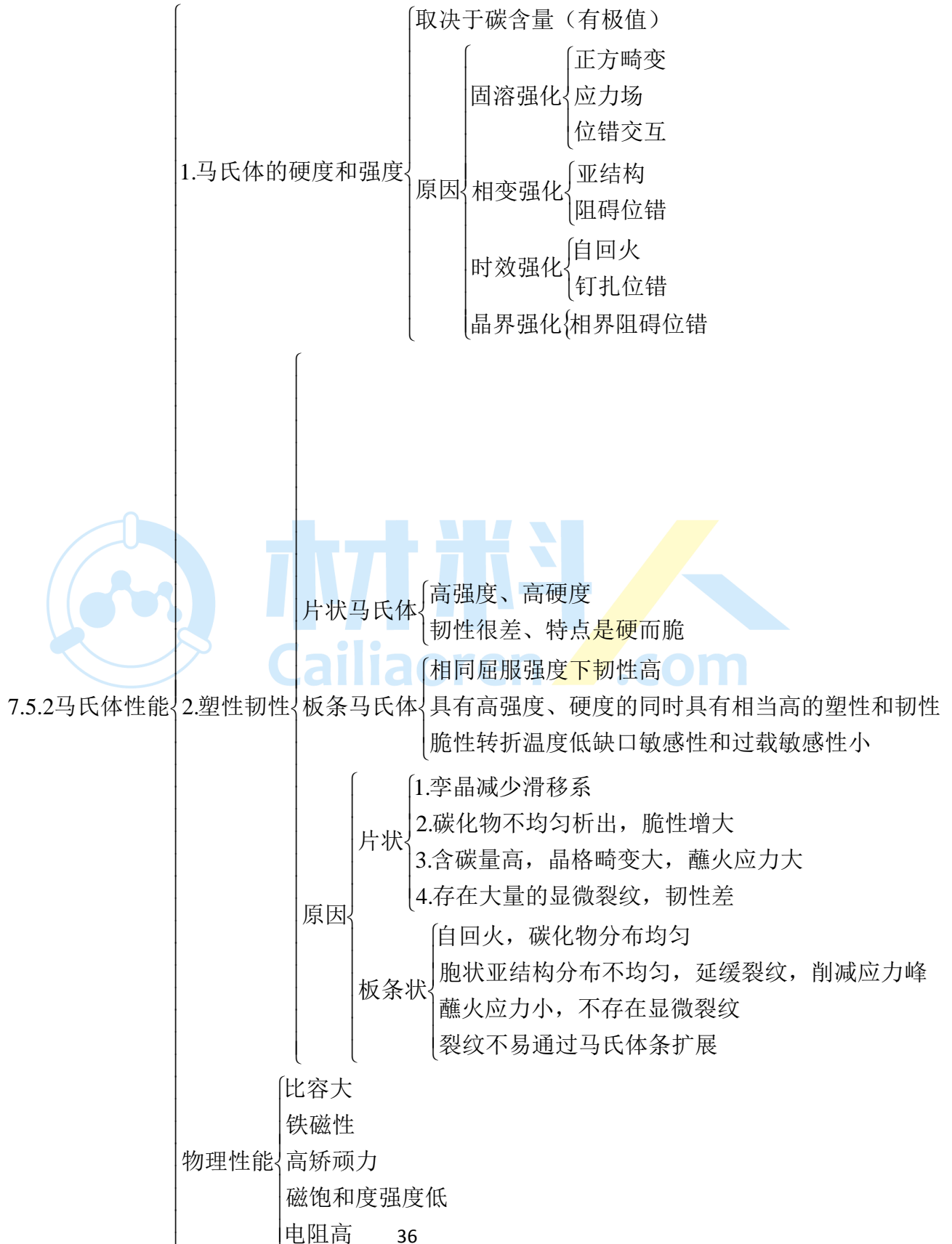
















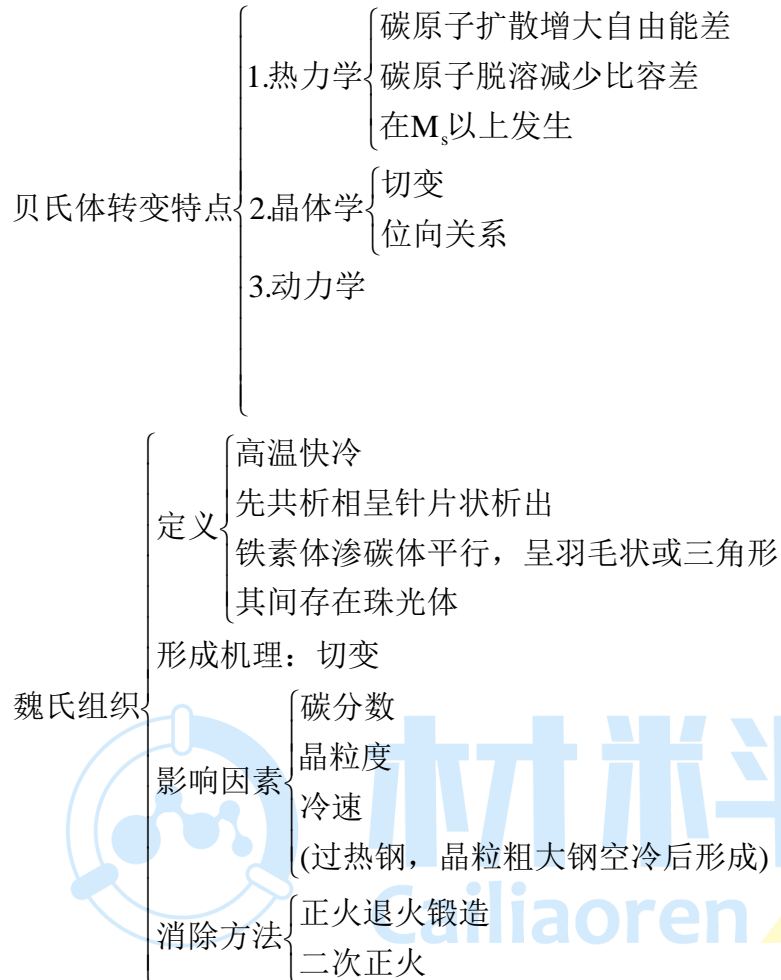
马氏体转变特点

- 1.热力学 {
  - 冷速大于 $v_c$ ，抑制珠光体贝氏体转变
  - 深度过冷，获得马氏体转变的动力
  - 增加了弹性应变能
  - $M_s$ : 开始发生马氏体转变的温度，自由能差达到相变所需最小驱动力时的温度
- 2.晶体学 {
  - 无扩散性 {
    - 铁原子集体迁动进行晶格改组
    - 奥氏体与马氏体化学成分相同
  - 切变性 {切变完成晶格改组由面心立方转变为体心正方
  - 共格性 {第二类共格界面
  - 严格的位向关系和惯习面 {
    - K-S关系马氏体密排面密排方向平行于奥氏体密排面密排方向
    - 西山关系
    - 惯习面 {
      - $\omega(c) < 0.5\{111\}$
      - $0.5-1.4\{225\}$
      - $> 1.4\{259\}$
- 3.动力学 {
  - 1.降温转变
  - 形核长大速度快
  - 2奥氏体稳定化 {
    - 热稳定化
    - 机械稳定化 {
      - 相变强化稳定化
      - 形变强化稳定化
- 4.马氏体转变的可逆性 (13名词解释): 无扩散的形成奥氏体













## 第八章 钢的回火转变及合金时效







4. 碳化物转变 { 250-400℃回火，碳脱溶  
回火温度  $\geq 400^\circ\text{C}$  碳化物转变为  $\theta$ -碳化物  
即生成回火屈氏体 (00, 03 名词解释)  
针状  $\alpha$  相 + 无共格联系的粒状或片状渗碳体

5. 渗碳体长大、 $\alpha$  相回复、再结晶 { 350℃ 时第三类内应力消除  
400℃ 以上 { 渗碳体聚集球化  $\rightarrow$  粒状渗碳体  
 $\alpha$  相回复  
350-500℃ 时第二类内应力消除  
500-600℃ 时第一类内应力消除  
500-650℃ 形成回火索氏体  
即多边形铁素体 + 粗粒状渗碳体

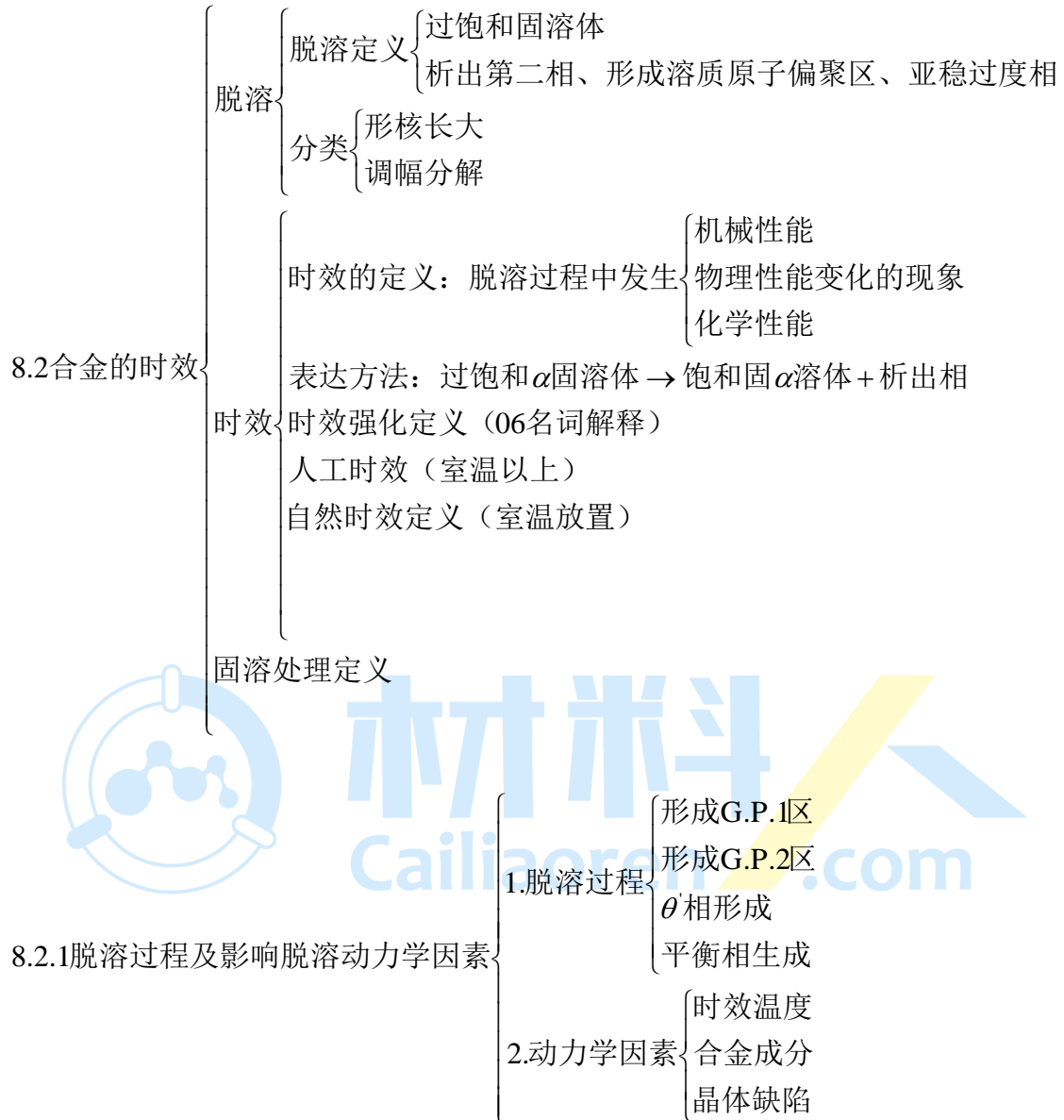
8.1.2 蘸火钢回火时机械性能的变化 { 1. 硬度 { 总体下降  
回火稳定性定义：抵抗回火过程中硬度下降的能力  
2. 强度和韧性 { 强度下降  
塑性上升 { 400℃ 最显著  
350℃ 弹性极限达到极值





		定义	{ 钢的冲击韧性在某些温度区间回火时显著降低 变化总趋势时增大	
8.1.2回火脆性	第一类回火脆性		{ 250 - 400℃即低温回火脆性 原因：马氏体分解析出断续的薄壳状碳化物 降低晶界脆性，不可逆，加入硅、锰提高脆化温度	
	第二类回火脆性		{ 合金结构钢中产生 450 - 650℃ 杂质元素在原奥氏体晶界偏聚	
		防治方法	{ 小尺寸 { 高温回火快速冷却 提高纯度 加入Mo、W等元素 大截面 { 亚共析钢：亚温蘸火 形变热处理	









- 8.2.2脱溶后的纤维组织 { 局部脱溶：无析出带  
连续脱溶 { 颗粒状  
性能好  
不连续脱溶  
脱溶过程中纤维组织变化顺序
- 8.2.3合金时效性能的变化 { 过时效定义  
 $Al-Cu$ 合金时效硬化主要依靠形成G.P区和 $\theta''$ 相  
 $\theta''$ 相出现硬化效果达到极值  
出现 $\theta'$ 相后硬度下降
- 8.3调幅分解 { 调幅分解定义 { 扩散偏聚机制  
结构相同成分不同  
8.3.1调幅分解的热力学条件 { 是固态相变  
调幅分解线  
拐点曲线内侧：调幅分解  
拐点曲线外侧：形核长大  
8.3.2调幅分解过程：上坡扩散  
8.3.3结构、显微组织、性能 { 定向排列  
强韧性  
弥散度、高屈服强度





## 历年真题解析

### 东北大学

#### 1995 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理

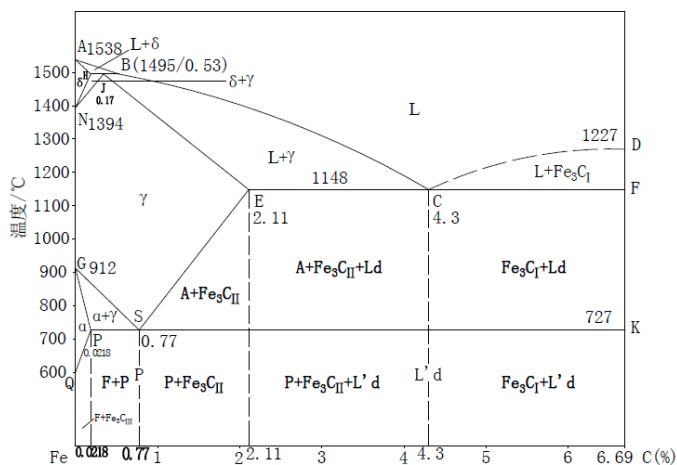
适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

#### 一、名词解释(6分/题, 共30分)

- (1) 间隙固溶体和间隙相;
- (2) 上坡扩散和下坡扩散;
- (3) 固溶强化和加工硬化;
- (4) 再结晶和重结晶;
- (5) 淬透性和淬硬性;
- (6) 回火脆性和回火稳定性;

#### 二、铁碳相图 (15分)



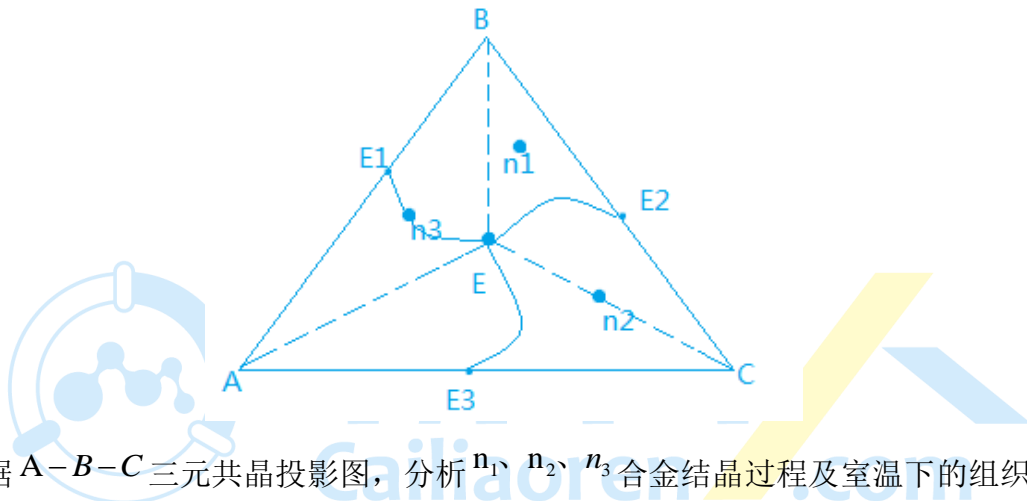




依据铁碳相图回答下列问题：

- ①写出铁碳相图中的恒温转变式；
- ②分析40和  $T_{10}$  钢的平衡结晶过程；
- ③计算室温下40钢的组织组成物和  $T_{10}$  钢的相组成物；

### 三、三元相图（6分）



依据  $A-B-C$  三元共晶投影图，分析  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$  合金结晶过程及室温下的组织。

### 四、等温曲线（6分）

示意绘出亚共析、共析、过共析碳钢过冷奥氏体等温转变曲线。

### 五、二元相图（5分）

以组织组成物标注  $A-B$  二元相图中的空白区

### 六、工业用钢（10分）

(这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

指出下列牌号属于何种钢？他们应采用何种预先处理和最终处理？最终处理后获得何种组织？

- |           |              |             |
|-----------|--------------|-------------|
| 1、16MnNb  | 2、4CrNiMo    | 3、50CrVA    |
| 4、W18Cr4V | 5、1Cr18Ni9Ti | 6、GCr15SiMn |

### 七、钢在合金中的作用（8分）

(这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题





参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

- 1、40Cr 和 1Cr18Ni9 钢中 Cr 的作用；
- 2、16Mn 和 45Mn2 钢中 Mn 的作用；
- 3、40CrNiMo 和 W6Mo5Cr4V2 钢中 Mo 的作用；
- 4、20CrMnTi 和 1G18CrNi9Ti 钢中的 Ti 的作用；

## 八、综合题（20 分）

- ①如何细化金属铸件晶粒？
- ②何谓枝晶偏析？如何消除？
- ③纯铁经剧烈冷却塑性变形后，其最低再结晶温度为多少？再结晶退火温度又为多少？（铁的熔点1238℃）
- ④完全退火、球化退火的目的、工艺、应用范围？
- ⑤在立方晶系中绘出 (123)、 $(\bar{1}10)[\bar{1}10]$ 、[112]。

## 试题答案

### 一、名词解释

参考解析：

- 1、**间隙固溶体**：一些源自半径很小的溶质原子融入溶剂中时，不是占据溶剂晶格的正常结点位置，而是填入溶剂晶格的间隙中，形成间隙固溶体。
- 2、**间隙相**：非金属原子半径与金属原子半径之比  $r_X/r_M < 0.59$  时，化合物具有简单的晶体结构，称为间隙相。
- 3、**上坡扩散**：由低浓度区向高浓度区的扩散。
- 4、**下坡扩散**：由高浓度区向低浓度区的扩散。
- 5、**固溶强化**：金属材料中存在有固溶原子时，固溶原子必然会引起周围晶格的结果，溶质原子具有向位错偏聚而形成一个原子气团的倾向。这时位错的运动要么摆脱这种原子气团，要么拖着原子气团一齐运动。摆脱原子气团需增加一部分外力以克服它与位错间的相互吸引，如果拖带原子气团一齐运动，外力也需增加一个附加量。所以，当位错上有原子偏聚时，位错运动的难度提高，金属得到强化。





6、加工硬化：冷变形金属随变形程度的增加，强度硬度升高、塑性韧性显著降低的现象。

7、再结晶：当冷变形金属的加热温度高于回复温度时，在变形组织的基体上产生新的无畸变的晶核，并迅速长大形成等轴晶粒，逐渐取代全部变形组织的过程。

**重结晶**：将晶体溶于溶剂或熔融以后，又重新从溶液或熔体中结晶的过程。

8、淬透性：钢在淬火时获得马氏体的能力。其大小在一定条件下用淬火所获得的淬透层深度来表示，是钢的固有属性，取决于钢的临界冷却速度和过冷奥氏体的稳定性。

**淬硬性**：钢淬火后马氏体的硬度。淬火后形成的马氏体组织所能达到的硬度，取决于马氏体中的含碳质量分数。

9、回火脆性：淬火钢回火时冲击韧性的变化规律总的趋势是随着回火温度升高而增大。但在某些温度区间回火，可能出现冲击韧性显著降低的现象，这种现象称为钢的回火脆性。

**回火稳定性**：淬火钢在回火时，抵抗强度、硬度下降的能力。

## 二、铁碳相图（15分）

参考解析：

1.共析转变： $\gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$

共晶转变： $L \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}$

包晶转变： $L + \delta \rightarrow \gamma$

2.40钢：组织转变过程： $L \rightarrow L + \delta \rightarrow L + \gamma \rightarrow \gamma \rightarrow \gamma + \alpha \rightarrow P + \alpha$

相转变过程： $L \rightarrow \delta + L \rightarrow L + \gamma \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha + \gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$

T<sub>10</sub>钢：组织转变过程： $L \rightarrow L + \gamma \rightarrow \gamma \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}} \rightarrow P + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$

相转变过程： $L \rightarrow L + \gamma \rightarrow \gamma \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$

3.40钢：组织组成： $\alpha\% = 35.23\%$

相组成： $P\% = 64.77\%$

T<sub>10</sub>钢：组织组成： $\alpha\% = 94.33\%$





相组成:  $\text{Fe}_3\text{C}\% = 5.67\%$

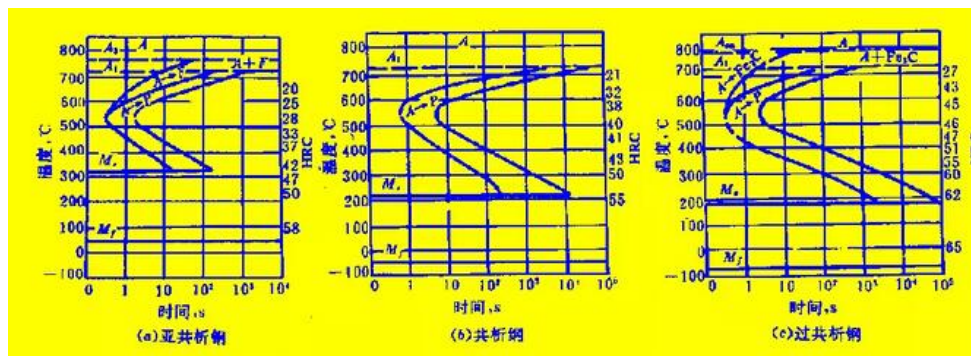
### 三、三元相图

参考解析:

见 15 年真题

### 四、等温曲线

参考解析:



### 五、二元相图

参考解析:

此题为书上例子

### 七、钢在合金中的作用

参考解析:

- 1、提高钢的强度、硬度和高温机械性能，使其具有良好的抗腐蚀性和抗氧化性，提高淬透性；
- 2、起到固溶强化的效果，同时能细化晶粒，提高钢的强度和硬度，提高钢的淬透性；
- 3、起到固溶强化的效果，提高钢的热强性和淬透性，还起抗氢侵蚀的作用；
- 4、改善钢的热强性，提高钢的抗蠕变性能及高温持久强度；

### 八、综合题

参考解析:

- 1、在液态金属结晶时，提高冷却速度，增大过冷度，来促进自发形核。晶核数





量愈多，则晶粒愈细。

2、变质处理：金属结晶时，有目的地在液态金属中加入某些杂质，做为外来晶核，进行非自发形核，以达到细化晶粒的目的。这种方法在工业生产中得到了广泛的应用。如铸铁中加入硅、钙等。

3、机械物理细化：在结晶过程中，采用机械振动、超声波振动、电磁搅拌等，也可使晶粒细化。

#### 参考解析：

1、枝晶偏析：由于冷却速度较快，使液相中的原子来得及扩散而固相中的原子来不及扩散。以至于固溶体先结晶中心和后结晶部分成分不同，成为晶内偏析。而金属的结晶多以枝晶方式长大，所以这种偏析多呈树枝状，先结晶的枝轴与后结晶的枝间成分不同，又称为枝晶偏析。

#### 2、消除办法：

在选择合金元素时：

①尽量选择偏析方向相反的合金元素；

②选择能够适当改变合金结晶性质的添加剂。选择热处理工艺时：采用扩散退火或均匀化退火。即将铸件加热至低于固相线温度 100~200℃ 进行较长时间保温，使偏析元素充分进行扩散，以达到成分均匀化的目的。

#### 参考解析：

$$T_{\text{再}}(\text{K}) = (0.35 \sim 0.4) T_{\text{m}}(\text{K})$$

最低再结晶温度为： $0.35 \times 1238 = 433.3^\circ\text{C}$

退火温度为： $433.3 + 100 = 533.3^\circ\text{C}$

#### 参考解析：

#### 1、完全退火：

目的：细化晶粒、均匀组织、消除内应力和热加工缺陷、降低硬度、改善切削加工性能和冷塑性变形性能。

工艺：将钢加热到  $A_{\text{C}3}$  温度以上，保温足够的时间，使组织完全奥氏体化后缓慢冷却，以获得接近平衡组织的热处理工艺。

应用范围：中碳结构钢铸件和锻、轧件。

#### 2、球化退火：





目的：降低硬度、改善切削加工性能，以及获得均匀的组织、改善热处理工艺性能，为以后的淬火组织做准备。

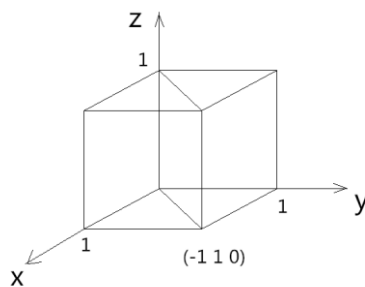
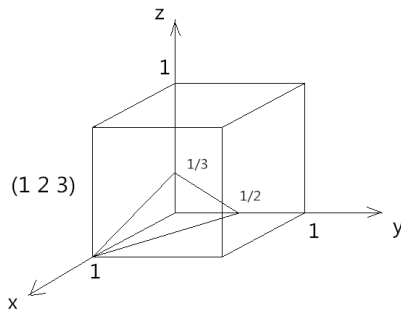
工艺：①一次球化退火：将钢加热到 $Ac_1$ 以上 $20\sim 30^\circ\text{C}$ ，保温一段时间后，缓慢冷却（ $20\sim 60^\circ\text{C/h}$ ），待炉温降至 $600^\circ\text{C}$ 以下出炉空冷。

②等温球化退火：将钢加热到 $Ac_1$ 以上 $20\sim 30^\circ\text{C}$ ，保温 $2\sim 4\text{h}$ 后，快冷至 $Ar_1$ 以下 $20^\circ\text{C}$ 左右，等温 $3\sim 6\text{h}$ ，再随炉降至 $600^\circ\text{C}$ 以下出炉空冷。

③往复球化退火：将钢加热至略高于 $Ac_1$ 的温度，保温一段时间后，随炉冷至略低于 $Ar_1$ 的温度等温处理。如此多次反复加热和冷却，最后冷至室温，以获得球化效果更好的粒状珠光体组织。

应用范围：共析钢、过共析钢和合金工具钢。

⑤ 方晶系中绘出 $(123)$ 、 $(\bar{1}10)$ 、 $[\bar{1}10]$ 、 $[112]$ 。



$(\bar{1}10)$





材料人  
Cailiaoren.com

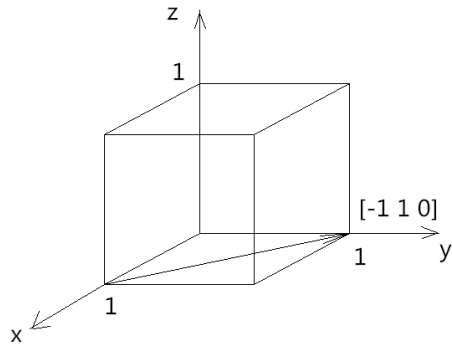


材料人网助力材料领域人才成长

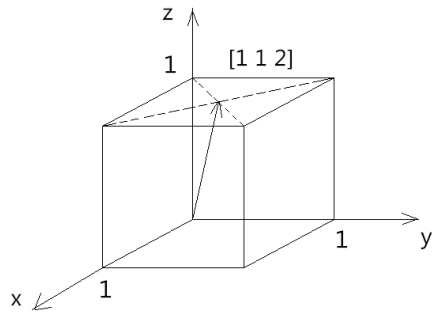
材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541



$[\bar{1}10]$



$[112]$



材料人  
Cailiaoren.com





## 东北大学

### 1996 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理原理

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

#### 一、填空 (25分)

- 1、金属键是\_\_\_\_与\_\_\_\_之间的静电结合力, 它具有\_\_\_\_与\_\_\_\_两个特征。
- 2、影响置换固溶体溶解度的主要因素是: (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_
- 3、钢在加热时  $P \rightarrow A$  转变过程包括 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_
- 4、从实质上讲, 钢淬火成马氏体得以强化的原因是综合了四种基本的强化方式, 分别是 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。
- 5、固态下原子的稳态扩散可用菲克第一定律表达, 其表达式为 (超纲)
- 6、用于表达多晶体屈服强度的霍尔佩奇公式  $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$  中各个符号的物理意义是: (1)  $\sigma_0$  \_\_\_\_\_ (2)  $k$  \_\_\_\_\_ (3)  $d$  \_\_\_\_\_。
- 7、4%的Al-Cu 合金时效的基本过程为: (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_

#### 二、回答问题

- 1、何谓枝晶偏析?
- 2、为减轻材料的枝晶偏析在选择合金时宜做何种考虑?
- 3、对枝晶偏析严重高合金铸件 (锭) 欲使之消除或减轻应施以什么热处理?

#### 三、热处理 (12分)

分别说明以下几种材料加热并随后急冷的目的。(这种题复试的时候会出, 不在初试考纲范围内, 这年的题参考书是第二版的金属学与热处理, 那本书有合金钢那一章节, 等复试的时候可以看看这个题)





- 1、45 钢在 830℃ 加热后水冷。
- 2、1Cr18Ni9Ti 钢在 1050℃ 加热之后水冷。
- 3、ZGMn13 钢 1100℃ 加热后水冷。
- 4、ZL108 在 515℃ 加热之后水冷。

#### 四、对下述各问题中的两种情况做比较,并对所得结论说明原因。(15 分)

- 1、相同温度下,碳原子在  $\alpha$ -Fe 和  $\gamma$ -Fe 中扩散速度的快慢。
- 2、相同量比的 C 和 Mn 原子融入  $\alpha$ -Fe 中引起的强化效果之强弱。
- 3、比较金属结晶时均匀形核与非均匀形核的临界晶核形核功孰大。
- 4、同种金属具有粗大晶粒或细小晶粒时的强韧性。
- 5、高碳马氏体和低碳马氏体的强韧性。

#### 五、说明下列各合金元素在各种钢中的作用

(这种题复试的时候会出,不在初试考纲范围内,这年的题参考书是第二版的金属学与热处理,那本书有合金钢那一章节,等复试的时候可以看看这个题)

- 1、Ti 在 20CrMnTi、1Cr18Ni9Ti 钢中的作用。
- 2、Cr 在 1Cr18Ni9Ti、1Cr17、40CrNiMoA 钢中。
- 3、Mo 在 40CrNiMoA、12Cr1MoA 钢中。

#### 六、(15分) GCr15 钢制造轴承套圈的加工工艺过程如下:

- (1) 下料 → 锻造 → 正火
- (2) → 球化退火
- (3) → 切削加工 → 淬火
- (4) → 低温回火
- (5) → 磨削 → 装配

请回答 (1) → (4) 各热处理工序的有关问题 (钢的  $A_{c1} = 835^\circ\text{C}$ )

- 1、正火的目的;
- 2、球化退火的目的;



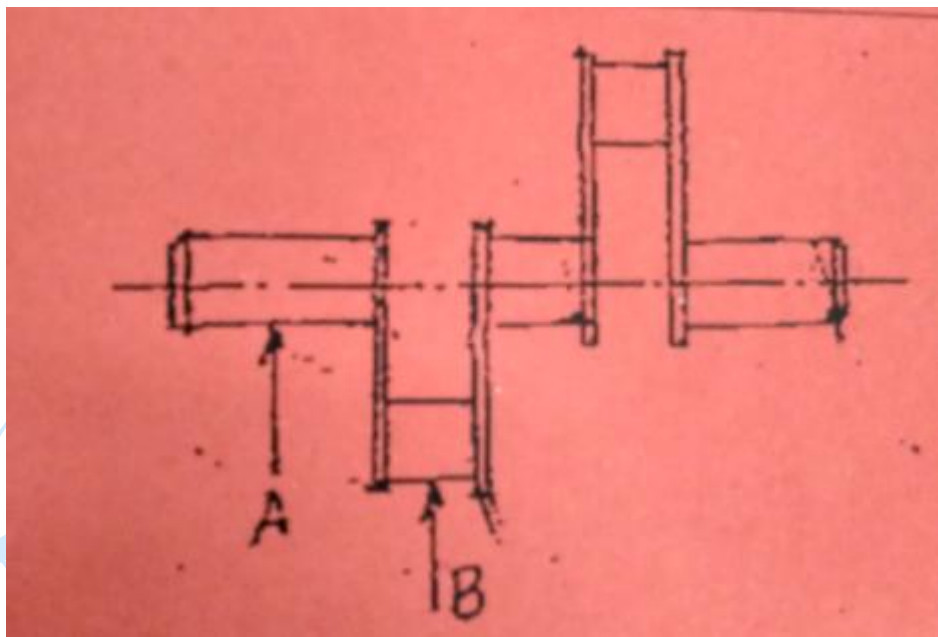


3、淬火的目的是、加热温度、冷却介质、得到的组织和硬度。

4、低温回火的目的、得到的组织和硬度。

## 七、综合题（10分）

图为 QT-600-2 制柴油机轴。（这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）



轴颈（A、B）表面要求高硬度（HRC55→58）高耐磨性，其他部位要求良好的综合机械性能（BH320→360）其加工工艺流程如下：

1、铸造→高温退火→（1）→切削加工→淬火+高温回火→（2）轴颈部位表面淬火+低温回火（3）→磨削→装配。

2、高温退火采取 900→920℃加热→炉冷，随炉冷却至 700℃时出炉空冷，请说明其主要作用是什么？得到什么组织？

3、淬火+高温回火的作用是什么？得到什么组织和性能？

4、表面淬火+低温回火的作用是什么？得到什么组织和性能？

## 试题答案

### 一、填空（25分）

参考解析：





- 1、金属键是金属中的自由电子与构成空间点阵的正离子之间的静电结合力，它具有无方向性与饱和性两个特征。
- 2、影响置换固溶体溶解度的主要因素是：(1)尺寸因素 (2)化学亲和力因素 (3)原子价因素 (4)晶体结构因素
- 3、钢在加热时  $P \rightarrow A$  转变过程包括(1)奥氏体形核 (2)奥氏体长大 (3)剩余  $Fe_3C$  溶解 (4)奥氏体均匀化
- 4、从实质上讲，钢淬火成马氏体得以强化的原因是综合了四种基本的强化方式，分别是(1)固溶强化 (2)相变强化 (3)时效强化 (4)晶界强化。
- 5、固态下原子的稳态扩散可用菲克第一定律表达，其表达式为(超纲)
- 6、用于表达多晶体屈服强度的霍尔佩奇公式  $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$  中各个符号的物理意义是：(1)  $\sigma_0$  位错摩擦阻力(单晶体的屈服强度) (2)  $k$  Petch 斜率 (3)  $d$  晶粒平均直径。
- 7、4%的Al-Cu 合金时效的基本过程为：(1)形成 G.P. I 区 (2)形成 G.P. II 区 (3)形成  $\theta'$  相 (4)形成平衡相

## 二、回答问题

### 参考解析：

1、由于冷却速度较快，使液相中的原子来得及扩散而固相中的原子来不及扩散。以至于固溶体先结晶中心和后结晶部分成分不同，成为晶内偏析。而金属的结晶多以枝晶方式长大，所以这种偏析多呈树枝状，先结晶的枝轴与后结晶的枝间成分不同，又称为枝晶偏析。

### 参考解析：

2、尽量选择偏析方向相反的合金元素；

选择能够适当改变合金结晶性质的添加剂。

3、扩散退火或均匀化退火。即将铸件加热至低于固相线温度  $100 \sim 200^\circ\text{C}$  进行较长时间保温，使偏析元素充分进行扩散，以达到成分均匀化的目的。

## 三、热处理

- 1、获得高硬度的马氏体组织，提高耐磨性；
- 2、获得单相奥氏体组织，提高耐磨性和耐蚀性；
- 3、消除铸态组织，得到单相奥氏体组织，使其强度、塑性和韧性大幅提高；





4、获得高强度的马氏体组织，提高耐磨性。

## 四、综述题

- 1、在  $\alpha$ -Fe 中扩散较快。原因： $\alpha$ -Fe 是体心立方结构，原子排列较疏松， $\gamma$ -Fe 是面心立方结构，原子排列较紧密，因此相同温度下碳原子在  $\alpha$ -Fe 中扩散速度较快；
- 2、Mn 原子强化效果更好。原因：Mn 在  $\alpha$ -Fe 中引起的晶格畸变效果更加显著，因此强化效果更好；
- 3、均匀形核临界形核功较大。原因：非均匀形核的形核功与均匀形核的形核功相比，其比值就是球冠体积与同曲率半径球体积的比值，此比值小于等于 1，因此均匀形核所需的形核功更大；
- 4、细小晶粒强韧性更高。原因：对于细小的晶粒，单位体积内的晶界面积更大，在夹杂物相同的情况下，细小晶粒合金界面上偏析的夹杂物相对更少，因此晶界结合力更高，故材料塑性更高；另一方面，由于晶界既是位错运动的阻力，又是裂纹扩展的障碍，因此细小晶粒的材料强度韧性都更高；
- 5、高碳马氏体呈片状，其硬度强度相对更高，塑性韧性相对较低；低碳马氏体呈板条状，其塑性韧性相对较高，强度相对较低。

## 五、合金钢

- 1、改善钢的热强性，提高钢的抗蠕变性能及高温持久强度；
- 2、提高钢的强度、硬度和高温机械性能，使其具有良好的抗腐蚀性和抗氧化性，提高淬透性；
- 3、起到固溶强化的效果，提高钢的热强性和淬透性，还起抗氢侵蚀的作用。

## 六、综合题

- 1、消除锻造后钢中内应力，改善其切削加工性能；
- 2、降低硬度，改善切削加工性能，获得均匀的组织、改善热处理工艺性能，为以后的淬火作组织准备；
- 3、淬火目的：获得高强度马氏体组织，提高硬度和耐磨性  
加热温度：820~860℃





冷却介质：油冷

组织硬度：HRC62

4、低温回火目的：稳定组织，减小或消除内应力，提高钢的塑性和韧性，获得强度、硬度和塑性、韧性的适当配合，降低了淬火应力和脆性，同时提高了耐磨性与抗疲劳性能

低温回火组织：回火马氏体

组织硬度：HRC62

## 七、综合题

1、主要作用：减小淬火热应力，而且显著降低组织应力，有效地减小或防止工件淬火变形和开裂；

组织：马氏体；

性能：很高的强度、硬度和耐磨性。

2、淬火作用：获得高强度高硬度的马氏体组织；

高温回火作用：获得相对稳定的组织，降低内应力；

组织：回火索氏体；

性能：具有强度、塑性和韧性都较好的综合机械性能。

3、表面淬火作用：提高表面硬度及耐磨性；

低温回火作用：显著降低淬火应力和脆性；

组织：回火马氏体；

性能：很高的强度、硬度和耐磨性。





材料人  
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

# 东北大学

## 1997 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理(共100分)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、铜具有面心立方晶体结构, 晶格常数 $a=0.3607\text{nm}$ 。

1、指出 Cu 的滑移面, 滑移方向、滑移数目。

2、计算 Cu 的滑移面的面间距  $d$ 。

3、在形成  $\alpha$ -黄铜 H80 时, 是什么溶质元素融入 Cu 的晶格? 它应具有什么晶格结构? 它的机械性能与纯铜相比有什么改变? 用位错理论简要解释造成性能发生改变的原因。(超纲)

### 二、有 4000 克含 3.2% C 的铁碳系合金处于平衡态室温下, 请回答:

1、合金的组织组成物是什么?

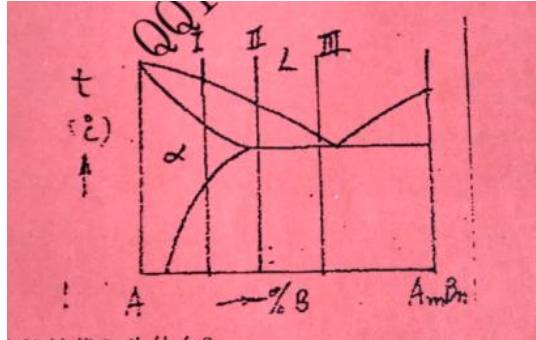
2、各组织组成物的质量是多少?

3、一直铁素体(F)的硬度为 80HB,  $\text{Fe}_3\text{C}$  的硬度为 800HB, 求该合金的硬度(HB)。

(超纲)

### 三、如右图所示的 A-B 二元系, 相图中有 I、II、III 三个合金, 请回答:





- 1、哪个合金铸造性能最优？为什么？
- 2、I 合金适合用什么热处理使之强化？
- 3、II 合金在非平衡冷却条件下易出现什么组织？
- 4、III 合金在非平衡冷却条件下易出现什么组织

四、在生产实际中，一些铸、锻、焊钢件会出现魏氏组织。就此请回答：

- 1、用简单语言描述钢中魏氏组织的金相形态。
- 2、说明魏氏组织的形成条件。
- 3、说明魏氏组织对钢的机械性能有何影响？如何消除？

五、就 **ZGMn13** 回答下列问题：（这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）

- 1、举出两个应用此钢的实例；
- 2、此钢在使用 状态应具有什么组织？
- 3、此钢适于什么外界条件使用？为什么在使用过程中会不断硬化而提高其耐磨性？
- 4、水韧处理对其起什么作用？水韧处理的基本工艺如何？

六、请分析 **1Cr18Ni9Ti** 不锈钢中碳及各合金元素的作用。有时对此钢实施 **1050 至 1150℃** 加热-保温-水冷起什么作用？（这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）

七、当用一把铣刀铣加工另一把铣刀时，加工工具的刀具与被加工工件





的刀具同为 **W6Mo5Cr4V2 高速钢** 制作。请问（这种题复试的时候会出，不在初试大纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）

- 1、两者各处于什么热处理状态？
- 2、两者各具有什么组织？
- 3、两者各具有什么样的机械性能？

## 八、就所学课本的知识综合分析：

- 1、金属与合金的晶粒细化对其机械性能有什么影响？用金属的塑性变形理论概要解释造成这些影响的原因。
- 2、可利用霍尔佩奇公式表达晶粒大小对多晶体屈服强度  $\sigma_s$  的影响，请写出这一公式的表达式，并说明式中各符号的物理意义。
- 3、(1)在使金属与合金结晶的浇注过程；  
(2)在金属与合金的变形与再结晶时；  
(3)对轧、锻材的相变重结晶（完全退火）时；  
(4)在设计合金成分选择合金元素时，获得细晶的原理是什么？

## 九、解释下面各专业术语：

- 1、晶格
- 2、枝晶偏析
- 3、变质处理
- 4、钢的淬透性
- 5、钢的奥氏体本质晶粒度
- 6、间隙化合物
- 7、纯铁的同素异晶转变

## 试题答案

### 一、参考解析：

Cu 为面心立方晶体

- 1、滑移面  $\{111\}$  滑移方向  $\langle 110 \rangle$  滑移数目  $4 \times 3 = 12$
- 2、计算 Cu 的 滑移面间距





$$D = a/2 \sqrt{h^2 + k^2 + L^2} = 0.104 \text{ nm}$$

### 3、超纲

## 二、参考解析:

### 1、合金组成物为

常温莱氏体 珠光体和二次渗碳体

$$2、W(1d) = (3.2 - 2.11) / (4.3 - 2.11) = 49.8\%$$

$$W(r) = (4.3 - 3.2) / (4.3 - 2.11) = 50.2\%$$

$$W(Fe_3CII) = (2.11 - 0.77) / (6.69 - 0.77) \times W(r) = 11.4\%$$

$$W(p) = 1 - W(1d) - W(Fe_3CII) = 38.8\%$$

## 三、参考解析:

1、III 的铸造性能最好，因为当浇注温度一定时，含碳质量分数高的钢，其液相线温度与钢液温度之差较大，即过热度较大，对钢液的流动性有利。所以 III 的铸造性能最好。

2、I 合金为过共析合金，其组织中有网状  $A_3B$  相。应选用正火处理。来改善其组织

3、主要为离异共晶组织（理由自己叙述）

4、伪共晶组织（理由自己叙述）

## 四、参考解析:

从奥氏体晶界上生长出来的铁素体或渗碳体近乎平行，呈羽毛状或呈三角形状期间存在着珠光体的组织。

条件：质量分数小于  $w(c) = 0.6\%$  的亚共析钢或含碳量大于  $w(c) = 1.2\%$  的过共析钢由高温以较快速度冷却时。

魏氏组织形成与钢中含碳质量分数，奥氏体晶粒度及奥氏体冷却速度（转变温度）有关。奥氏体晶粒越粗大越容易形成魏氏组织，所以魏氏组织最容易出现在过热钢中。经锻造、热轧、焊接的中低碳钢中晶粒往往很粗大。空冷之后容易出现。

危害：使钢的机械性能尤其是塑性和冲击韧性显著降低，还会使脆性转折温度升高。

方法：采用细化晶粒的正火，退火以及锻造等。如果成度严重还可以采用二次正火。

## 八、参考解析:





屈服强度是与滑移从先塑性变形的晶粒转移到相邻晶粒密切相关的,而这种转移能否发生,主要取决于在已滑移晶粒晶界附近的位错塞积群所产生的应力集中能否激发相邻晶粒滑移系中的位错源,使其开动起来,从而进行协调性的多滑移。根据与  $\tau = n\tau_0$  的关系式。应力集中  $\tau$  的大小决定于  $n$ ,  $n$  越大,则应力集中也就越大。当外加应力和其它条件一定时,位错数目  $n$  是引起塞积的障碍-境界到 位错源的距离成正比,晶粒越大,则这个距离越大,  $n$  也就越大。所以应力集中也就越大:晶粒小则  $n$  夜宵,应力集中也小。因此小晶粒的应力集中小,则血药较大的外加应力下才能使相邻晶粒发生塑性变形。

此外,当金属晶粒细小而均匀时,不仅常温下强度较高,而且通常具有较好的塑性和韧性,这是因为晶粒越细,在一定体积内的晶粒数目越多。在同样变形量下,变形分散在更多的晶粒内进行,晶粒内部和晶界附近的应变度相差较小,变形较均匀,相对来说,引起应力集中减小。使材料在断裂之前能 承受较大的变形量,所以可以得到较大的延伸率和断面收缩率。此外,晶粒越细,晶界越曲折,越不利于裂纹的传播,从而在断裂的过程中可以吸收更多的能量,表现出较高的韧性。

因此,在工业生产中,通常总是设法获得而均匀的晶粒组织是材料具有较高的综合机械性能。

$$2、\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-1/2}$$

$\sigma_s$ : 常温下晶粒的屈服强度       $\sigma_0$  : 晶内对变形的阻力大体相当于单晶体金属的屈服强度。

$K$ : 表征晶界对强度影响程度与结晶结构有关,与温度影响不大。

$d$ : 为多晶体中各晶粒的平均直径。

屈服强度是与滑移从先塑性变形的晶粒转移到相邻晶粒密切相关的,而这种转移能否发生,主要取决于在已滑移晶粒晶界附近的位错塞积群所产生的应力集中能否激发相邻晶粒滑移系中的位错源,使其开动起来,从而进行协调性的多滑移。根据与  $\tau = n\tau_0$  的关系式。应力集中  $\tau$  的大小决定于  $n$ ,  $n$  越大,则应力集中也就越大。当外加应力和其它条件一定时,位错数目  $n$  是引起塞积的障碍-境界到 位错源的距离成正比,晶粒越大,则这个距离越大,  $n$  也就越大。所以应力集中也就越大:晶粒小则  $n$  夜宵,应力集中也小。因此小晶粒的应力集中小,则血药较大的外加应力下才能使相邻晶粒发生塑性变形。





3、(1)合金浇注过程中增加了过冷度,并随之提高了形核率  $N/G$  的值也变大。另一方面,浇注过程中由于液态金属的流动,使成长的枝晶破碎,是晶核数目增加。结果使晶粒细化。

(2)当变形量很小时,由于储存能很小,不足以引起再结晶,故晶粒度不改变。当变形量达到某一数值时,再结晶的晶粒特别粗大,这样的变形度称为临界变形度。因为此时的变形量较小。形成再结晶核心较少,二生长速度却很大造成的。当变形量大于临界变形度后则晶粒逐渐细化,变形度越大,则晶粒越细小因为随变形度增加,储存能增大,从而导致再结晶形核率和长大速度都增加,单形核率增加大于长大速度的增加,故事再结晶后的晶粒变细。

(3)对扎、锻材相变重结晶时,运用其相变改变其组成相的成分,使其晶粒变小,组织均匀。

(4)不同的合金元素对晶粒的大小促进作用不同。有得可以促进其形核率,有得抑制其形成从而改变其晶粒的大小

#### 十、参考解析:

1、晶格:人们将阵点用直线连接起来形成的空间格子,称之为晶格。它的实质仍是空间点阵,通常不加以区别。

2、枝晶偏析:固溶体平衡结晶的结果,使前后从液相中结晶出的固相成分不同,再加上冷速较快,不能使成分扩散均匀,结果就是每个晶粒内部的化学成分很不均匀,先结晶的含高熔点组元较多后结晶的含低熔点较多,在晶粒内部存在着浓度差别,这种在一个晶粒内部化学成分不均匀的现象,称为晶内偏析。由于固溶体通常是树枝状,树干和树枝间的化学成分不同,所以又称枝晶偏析。

3、变质处理:是在浇注前往液态金属中加入形核剂(又称变质剂)促进形成大量的非均匀晶核来细化晶粒。

4、钢的淬透性:是指钢在淬火时获得马氏体的能力。

5、钢的奥氏体本质晶粒度:根据标准实验方法(YB27-64),在  $(930 \pm 10^\circ\text{C})$  保温 3~8h 后测得奥氏体晶粒大小称为本质晶粒度。

6、间隙化合物:当  $r_x/r_m > 0.59$  时,其结构复杂,称为间隙化合物。

7、纯铁的同素异晶转变:  $\alpha \rightarrow \Gamma$  转变  $(912^\circ\text{C})$ ,  $\Gamma \rightarrow \delta$  转变  $(1538^\circ\text{C})$





# 东北大学

## 1998 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理 (共100分) (共11页)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、 $\alpha$ -Fe 的晶格常数为 $a=0.286\text{nm}$ 。

- 1、指出其滑移面、滑移方向、滑移数目。
- 2、计算滑移面的面间距  $d$ 。
- 3、计算器滑移面的面密度 (单位面积中原子所占面积的分数)

### 二、某铁碳合金试棒锻后缓慢冷至室温, 经金相检验为含 7.6% 的网状二次渗碳体, 其余为粗片状珠光体。请回答:

- 1、据上述检测结果计算出该合金的碳化学成分, 并确定其钢号
- 2、已知铁素体硬度 80HB, 渗碳体硬度 800HB 试计算该试样的硬度。(超纲)
- 3、这样的钢材在切削加工前须进行怎样的预先处理, 请回答:
  - (1) 淬火加热温度应取什么温度范围? 并说明作此选择的理由。
  - (2) 淬火冷却采用什么介质和方法? 并说明理由。
  - (3) 淬火后回火应取多高温度? 此时回火作用是什么? 获得什么组织?

### 三、用位错理论简要解释固溶强化、晶界强化、形变强化、析出硬化的机理。并说明一定成分的钢具有马氏体组织为什么会比其他组织的强度、硬度高的多?

### 四、可利用霍尔佩奇公式表达晶粒大小对多晶体强度 $\sigma_s$ 的影响。请写出这一公式的表达式, 并说明各符号的物理意义。并回答在下述四个环节获得细晶的原理:





- (1) 在使金属与合金结晶的浇注过程;
- (2) 在金属与合金的变形与再结晶时;
- (3) 对轧、锻材相变重结晶时;
- (4) 在设计合金成分选择合金元素时;

**五、说明如下四例加热并随后急冷的目的：** 这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

- 1、45 钢在 830℃ 加热后水冷。
- 2、1Cr18Ni9Ti 钢在 1050℃ 加热之后水冷。
- 3、ZGMn13 钢 1100℃ 加热后水冷。
- 4、ZL201 在 515℃ 加热之后水冷。

**六、请分析 40CrNiMoA 钢中碳及合金元素的作用。说明该钢通常要进行什么最终热处理?适于制作什么机器零件?** 这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

**七、在生产实际中，一些铸、锻、焊钢件会出现魏氏组织。就此请回答：**

- 1、用简单语言描述钢中魏氏组织的金相形态。
- 2、说明魏氏组织的形成条件。
- 3、说明魏氏组织对钢的机械性能有何影响？如何消除？

## 试题答案

### 一、参考解析：

$\alpha$ -Fe 为体心立方晶体，晶格常数为  $a=0.286\text{nm}$

滑移面为  $\{110\}$

滑移方向为  $\langle 111 \rangle$

滑移数目为  $6 \times 2 = 12$

滑移面面间距为

$$d = 1/2 (a/\sqrt{h^2+k^2+L^2}) = 0.101\text{nm}$$





滑移面的面密度为

$$P=(4 \times 1/4 + 1)/a^2 \sqrt{2} = 17.29$$

## 二、参考解析:

$$1、W(\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}) = (x - 0.77)/(6.69 - 0.77) \times 100\% = 7.6\%$$

$$X = 1.22$$

所以碳含量为 1.22% 是 T12 过共析钢。

2、超纲

3、在加工前 应该先正火再球化退火。

(1) 淬火温度为 780℃ 左右对于过共析钢淬火加热温度为  $A_{c1} + (30 \sim 50^\circ\text{C})$ , 在这个温度区间, 这时淬火后的组织为均匀而细小的马氏体和颗粒状渗碳体及参与奥氏体的混合组织, 使钢具有高的强度、硬度和耐磨性, 而且也具有较好的韧性。

(2) 冷却介质为水 因为这样可以获得所需要的马氏体组织, 提高材料强度、硬度等性能。

(3) 回火温度为 150~250℃ 回火获得回火马氏体 提高其材料耐磨性

## 三、参考解析:

1、固溶强化: 过饱和的间隙原子在  $\alpha$  相晶格中造成晶格的正方畸变, 形成一个强烈的应力场。该应力场与位错发生强烈的交互作用, 阻碍位错的运动, 进而提高了材料的强度。

2、细晶强化: 当外加应力和其他条件一定时, 位错数目  $n$  是与引起塞积的障碍境界到位错的距离成正比, 晶粒越大, 则应力集中也就越大。大晶粒的位错塞积所称的应力集中激发相邻晶粒发生塑性变形的机会比小晶粒要大的多。

3、形变强化: 技术在徐行变形中由于应力的作用而使位错不断增殖, 同时晶粒的碎化也将产生大量位错, 因此, 随着变形量增加, 晶体中的位错密度迅速提高。此外变形亚晶的出现对滑移过程的进行有巨大阻碍作用。

4、析出强化: 固溶体内的第二相质点析出在间界运动位错之间产生的相互作用导致位错运动困难, 并且屈服强度的提高。

5、马氏体强化的原因主要有以下四个方面

(1) 固溶强化; (2) 相变强化; (3) 时效强化; ; (4) 晶界强化。

## 四、参考解析:

$$\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{1/2}$$





$\sigma_s$ : 常温下晶粒的屈服强度。  $\sigma_0$  : 晶内对变形的阻力大体相当于单晶体金属的屈服强度。  $K$ : 表征晶界对强度影响程度与结晶结构有关, 与温度影响不大。  
 $d$ : 为多晶体中各晶粒的平均直径。

(1) 合金浇注过程中增加了过冷度, 并随之提高了形核率  $N/G$  的值也变大。另一方面, 浇注过程中由于液态金属的流动, 使成长的枝晶破碎, 是晶核数目增加。结果使晶粒细化。

(2) 当变形量很小时, 由于储存能很小, 不足以引起再结晶, 故晶粒度不改变。当变形量达到某一数值时, 再结晶的晶粒特别粗大, 这样的变形度称为临界变形度。因为此时的变形量较小。形成再结晶核心较少, 二生长速度却很大造成的。当变形量大于临界变形度后则晶粒逐渐细化, 变形度越大, 则晶粒越细小因为随变形度增加, 储存能增大, 从而导致再结晶形核率和长大速度都增加, 单形核率增加大于长大速度的增加, 故事再结晶后的晶粒变细。

(3) 对扎、锻材相变重结晶时, 运用其相变改变其组成相的成分, 使其晶粒变小, 组织均匀。

(4) 不同的合金元素对晶粒的大小促进作用不同。有得可以促进其形核率, 有得抑制其形成从而改变其晶粒的大小

## 七、参考解析:

从奥氏体晶界上生长出来的铁素体或渗碳体近乎平行, 呈羽毛状或呈三角形状期间存在着珠光体的组织。

条件: 质量分数小于  $w(c) = 0.6\%$  的亚共析钢或含碳量大于  $w(c) = 1.2\%$  的过共析钢由高温以较快速度冷却时。

魏氏组织形成与钢中含碳质量分数, 奥氏体晶粒度及奥氏体冷却速度 (转变温度) 有关。奥氏体晶粒越粗大越容易形成魏氏组织, 所以魏氏组织最容易出现在过热钢中。经锻造、热轧、焊接的中低碳钢中晶粒往往很粗大。空冷之后容易出现。

危害: 使钢的机械性能尤其是塑性和冲击韧性显著降低, 还会使脆性转折温度升高。

方法: 采用细化晶粒的正火, 退火以及锻造等。如果成度严重还可以采用二次正火。





# 东北大学

## 1999 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理 (共100分)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释 (16 分)

- 1、枝晶偏析;
- 2、伪共晶;
- 3、淬透性;
- 4、间隙相;
- 5、多滑移;
- 6、再结晶;
- 7、回火脆性;
- 8、变质处理;

### 二、填空 (20 分)

1、 $\alpha$ -Fe 的配位数 \_\_\_\_\_ 原子堆垛顺序 \_\_\_\_\_ 滑移面、滑移方向 \_\_\_\_\_ 其任意两个滑移系 \_\_\_\_\_

2、影响置换固溶体溶解度的主要因素有 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_

3、钢淬火成马氏体造成强化的原因有 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_

4、4%Al-Cu 合金时效的基本过程是 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_

5、冷变形金属回复的实质是 \_\_\_\_\_ 其驱动力为 \_\_\_\_\_ 再结晶的实质是其驱动力为 \_\_\_\_\_ 晶粒长大的驱动力为 \_\_\_\_\_

6、低碳马氏体显微组织形貌为 \_\_\_\_\_ 其亚结构为 \_\_\_\_\_ 高碳马氏体显微组织为 \_\_\_\_\_ 其亚结构为 \_\_\_\_\_。

7、固态相变的特点是: (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。





- 8、淬火钢回火时的转变为：(1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。
- 9、马氏体的惯习面随含碳量的变化可分为(1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。
- 10、碳量低于 1.4% 的碳钢马氏体相变时，其马氏体与奥氏体的取向关系为 \_\_\_\_\_，而碳量高于 1.4% 时，其取向关系为 \_\_\_\_\_。

### 三、今有 T10A 钢的锻坯，锻后缓冷至室温。

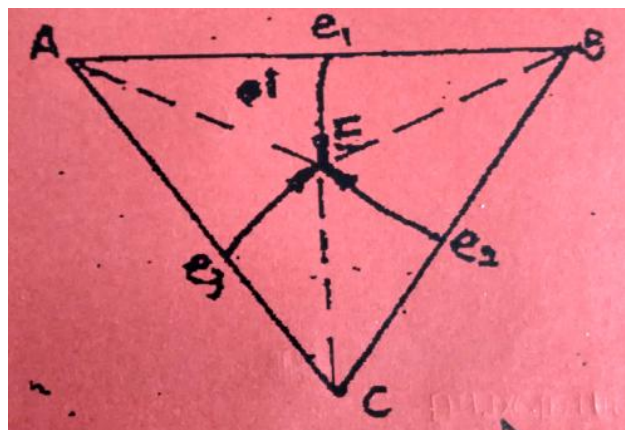
- 1、该坯料室温相组成物及组织组成物各是什么？
- 2、说明该钢铸态及锻后组织各有何特点？
- 3、用此锻坯制作冲压模具，从锻造到成品期间要经过哪些热处理？热处理的目的各是什么？
- 4、该模具最终热处理后的组织是什么？这组织有何特点？

### 四、(20 分) 下列钢种各位何种钢？最终热处理为何？并讨论给定

合金元素在钢中的作用？（这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）

- 1、Cr 和 Ti 在 1Cr18Ni9Ti 及 20CrMnTi 钢中；
- 2、Mn 在 ZGMn13 及 60Si2Mn 钢中；
- 3、Mo 在 40CrMnMo 及 W6Mo5Cr4V2

### 五、(9) 三元相图投影图如图



- 1、用图中字母表示出液相面及固相面。
- 2、写出图中的三相转变与四相转变。





3、讨论合金 I 的平衡结晶过程，计算合金 I 室温平衡条件下相组成物及组织组成物相对量。

六、（10 分）就本科所学知识，综合分析金属材料强化方法有哪些？其强化原因是什么？

### 试题答案

#### 一、名词解释

参考解析：

1、枝晶偏析：固溶体不平衡结晶的结果，是先后结晶出的固相与母相成分不同，又加上冷速较快，使其成分扩散不均匀。先结晶出的含高熔点组元较多，后结晶的含低熔点组元较多。这种在一个晶粒内部化学成分不均匀的现象称为晶内偏析。固溶体结晶通常是树枝状，树干和枝间化学成分不同，故又称为枝晶偏析。

2、伪共晶：不平衡结晶时，成分在共晶点附近的亚共晶合或过共晶合金，可能得到全部的共晶组织，这种非共晶成分的合金所得到的共晶组织称为伪共晶。

3、淬透性：钢淬火后形成与马氏体的能力，其大小通常用在一定条件下淬火所得马氏体淬透层的深度来表示。与临界冷却淬透层和过冷奥氏体的稳定性有关。

4、间隙相：过渡族金属能与原子甚小的非金属元素氢、碳、氮、硼等形成化合物，他们具有金属的性质、很高的熔点和极高的硬度。根据非金属元素（以 X 表示）与金属元素（以 M 表示）原子半径的比值，可将其分为两类：当  $r_X / r_M < 0.59$  时候，化合物具有比较简单的晶体结构，称为间隙相。（答案出处：金属学与热处理原理第 1 章第 3 节 24 页。）

5、多滑移：在两个或更多的滑移系上进行的滑移称为多系滑移，简称多滑移，其产生的滑移带常常呈交叉状。对于滑移系多的晶体来说，起始滑移首先在取向最有利的滑移系中进行，但由于晶体转动的结果，其它滑移系中的分切应力有可能达到足以引起滑移的临界值，于是滑移过程将在两个或多个滑移系中同时或交替进行，如果外力轴方向合适，滑移一开始就可以在一个以上的滑移系上同





时进行。

6、再结晶：冷变形金属在被加热到适当温度时，在变形组织内部新的无畸变的等轴晶粒逐渐取代变形晶粒，而使形变强化效应完全消除的过程。

7、回火脆性：淬火钢回火时随着回火温度的升高，冲击韧度并不总是随回火温度的升高单调的增大，在一定的温度范围内回火时，其冲击韧度显著下降，这种脆化现象叫钢的回火脆性。在 250-400 摄氏度的为第一类回火脆性，在 450-650 摄氏度的为第二类回火脆性。

8、变质处理：变质处理就是向金属液体中加入一些细小的形核剂（又称为孕育剂或变质剂），使它在金属液中形成大量分散的人工制造的非自发晶核，从而获得细小的晶粒，达到提高材料性能的目的。

## 二、填空（20 分）

参考解析：

- 1、8、ABABAB...、 $\{111\}$ 、 $\langle 111 \rangle$ 、 $(\bar{1}\bar{1}0) \times (111)$ 、 $(\bar{1}\bar{1}0) \times (\bar{1}\bar{1}1)$ 。
- 2、原子尺寸因素、电负性、电子浓度、晶体结构。
- 3、固溶强化、相变强化、时效强化、细晶强化。
- 4、形成 G.P.I 区、G.P.II 区的形成、 $\theta$  相的形成、平衡相的形成。
- 5、亚结构性能变化、储存能、无畸变晶粒取代全部组织、储存能、界面能。
- 6、板条、位错、片状、孪晶。
- 7、相变阻力大，具有应变能、新相晶核与母相晶核存在着一定的位向关系、母相晶体缺陷对相变起促进作用、易于出现过度相。
- 8、马氏体中的碳偏聚、马氏体分解、残余奥氏体转变、碳化物的转变、渗碳体的长大和  $\alpha$  相的回复再结晶。
- 9、 $\{111\}_\gamma$ 、 $\{225\}_\gamma$ 、 $\{259\}_\gamma$
- 10、 $\{110\}_\alpha // \{111\}_\gamma \langle 111 \rangle_\alpha // \langle 110 \rangle_\gamma$ 、 $\{110\}_\alpha // \{111\}_\gamma \langle 110 \rangle_\alpha // \langle 211 \rangle_\gamma$

## 三、参考解析：

- 1、T10A 属于高级优质工具钢，含碳量为 1%，属于过共析钢，其平衡组织





为珠光体和二次渗碳体。

2、铸态组织中有粗大的树枝晶，气孔夹杂的缺陷，甚至有大的块状共晶，经锻造后将树枝晶打碎、大块共晶组织破碎、气孔得到焊合夹杂物均匀分布，使得晶粒细化，组织均匀。

3、球化退火、淬火加低温回火。球化退火目的：是使钢中的碳化物球化，获得球状珠光体的一种热处理工艺，它实际上是不完全退火的一种。球化退火主要应用于共析钢、过共析钢和合金工具钢。其目的是为了降低硬度、改善切削加工性能，以及获得均匀的组织，改善热处理工艺性能，为以后的淬火作组织准备。淬火和回火是模具钢或模具零件强化的主要手段。钢大部分是淬火高碳钢和淬火高合金钢。经低温回火后得到回火马氏体，具有很高的强度、硬度和耐磨性，同时显著降低了钢的淬火应力和脆性。冷冲压、冷镦、冷挤压模具，需要相当高的硬度和耐磨性，常采用低温回火。

4、回火马氏体，具有很高的强度硬度和耐磨性，同时显著降低了钢的淬火应力和脆性。

## 五、参考解析：

1、图中液相面： $Ae_1Ee_3A$ 、 $Be_1Ee_2B$ 、 $Ce_3Ee_2$  固相面： $A_1B_1C_1$

2、三相转变： $A \rightarrow B+C$ 、四相转变： $L \rightarrow A+B+C$

3、合金 1 自液态冷却至液相面时，开始结晶出初晶 A。随着温度不断降低，A 晶体的数量不断增加，液相数量不断减少，由于 A 晶体的成分固定不变，根据直线法则，液相的成分由点 1 沿  $A_1$  的延长线不断变化。当液相的成分变化到  $Ee_1$  线相交的点 m 时，开始发生二元共晶转变： $A \rightarrow B+C$ 。随着温度降低，二元共晶体 (A+B) 逐渐增多，同时液相成分沿着  $Ee_1$  变化。当液相的成分变化至 E 点时，发生四相平衡三元共晶转变  $L \rightarrow A+B+C$ ，直至液相全部消失为止。随后温度继续降低，组织不再发生变化。

合金 1 在三元共晶转变结束后进入 A+B+C 三相区，这三个相的质量分数可分别用重心法则求出：

$$\omega(A) = \frac{1a_1}{Aa_1} \times 100\%、\omega(B) = \frac{1b_1}{Bb_1} \times 100\%、\omega(C) = \frac{1c_1}{Cc_1} \times 100\%$$





合金组织组成物的质量分数，可以利用杠杆定律求出。当液相的成分刚打到二元共晶线  $Ee_1$  上的  $m$  点时，初晶  $A$  的质量分数为：

$$\omega(A) = \frac{lm}{Am} \times 100\%$$

当液相成分达到  $E$  点刚要发生三元共晶转变时，剩余的液相可以利用杠杆定律求出，然后这部分液相随即发生三元共晶转变，形成三元共晶组织。因此这部分液相的质量分数也就是三元共晶体 ( $A+B+C$ ) 的质量分数，即

$$\omega(A+B+C) = \frac{lg}{Eg} \times 100\%$$

二元共晶体的质量分数为：

$$\omega(A+B) = \left(1 - \frac{lm}{Am} - \frac{Og}{Eg}\right) \times 100\%$$

## 六、参考解析：

金属材料强化方法一般有形变强化、固溶强化、第二相强化、细晶强化等。

(1) 形变强化：随变形程度增加，材料的强度硬度升高，塑性韧性下降的现象叫形变强化。其机理为：随变形的进行，位错密度不断增加，因此位错在运动时的相互交割加剧，结果就产生固定的割阶、位错缠结等障碍。

(2) 固溶强化：随溶质原子含量增加，固溶体的强度硬度升高，塑性韧性下降的现象称为固溶强化。强化机理：一是溶质原子的溶入，使得固溶体的晶格发生畸变，对滑移面上运动的位错有阻碍作用，二是位错线上偏聚的溶质原子形成的柯氏气团对位错起钉扎作用，增加了位错运动的阻力，三是溶质原子在层错区的偏聚阻碍扩展位错的运动。

(3) 第二相强化：钢中第二相的形态主要有三种，网状，片状，粒状。

强化机理：片状和粒状都是越细小，分布越均匀，对位错的阻碍越大，强化效果越好。网状一般降低强度。

(4) 细晶强化：随晶粒尺寸减小，材料的强度硬度升高，塑性韧性也得到改善的现象。强化机理：由霍尔佩奇公式  $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$  可知：金属材料常温下的屈服强度随其晶粒细化而提高。用此公式可解释细晶强化的特点。





在多晶体中，屈服强度是与滑移从先塑性变形的晶粒转移到相邻晶粒密切相关的，而这种转移能否发生，主要取决于在以滑移晶粒晶界附近的位错塞积群所产生的应力集中能否激发相邻晶粒滑移系中的位错源，使其开动起来，从而进行协调性的多滑移。根据  $\tau = n\tau_0$  的关系式，应力集中  $\tau$  的大小决定于塞积群的位错数目  $n$ ， $n$  越大，则应力集中也越大。当外加应力和其他条件一定时，位错数目  $n$  是与引起塞积的障碍——晶界到位错源的距离成正比。晶粒越大，则这个距离越大， $n$  也就越大，所以应力集中也就越大；晶粒小， $n$  也小，应力集中也小。因此，在相同外加应力下，大晶粒的位错塞积所造成的应力集中激发相邻晶粒发生塑性变形的机会比小晶粒要大得多。小晶粒的应力集中小，则需要再较大的外应力下才能使相邻晶粒发生塑性变形。这就是为什么晶粒越细、屈服强度越高的主要原因。

另外，当金属晶粒细小而均匀时，不仅常温下强度较高，而且通常具有较好的塑性。这是因为晶粒越细，在一定体积内的晶粒数目越多，在相同变形量下，变形分散在更多晶粒内进行，晶粒内部和晶界附近的应变度相差较小，变形较均匀，相对来说，引起应力集中较小。使材料在断裂之前能承受较大的变形量，所以可以得到较大的延伸率和断面收缩率。此外，晶粒越细，晶界越曲折，越不利于裂纹的传播，从而在断裂过程中可以吸收了更多的能量，表现出较高的韧性。

因此，在工业生产中通常总是设法获得细小而均匀的晶粒组织，使材料具有较高的综合机械性能。





材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

# 东北大学

## 2000 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理 (共100分)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、填空 (20 分)

- 1、 $\gamma$ -Fe 单胞中原子数为\_\_\_\_\_八面体间隙数为\_\_\_\_\_原子堆垛顺序为\_\_\_\_\_滑移面及滑移方向为\_\_\_\_\_。
- 2、钢发生马氏体相变时, 强化的原因主要有 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。
- 3、淬火钢回火转变可分为 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。
- 4、冷变形金属回复的实质是 其驱动力是 再结晶实质是 其驱动力是 晶粒长大的驱动力是
- 5、低碳马氏体显微组织形貌是 其亚结构 高碳马氏体显微组织是 其亚结构为
- 6、影响扩散系数的因素有 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。(超纲)
- 7、马氏体惯习面随含碳量变化可分为 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_。
- 8、金属材料强化方法有 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。
- 9、金属材料韧化方法有 (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_ (3) \_\_\_\_\_ (4) \_\_\_\_\_。

### 二、解释下列名词 (16 分)

- 1、相起伏
- 2、伪共晶
- 3、淬透性
- 4、回火稳定性
- 5、枝晶偏析
- 6、回火屈氏体





7、再结晶

8、魏氏组织

### 三、简答题（20 分）

今有含碳量 3.5% 的铁碳合金平衡冷至室温。

1、计算该合金室温平衡条件下相组成物的相对量。

2、计算该合金室温平衡条件下组织组成物的相对量。

3、若该合金熔炼时向液相中加入适量的硅铁，同时加入球化剂，可产生球墨铸铁，若生产牌号为 QT-120-1 的汽车，拖拉机传动齿轮。请回答：(这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

(1) 合金熔炼时加入球化剂有哪些？

(2) 铸体至成品要经过哪些热处理，目的为何？

四、（8 分）用 W18Cr4V 钢制造切削刀具的加工工艺如下：(这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

下料 → 锻造 → 退火 → 机加工 → 淬火 → 回火

请回答：(1) 锻造、退火、淬火、回火目的为何？

(2) 该钢锻造、退火淬火及回火组织各是什么？

(3) 其热处理特点是什么？

五、（17 分）下列钢种为何种钢，最终热处理为何？讨论合金元素

在钢中的作用？(这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

1、40Cr

2、0Cr18Ni9Ti

3、50CrVA

4、9SiCr

5、ZGMn13

6、16Mn





## 六、三元相图投影图如图；

- 1.指出图中固相面；
- 2.指出各相区域四相平衡的连接关系；
- 3.写出图中三相转变和四相转变反应式；
- 4.讨论合金 1 平衡结晶过程，并计算合金 1 平衡冷至室温相组成物及组织组成物的相对量。

## 七、讨论低合金高强度钢细化晶粒的方法有哪些？低合金高强度钢发

展趋势是什么？（这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）

## 试题答案

### 一、填空（20 分）

10、 $\gamma$ -Fe 单胞中原子数为 4 八面体间隙数为 4 原子堆垛顺序为 ABC 滑移面及滑移方向为 {111}、[110]。

11、钢发生马氏体相变时，强化的原因主要有（1）固溶强化（2）时效强化（3）形变强化（4）相变强化。

12、淬火钢回火转变可分为（1）马氏体分解（2）残余奥氏体分解（3）马氏体分解完成和渗碳体的形成（4）固溶体的再结晶与渗碳体的聚集长大。

13、冷变形金属回复的实质是冷变形金属在低温加热时，其显微组织无可见变化，但其物理、力学性能却部分恢复到变形以前的过程。其驱动力是 弹性畸变能再结晶实质是 形核和长大的过程；其驱动力是 形变储存能；晶粒长大的驱动力是 新晶粒与周围畸变母体之间的应变能差；

14、低碳马氏体显微组织形貌是 板条马氏体束和束群 其亚结构 高密度的位错 高碳马氏体显微组织是 片状马氏体 其亚结构为 孪晶；

15、影响扩散系数的因素有（1）温度（2）晶体结构（3）原子半径（4）扩散机制。

（超纲）

16、马氏体惯习面随含碳量变化可分为（1）{111}（2）{225}（3）{259}。





17、金属材料强化方法有 (1) 固溶强化 (2) 细晶强化 (3) 位错强化 (4) 弥散强化。

18、金属材料韧化方法有 (1) 熔炼铸造韧化 (2) 压力加工韧化 (3) 热处理韧化。

## 二、解释下列名词 (16 分)

9、相起伏:液态金属中规则排列的原子集团时聚时散的现象叫做相起伏,又叫结构起伏。

10、伪共晶:在不平衡的结晶条件下,成分在共晶点附近的合金全部转变成共晶组织,这种非共晶成分的共晶组织称为伪共晶。

11、淬透性:指钢在淬火时获得马氏体的能力。由钢的表面量到钢的半马氏体区组织处的深度表征。

12、回火稳定性:淬火钢在回火时,抵抗强度、硬度下降的能力称为回火稳定性。

13、枝晶偏析:由于冷却速度较快,使液相中的原子来得及扩散而固相中的原子来不及扩散。以至于固溶体先结晶中心和后结晶部分成分不同,成为晶内偏析。而金属的结晶多以枝晶方式长大,所以这种偏析多呈树枝状,先结晶的枝轴与后结晶的枝间成分不同,又称为枝晶偏析。

14、回火屈氏体:回火温度为 350~500 摄氏度,由马氏体在低于珠光体形成温度时分解而得到铁素体基体与大量弥散分布的细粒状渗碳体的混合组织,叫做回火屈氏体,也叫极细珠光体。即碳化物和  $\alpha$ -相的混合物。

15、再结晶:当退火温度足够高、时间足够长时,在变形金属或合金的显微组织中,产生无应变的新晶粒——再结晶核心,新晶粒不断长大,直至原来的变形组织完全消失,金属或合金的性能也发生显著变化,这一过程称为再结晶。

16、魏氏组织:在奥氏体晶粒较粗大,冷却速度适宜时,钢中的先共析相以针片状形态与片状珠光体混合存在的复相组织。

## 三、简答题 (20 分)

今有含碳量 3.5% 的铁碳合金平衡冷至室温。

1 计算该合金室温平衡条件下相组成物的相对量。

$$\alpha\% = (6.69 - 3.5) / (6.69 - 0.01) * 100\% = 47.8\%$$

$$Ld\% = (3.5 - 2.11) / (4.3 - 2.11) * 100\% = 63.5\%$$





$$\Gamma\% = 1 - Ld\% = 36.5\%$$

2 计算该合金室温平衡条件下组织组成物的相对量。

$$P\% = 1 - \alpha\% = 52.2\%$$

$$Fe_3C\% = (6.69 - 2.11) / (6.69 - 0.77) * 36.5\% = 28.2\%$$

$$Ld\% = 63.5\%$$

3、若该合金熔炼时向液相中加入适量的硅铁，同时加入球化剂，可产生球墨铸铁，若生产牌号为 QT-120-1 的汽车，拖拉机传动齿轮。请回答：(这种题复试的时候会出，不在初试考纲范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题)

(1) 合金熔炼时加入球化剂有哪些？

镁、稀土、稀土硅镁合金。

(2) 铸体至成品要经过哪些热处理，目的为何？

## 六、参考解析：

参见其他年份三元相图







材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

# 东北大学

## 2001 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释

#### 1、晶格:

**参考解析:** 将金属晶体的实际原子抽象为点阵, 将这些点阵人为的连起来形成的空间格子称为晶格。

#### 2、间隙相:

**参考解析:** 过渡族金属能与原子甚小的非金属元素氢、碳、氮、硼等形成化合物, 他们具有金属的性质、很高的熔点和极高的硬度。根据非金属元素 (以 X 表示) 与金属元素 (以 M 表示) 原子半径的比值, 可将其分为两类: 当  $r_X / r_M < 0.59$  时候, 化合物具有比较简单的晶体结构, 称为间隙相。(答案出处: 金属学与热处理原理第 1 章第 3 节 24 页。)

#### 3、相起伏:

**参考解析:** 处于时聚时散, 此起彼伏, 不断运动着的短程有序原子集团称为相起伏。

#### 4、枝晶偏析:

**参考解析:** 一个晶粒内部化学成分不均匀的现象, 称为晶内偏析, 由于固溶体结晶通常为树枝状, 枝干和枝间化学成分不同, 故晶内偏析又叫做枝晶偏析。是由于不平衡结晶以及冷速过快导致的。

#### 5、第二类回火脆性:

**参考解析:** 在回火时由于 C、N 等杂质原子向晶界处偏聚而增大其晶界脆性的一种现象。

#### 6、再结晶:





**参考解析：**冷变形金属加热到再结晶温度以上，在变形基体上产生新的无畸变的晶粒，并迅速长大成无畸变的等轴晶，并取代全部的变形组织的过程。

7、粒状贝氏体；

**参考解析：**在低碳或中碳合金钢中，于上贝氏体转变区上限温度范围内形成的贝氏体，其组织特征为粗大的块状或针状铁素体内或晶界上分布着一些孤立额小岛，呈粒状，很不规则。

8、成分过冷；

**参考解析：**界面前沿液体中的实际温度低于由溶质分布所决定的凝固温度时产生的过冷。

## 二、简答题

1、 $\alpha$ -Fe 单胞晶格常数为  $a$ ，求其八面体空隙半径，单胞中八面体空隙的个数、 $(110)$  面间距、 $(110)$  上的两个滑移系。

**参考解析：** $\alpha$ -Fe 为体心立方结构，其原子半径为  $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ 、 $r_{\text{间隙}} = \frac{a}{2} - \frac{\sqrt{3}}{4}a = 0.067a$ 、  
间隙个数为 6 个。 $(110)$  面间距： $H = \frac{a}{\sqrt{1+1+0}} = \frac{a}{\sqrt{2}}$ 、 $(110)$  上的两个滑移

系分别为： $(\bar{1}10) \times (111)$ 、 $(1\bar{1}0) \times (\bar{1}\bar{1}1)$ 。

关于面间距计算应记住如下公式：

体心立方	指数和为奇数	$H = \frac{1}{2} \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$
	指数和为偶数	$H = \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$
面心立方	指数不全为奇数	$H = \frac{1}{2} \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$
	指数全为奇数	$H = \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$

2、过冷度在液态金属结晶中的作用；





**参考解析：**（1）是液态金属的热力学条件，由于有过冷度使得固相的自由能低于液相自由能，从而使得液相向固相转变成为可能，即提供了形核所需的驱动力。对结晶晶体形貌的影响。对于纯金属来说，其微观界面为粗糙界面、在正温度梯度为平面生长，但在有过冷度即负温度梯度时，其生长界面为树枝状。对于固溶体来说，由于成分过冷的原因，在正温度梯度下，可能呈胞状成长或树枝状成长。产生不平衡结晶的现象，造成枝晶偏析，区域偏析等缺陷，过冷度极大时可形成金属玻璃。

过冷度的增加可以增加金属结晶时的形核率，从而细化晶粒。过冷度越大，临界形核功越低，临界晶核半径越小，晶粒组织越细。

### 3.二元相图各类恒温转变类型有哪些？反应式为何？

**参考解析：**

共晶型	反应类型	包晶型	反应类型
$L \rightarrow \alpha + \beta$	共晶反应	$L + \alpha \rightarrow \beta$	包晶反应
$\gamma \rightarrow \alpha + \beta$	共析反应	$\alpha + \beta \rightarrow \gamma$	包析反应
$L_1 \rightarrow L_2 + \alpha$	偏晶反应	$L_1 + L_2 \rightarrow \alpha$	合晶反应
$\gamma \rightarrow L + \alpha$	熔晶反应		

### 4.含碳量对过冷奥氏体等温转变曲线有何影响？

**参考解析：**

（1）含碳量越高， $M_s$  点越低。

对于亚共析钢来说，含碳量升高，珠光体转变部分右移，对于共析钢、过共析钢来说，含碳量增加，珠光体转变部分左移。

贝氏体部分随着含碳量的增加都向右移动。

### 5.马氏体相变强化原因有哪些？马氏体惯习面与含碳量有何关系？

**参考解析：**马氏体转变时，在晶体内造成晶格缺陷密度很高的亚结构，如板条马氏体中高密度位错、片状马氏体中的孪晶等。这些缺陷都将阻碍位错运动，使得马氏体强化，这就是所谓的马氏体相变强化。

$\omega(c) < 0.5\%$  时，惯习面为  $\{111\}_\gamma$ 。





$\omega(c)$  为 0.5~1.4% 时, 惯习面为  $\{225\}_\gamma$ 。

$\omega(c) > 1.4\%$  时, 惯习面为  $\{259\}_\gamma$ 。

## 6. 金属经冷加工变形后, 其组织与性能发生了哪些变化?

**参考解析:** 组织: (1) 显微组织发生变化, 出现形变亚晶。

亚结构的细化, 出现形变亚晶。

出现变形组织, 拉拔时出现丝织构, 轧制时出现板织构。

产生残余应力, 宏观内应力、微观内应力以及点阵畸变等。

性能: 机械性能的影响: 产生加工硬化, 即强度硬度提高而塑性韧性下降的现象。

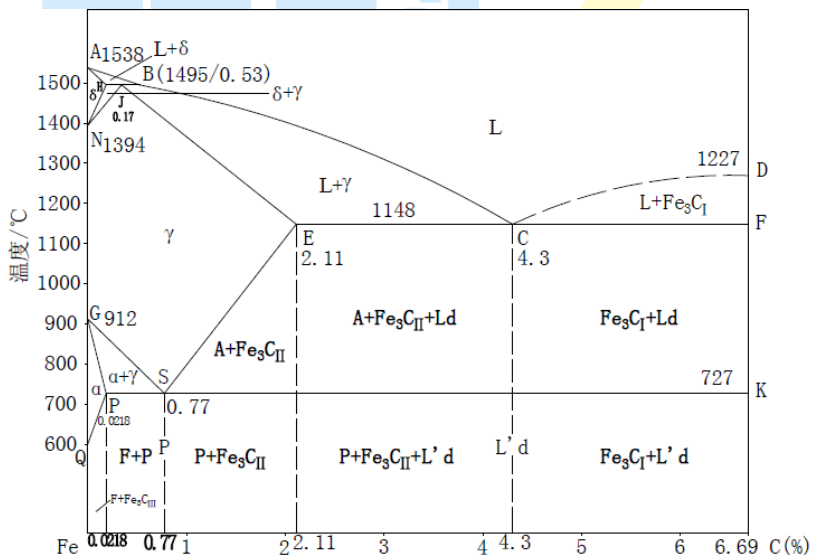
物理化学性能: 比电阻增加, 电阻温度系数下降, 导热系数也略有下降。磁导率磁饱和度下降, 但磁滞和矫顽力增加。腐蚀速度加快, 扩散速度加快。

## 三、铁碳二元相图

1. 讨论含碳量  $\omega(c) = 1.2\%$  的铁碳合金从液相到室温的平衡结晶过程。计算该合金室温平衡条件下相组成物与组织组成物的相对量、画出室温时组织示意图。

2. 分析含碳量对碳钢组织与性能有何影响?

**参考解析:** 合金在 1~2 按云景转变为单相奥氏体。当冷至点 3 与 ES 线相遇时, 开始析出二次渗碳体, 直到点 4 位置。这种先共析渗



碳体一般沿着奥氏体晶界呈网状分布, 由于渗碳体的析出, 奥氏体中的含碳量沿 ES 线变化, 当温度降到点 4 时 (727℃), 奥氏体的含碳量正好达到  $w(c) = 0.77\%$ , 在恒温下发生共析转变成珠光体。因此过共析钢的室温平衡组织为珠光体和二次渗碳体。

## 四、三元相图









材料人  
Cailiaoren.com



材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

$$\omega(B) = \frac{B_1}{BB_1}, \quad \omega(A+B+C) = \frac{1g}{Eg}, \quad \omega(A+B) = 1 - \frac{Om}{Am} - \frac{Og}{Eg} \times 100\%$$

三相转变反应式:  $L \rightarrow B+C$ 、 $L \rightarrow B+C$ 。

四相转变反应式:  $L \rightarrow A+B+C$



材料人  
Cailiaoren.com





# 东北大学

## 2002 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理原理

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释 (16 分)

- 1、间隙相    2、相起伏    3、枝晶偏析    4、成分过冷    5、多滑移    6、回火稳定性 (超钢)
- 7、淬透性    8、二次硬化 (超钢)

### 二、填空 (10 分)

- 1、低碳马氏体显微组织为\_\_\_\_\_, 其亚结构为\_\_\_\_\_
- 高碳马氏体显微组织为\_\_\_\_\_, 其亚结构为\_\_\_\_\_
- 2、马氏体惯习面随含碳量不同可分为: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_。
- 3、冷变形金属回复的实质是\_\_\_\_\_, 其驱动力为\_\_\_\_\_, 再结晶的实质是\_\_\_\_\_, 其驱动力为\_\_\_\_\_。晶粒长大驱动力为\_\_\_\_\_。
- 4、钢发生马氏体相变时, 强化原因有\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_。
- 5、淬火钢回火相变可分为\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_。

### 三、计算 (10 分)

已知,  $\alpha\text{-Fe}$  的晶格常数  $a=0.286\text{nm}$

求, 1. 计算  $\alpha\text{-Fe}$  单胞八面体空隙半径及八面体空隙位置个数。

2. 计算  $\alpha\text{-Fe}$  滑移面的面间距, 并写出任意二组滑移系





3. 计算  $\alpha$ -Fe 滑移面的面密度（单位面积中原子所占面积和分数）

4. 指出  $\alpha$ -Fe 的原子堆垛顺序。

#### 四、铁碳相图（20 分）

某铁碳合金试棒锻后缓慢冷至室温，经金相检验为含 9.6% 的网状二次渗碳体，其余为粗片状珠光体。请回答

1. 根据上述检验结果，并计算该合金的含碳量。确定其钢号。

2. 计算该合金室温下相组成物的相对量？

3. 举一例说明该合金的用途，该合金从锻造至成品要经哪些热处理。这些热处理目的为何？

4. 该合金成品。最终组织为何？热处理后此产物产生的缺陷有哪些？

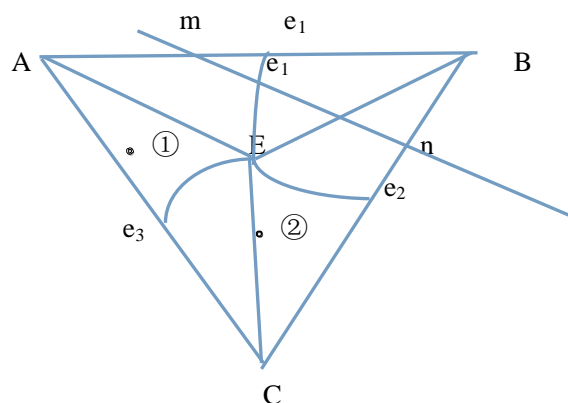
#### 五、三元相图投影图如图（15 分）

1. 讨论合金①和合金②平衡结晶过程

2. 计算合金①室温平衡条件下晶相组成物与组织组成物的相对量（计算时如需要可增加必要字母和辅助线）

3. 若题中： $T_A > T_B > T_C > T_{E_1} > T_{E_2} > T_{E_3} > T_E$ 。作出  $t = t_{E_2}$  的等温截面图。

4. 作出过 mn 的变温截面图。



六、分析下列各为何种钢。最终热处理为何、合金元素作用是什么？

（21 分）（这种题复试的时候会出，不在初始范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，

那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）

1、16MnNb

2、4CrNiMo

3、50CrVA





4、W18Cr4V

5、1Cr18Ni9Ti

6、GCr15SiMn

**七、试述低合金高硬度钢（含微合金化钢）近年来在冶金学领域有哪些显著成就；其发展趋势是什么？（8分）**（这种题复试的时候会出，不在初始范围内，这年的题参考书是第二版的金属学与热处理，那本书有合金钢那一章节，等复试的时候可以看看这个题）

## 试题答案

### 一、名词解释（16分）

1.间隙相：过渡族金属能与原子半径甚小的非金属元素和碳，氮、氢、硼等结合生成化合物。具有较低的熔点和极高的硬度。并具有金属特性，按非金属（ $p_x$ 表示）与金属原子（以  $mf$  表示）的比值不同，将其分为两类，一类是原子半径比 $<0.59$ 时形成具有简单结构的化合物，称为间隙相。

2.相起伏：即结构起伏，短程有序的原子集团，并不是静止不动的，他们瞬时形成，瞬时消失，处于不断变化之中。这种短程有序的原子集团时聚时散，不断变化的现象称为相起伏。

3.枝晶偏析：固溶体不平衡结晶的结果，是先后结晶出的固相与母相成分不同，又加上冷速较快，使其成分扩散不均匀。先结晶出的含高熔点组元较多，后结晶的含低熔点组元较多。这种在一个晶粒内部化学成分不均匀的现象称为晶内偏析。固溶体结晶通常是树枝状，树干和枝间化学成分不同，故又称为枝晶偏析。

4.成分过冷：已凝固的晶体的固液界面前沿一定范围内的液相成分不同，随距界面的距离的增加，其平衡结晶温度升高，实际温度低于平衡结晶温度。这个差值称为过冷度，这种由成分变化引起的过冷称为成分过冷。

5.多滑移：对于具有多组滑移系的晶体起始滑移首先在取向最有利的滑移系中进行，但是由于晶体转动的结果，其他滑移系中的分切应力有可能达到足以引起滑移的临界值。于是滑移过程将在两个或两个以上滑移系中同时或交替地进行。如果外力轴的方向合适，滑移一开始就可以在两个或多个滑移系中同时进行。多滑移时产生的滑移带通常呈交叉状。

7.淬透性：钢淬火后形成马氏体的能力，其大小通常用在一定条件下淬火

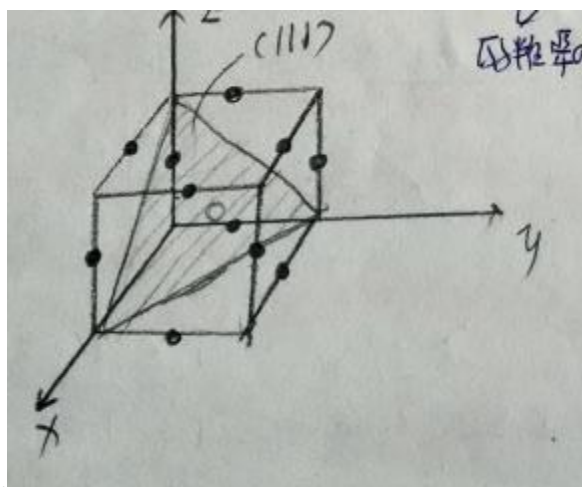




所得马氏体淬透层的深度来表示。与临界冷却淬透层和过冷奥氏体的稳定性有关。

### 三、计算

1、 $\alpha$ -Fe 为面心立方 其原子模型为



空位个数:  $12 \times 1/4 + 1 = 4$  个

半径:  $(a - 2\sqrt{2}a/4) / 2 = 0.146a$

2、面间距:  $\alpha$ -Fe 滑移面为  $\{110\}$

关于面间距计算应记住如下公式:

体心立方	指数和为奇数	$H = \frac{1}{2} \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$
	指数和为偶数	$H = \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$
面心立方	指数不全为奇数	$H = \frac{1}{2} \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$
	指数全为奇数	$H = \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$

3、

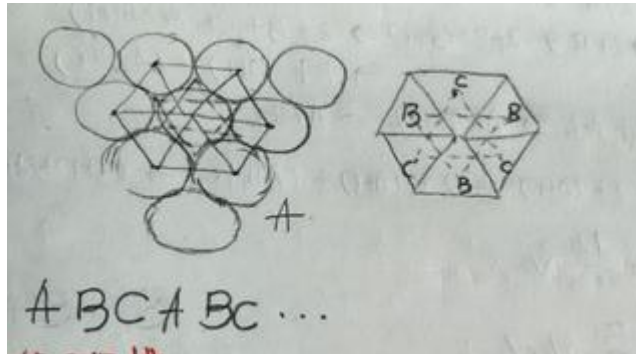
其面间距为:  $H = \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$





3、面密度:  $S = 1/2 * \sqrt{2}a * h$        $h = \sqrt{(\sqrt{2}a)^2 - (\sqrt{2}a/2)^2} = \sqrt{6}a/2$   
 $S = \sqrt{3}a^2/2$

#### 4、原子堆垛顺序



第一层密排

第二层坐落在 b 或 c 间隙上

第三层坐落在 c 或 b 间隙上

#### 四、参考解析:

1、设其含碳量为 x

$$\frac{6.69-x}{6.69-0.77} = 92.4\%$$

$$X = 1.2\%$$

2、相的相对含量:

$$W(\alpha) = (6.69 - 1.2) / (6.69 - 0.0218) = 82\%$$

$$W(Fe_3C) = 18\%$$

3、用途:

4、热处理: 锻造→正火+球化退火→机加工→淬火+低温回火

目的: 正火: 消除钢的网状碳化物为提高球化退火的质量, 为淬火作组织准备。

球化退火: 使钢的碳化物球化降低硬度, 改善切削加工性能, 均匀组织改善热处理工艺性能, 为以后的淬火组织准备。

淬火、低温回火: 获得回火马氏体, 具有较高的强度, 硬度和耐磨性, 降低钢淬火应力和脆性。

最终组织: 回火马氏体

热处理中产生的缺陷: 可能产生魏氏组织、晶粒粗大等现象。





## 五、参考解析

1、合金①自液态冷至液相面时（相当于  $T_1$  温度）开始以结晶出初晶  $B$ 。随着温度不断下降， $B$  晶体的数量不断增多，液相的数量不断减少，由于  $A$  晶体的成分固定不变，根据直线法则，液相的成分由点  $o$  沿着  $AO$  的延长线变化。当液相成分变化到点  $m$ （相当于  $T_2$  温度）时，开始发生二元共晶转变： $L \rightarrow B+C$ 。随着温度的下降，二元共晶晶体的数量的不断增多，同时液相成分沿着  $e_2E$  二元共晶线变化

。当液相成分变化到点  $E$  时（相当于  $T_3$  温度）发生四相平衡三元共晶转变： $L \rightarrow A+B+C$  直到液相全部消失。随后温度降低，组织不再发生变化合金 2 共晶反应沿  $e_3E$  变化

1 相： $L \rightarrow B+C \rightarrow L+B+C \rightarrow L+B+C+A \rightarrow A+B+C$

组织： $L \rightarrow L+B \rightarrow L+B+(B+C) \rightarrow L+B+(B+C)+(A+B+C) \rightarrow B+(B+C)+(A+B+C)$

2 相： $L \rightarrow L+A+C \rightarrow A+B+C+L \rightarrow A+B+C$

组织： $L \rightarrow L+(A+C) \rightarrow L+(A+C)+(A+B+C) \rightarrow (A+C)+(A+B+C)$

2、合金 1： $W(A) = LA_1/AA_1 \times 100\%$

$W(B) = B_1L/B_1B \times 100\%$

$W(C) = LC/CC_1 \times 100\%$

组织  $W(B) = LM/MB \times 100\%$

$W(A+B+C) = Lg/Eg \times 100\%$

$W(A+B) = (1 - LM/MB - Lg/Eg) \times 100\%$

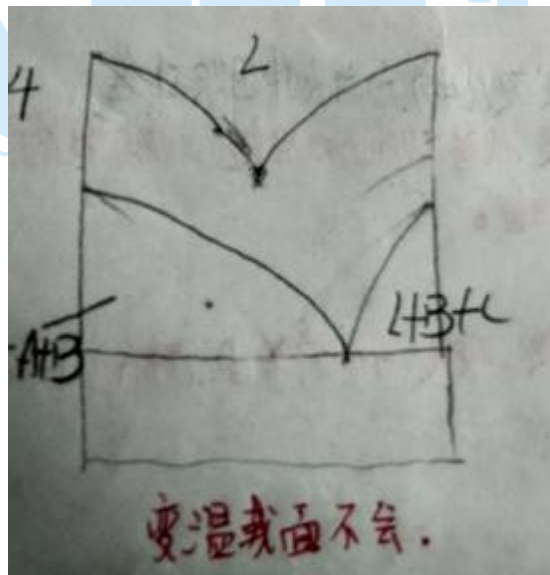
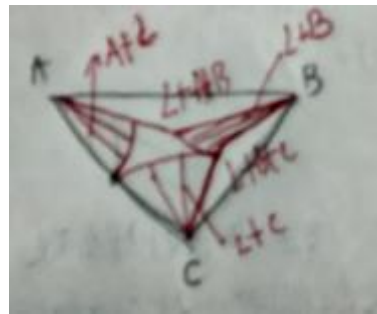
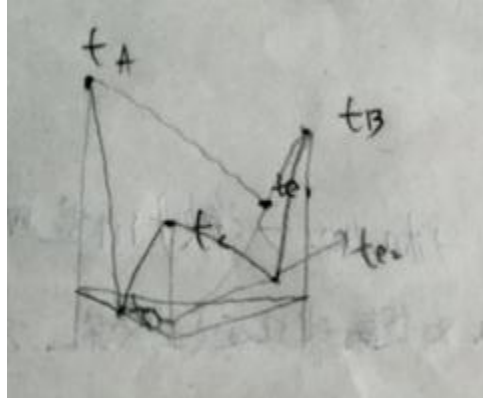
三相转变： $L \rightarrow B+C$

$L \rightarrow A+C$

四相： $L \rightarrow A+B+C$

3.作图。





正火：增加硬度，改善切削加工性能，细化晶粒，均匀组织，消除内应力。  
退火：细化晶粒，均匀组织，消除内应力和热加工缺陷降低硬度改善切削加工性能和塑性变形性能。

2 组织：

正火：伪共析珠光体和索氏体

淬火：淬火马氏体，残余奥氏体





材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

回火：回火马氏体

淬火温度： $A_{c1}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$        $A_{c3}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$

回火温度：150~250℃（低）







# 东北大学

## 2003 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理原理 (共11页)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、填空

- 1、 $\gamma$ -Fe 单胞中原子数为 八面体空隙半径 八面体空隙位置个数为 原子堆垛顺序 滑移面及滑移方向 任意两个滑移系为
- 2、影响置换固溶体溶解度的因素是 (1) \_\_ (2) \_\_ (3) \_\_ (4) \_\_
- 3、冷变形金属回复的实质是 其驱动力是 再结晶实质是 其驱动力为 晶粒长大驱动力为
- 4、马氏体惯习面随含碳量变化可分为 (1) \_\_ (2) \_\_ (3) \_\_
- 5、钢发生马氏体相变时, 强化原因有 (1) \_\_ (2) \_\_ (3) \_\_ (4) \_\_
- 6、淬火钢回火转变可分为 (1) \_\_ (2) \_\_ (3) \_\_ (4) \_\_
- 7、二元相图中各类恒温转变类型有 (1) \_\_ (2) \_\_ 其反应式为 (1) \_\_ (2) \_\_ (3) \_\_ (4) \_\_ (5) \_\_ (6) \_\_ (7) \_\_

### 二、名词解释

- 1、成分过冷
- 2、加工硬化
- 3、枝晶偏析
- 4、淬透性
- 5、回火脆性
- 6、回火屈氏体
- 7、魏氏组织
- 8、间隙相

三、今有 T10A 试料锻后缓冷至室温, 请回答:





- 1、画出室温组织示意图；
- 2、计算该合金室温相组成物及组织组成物和相对量；
- 3、举例说明该钢用途，分析该钢从锻造至成品要经过哪些热处理，热处理目的为何？使用状态组织为何？

#### 四、三元相图投影图如图：

- 1、讨论合金 1 及合金 2 平衡结晶过程；
- 2、计算合金 1 室温平衡条件下相组成物与组织组成物相对量；
- 3、作出过线段 mn 的变温截面图；

#### 五、分析合金元素在钢中的作用，各钢最终热处理为何？最终组织为何？

- 1、Mo 在 40CrNiMo、W6Mo5Cr4V2 中；
- 2、Ti 在 15MnTi、1Cr18Ni9Ti 中；
- 3、Cr 在 20Cr、4Cr13 中；
- 4、Si 在 60Si2Mn、9SiCr 中；
- 5、Mn 在 16Mn、1Cr18MnNiSN、ZGMn13 中

#### 六、讨论：

- 1、金属材料强化方法有哪些？
- 2、金属材料韧化方法有哪些？
- 3、使合金晶粒细化方法有哪些？
- 4、使钢中碳化物细化方法有哪些？

### 试题答案

#### 二：名词解释：

1、**成分过冷**：固溶体凝固时，固液界面前沿存在浓度梯度，从而使平衡结晶温度随着距固液界面的距离增加而升高，使实际温度梯度与平衡结晶温度之间存在差值，即过冷现象，这种由固液界面前沿成分和实际温度分布共同决定的过冷称为成分过冷。界面前沿的液相中的实际温度低于由于浓度分布所决定的凝固温度时产生的过冷。





在固液界面前沿一定范围内的液相中, 由于存在浓度梯度, 使得液相其实际温度低于平衡结晶温度, 在界面前方出现一个过冷区域, 平衡结晶温度与实际温度之差即为过冷度, 这个过冷度是由液相中的成分变化引起的, 所以称之为成分过冷。

**2、加工硬化:** 随着变形程度的增加, 金属的强度硬度显著升高, 而塑性韧性显著下降, 这一现象称为加工硬化。

**3、枝晶偏析:** 由于固溶体不平衡结晶的结果。使从液相中结晶出的固相的成分不同, 再加上冷却速度较快, 不能使成分扩散均匀, 结果就使每个晶粒内部化学成分很不均匀, 先结晶的喊高熔点组元多, 后结晶的含低熔点组元多, 在晶体内部存在浓度差别, 这种在一个晶粒内部化学成分不均匀的现象称为晶内偏析, 由于固溶体通常是树枝状, 枝干和枝间的化学成分不同, 所以又称枝晶偏析。

**4、淬透性:** 钢淬火获得马氏体的能力, 其大小可以用淬透层深度表示。使钢的固有属性, 取决于临界淬火速度和

**5、回火脆性:** 淬火钢在回火后的冲击韧性总的趋势是随着温度的升高而增加, 但在某些温度区间回火后冲击韧性显著下降, 这种现象为回火脆性。

淬火钢回火时冲击韧性的变化规律总的趋势是随着回火温度升高增大, 但在某些温度区间回火, 可能出现冲击韧性显著降低的现象, 这种脆化现象称为钢的回火脆性。

**6、回火屈氏体:** 淬火钢在 400℃ 回火时形成的由针状  $\alpha$  相和与其无共格联系的弥散的  $\epsilon$ -碳化物组成机械混合物。

当回火温度升高到 400℃ 时, 淬火马氏体完全分解, 但  $\alpha$  相仍保持针状外形, 碳化物全部转变成  $\theta$ -碳化物。这种由针状  $\alpha$  相和与其无共格联系的细小的粒状与片状渗碳体组成的机械混合物。

**7、魏氏体组织:** 质量分数小于  $W(c)=0.6\%$  的亚共析钢或含碳质量分数大于  $W(c)=1.2\%$  的过共析钢由高温以较快速度冷却时, 先共析铁素体或先共析渗碳体从奥氏体晶界上沿着奥氏体的一定晶面向晶内生长, 呈针片状析出。在金相显微镜下可以观察到从奥氏体晶界生长出来的铁素体或渗碳体近于平行, 呈羽毛状或三角形, 其间存在珠光体的组织。





8、**间隙相**：过渡族金属能与原子尺寸小的非金属元素形成化合物。具有很高的熔点和极高的硬度。金属元素与非金属元素原子半径比值可以将化合物分为间隙相和间隙化合物。当其比小于 0.41 时，形成的晶体结构简单，称为间隙相

### 三、今有 T10A 试样锻后缓冷（平衡冷却）至室温。请回答：

1、画出室温组织示意图。

2、计算该合金室温相组成物以及组织组成物和相对量：

T10、T 为工具钢。相组成物  $\alpha$  铁素体与二次渗碳体。组织组成物为珠光体与二次渗碳体。

铁素体的质量比 =  $(6.69 - 1) / (6.69 - 0.0218)$

渗碳体的质量比 =  $(1 - 0.0218) / (6.69 - 0.0218)$

组织组成物中：

珠光体的质量比 =  $(6.69 - 1) / (6.69 - 0.77)$

渗碳体的质量比 =  $(1 - 0.77) / (6.69 - 0.77)$

3、举例说明该钢用途，分析该钢从锻造至成品需要经过哪些热处理，处理目的为何？使用状态组织为何？

该钢可作为工具钢，可以做工具、量具等。

T10 钢制造形状简单的刃，其工艺路线为：锻造→正火+球化退火→机加工→淬火+低温回火→磨加工。

正火+球化退火可细化组织，调整硬度，改善切削加工性能。淬火加热温度为  $A_{c1}$  以上 20 到 30 度。T10 钢为 780℃ 左右，水冷淬火，150~250℃ 油中回火。

显微组织为回火马氏体+渗碳体+残余奥氏体。硬度大致为 HRC50~80。

### 四、三元相图投影如图所示

平衡结晶过程：

液相面以上为液态合金，温度降至液相面处开始结晶出组元 C。温度降低至  $A_{c1}$  两相区时发生共晶反应生成 A ( $L \rightarrow A + C$ )。温度降至四相反应平面发生三元四相共晶反应： $(L \rightarrow A + B + C)$ 。温度降至四相反应平面以下完全由 A、B、C、





三相组成。

相转变为:  $L \rightarrow L+C \rightarrow L+C+A \rightarrow L+A+B+C \rightarrow A+B+C$

组 织 转 变 为 :

$L \rightarrow L+C \rightarrow L+C+(A+C) \rightarrow L+C+(A+C)+(A+B+C) \rightarrow C+(A+C)+(A+B+C)$

点 2 的平衡结晶过程:

液相面以上为液态合金。温度降至液相面以下析出 B 组元。一直到三元四相反应平面。三元四相反应平面发生三元四相共晶反应:  $L \rightarrow A+B+C$ 。温度降低至四相反应平面以下完全为 A、B、C 三相。

相的变化过程:  $L \rightarrow L+C \rightarrow L+A+B+C \rightarrow A+B+C$

组织变化工程:  $L \rightarrow L+C \rightarrow L+C+(A+B+C) \rightarrow C+(A+B+C)$

1、计算合金 1 室温平衡条件下相组成物与组织组成物相对量 (计算时如需要可添加必要字母和辅助线)

A 的质量百分比 =  $l_{a1}/A_{a1} \times 100\%$

B 的质量百分比 =  $l_{b1}/B_{b1} \times 100\%$

C 的质量百分比 =  $l_{c1}/C_{c1} \times 100\%$

组织所占百分比:

组织 A 的质量百分比 =  $l_m/cm \times 100\%$

组织 A+B+C 的质量百分比 =  $l_g/E_g \times 100\%$

组织 A+B 的质量百分比 =  $(1-l_m/om-l_g/E_g) l_{a1}/A_{a1} \times 100\%$

2、写出图中的三相转变与四相转变式。

对 1 点合金:  $L \rightarrow A+C$

$L \rightarrow A+B+C$

对 2 点合金:  $L \rightarrow A+B+C$

3、作出过线段 mn 的变温截面图。

(解析: 合金 1 的平衡结晶过程:

1、合金 1 自液态冷却到液相面时 (相当于  $t_1$  温度), 开始结晶出初晶 C





2、随着温度不断下降，A 晶体的数量不断增加，液相的数量不断减少，由于 A 晶体的成分固定不变，根据直线法则，液相的成分由点 O 沿 AO 的延长线逐渐变化。

3、当液相的成分变化到与 E1E 线相交的点 m（相对于  $t_2$  温度）时，开始发生二元共晶转变： $L \rightarrow A+B$ 。随着温度的继续下降，二元共晶体（A+B）逐渐增多，同时液相成分沿着 E1E 二元共晶线发生变化。

4、当液相的成分变化到点 E（相当于  $t_1$  温度）时，发生四相平衡三元共晶转变  $L \rightarrow A+B+C$ ，直到液相全部消失。

5、随后温度继续降低，组织不再发生变化。）

## 五、分析合金元素在钢中的主要作用，各钢最终热处理为何？最终组织是什么？

Mo: 碳化物形成元素，降低珠光体、贝氏体转变温度，使 C 曲线右移，改变形状。防止第二类回火脆性。

Ti: 碳化物形成元素，有利于产生本质细晶粒。

Cr 碳化物形成元素。

Si 非碳化物形成元素，形成本质粗晶粒。

Mn: 非碳化物形成元素，利于形成本质粗晶粒，防止热脆。

## 六、讨论题

1、金属材料强化方法有哪些，强化原因为何？

①细晶强化：根据霍尔佩奇公式  $\sigma_y = \sigma_0 + \frac{k_y}{\sqrt{d}}$ 。晶粒越细小，材料屈服强度越高。并且由于晶界增多，韧性提高，塑性提高。

②第二相强化：当第二相为片状时，片层越细强度越高，片层阻碍位错运动。当第二相为粒状时，越弥散，强度越高。

③形变强化：冷变形金属加工过程中强度硬度显著增加，塑性、韧性显著下降的现象为形变强化或者加工硬化。机理是随着变形的增加，位错密度不断增加位错





运动时的相互交个加剧，产生固定的割阶，位错缠结等障碍，使位错运动的阻力增加，引起超变形的抗力的增大，给继续塑性变形造成困难，从而提高金属的强度。

#### ④固溶强化

#### ⑤时效强化

### 2、金属材料韧化方法有哪些？

P62

### 3、使金属晶粒细化方法有哪些？

①结晶时可以通过增加过冷度、变质处理、振动搅拌等方法增加形核率从而细化晶粒。增大过冷度能够减小临界形核半径和形核功；变质处理是在浇注前往液态金属中加入形核剂，促使大量非均匀形核产生来细化晶粒；振荡搅拌属于输入能量使枝晶破碎。

②对于冷变形金属可以通过控制变形成度、退火温度来细化晶粒。

③可以通过正火、退火的热处理方法细化晶粒；在钢中加入强碳化物形成元素。

### 4、使钢中碳化物细化方法有哪些？

可以通过热加工处理细化晶粒。





# 东北大学

## 2004 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

### 一、名词解释(3 分/题, 共 18 分)

#### 1、空间点阵

**参考解析:** 把原子或原子集团按某种规律抽象成一个几何点, 则晶体被抽象成在三维空间排列的点, 这些点称为结点或阵点, 这些有规律排列的点称为空间点阵。

#### 2、晶格畸变

**参考解析:** 处于平衡位置的结点处的原子偏离其平衡位置而造成能量升高、晶格形状变化的现象, 由晶格常数变化可反映晶格畸变的大小。

#### 3、枝晶偏析

**参考解析:** 固溶体不平衡结晶的结果, 由于不平衡结晶而造成一个晶粒内部化学成分不均匀的现象, 先结晶的富含高熔点组元, 后结晶的富含低熔点组元, 由于固溶体结晶通常为树枝状, 又称为枝晶偏析。

#### 4、固溶体

**参考解析:** 以一种金属元素作为溶剂, 另一种或一种以上的元素作为溶质而形成的固体。

#### 5、晶胞、晶粒

**参考解析:** 晶胞: 晶格中能够代表晶格特征的最小几何单元。

晶粒: 多晶体中, 结构相同、取向一致的每一个区域。单晶体中是由大量位向相同的晶胞组成。

#### 6、加工硬化

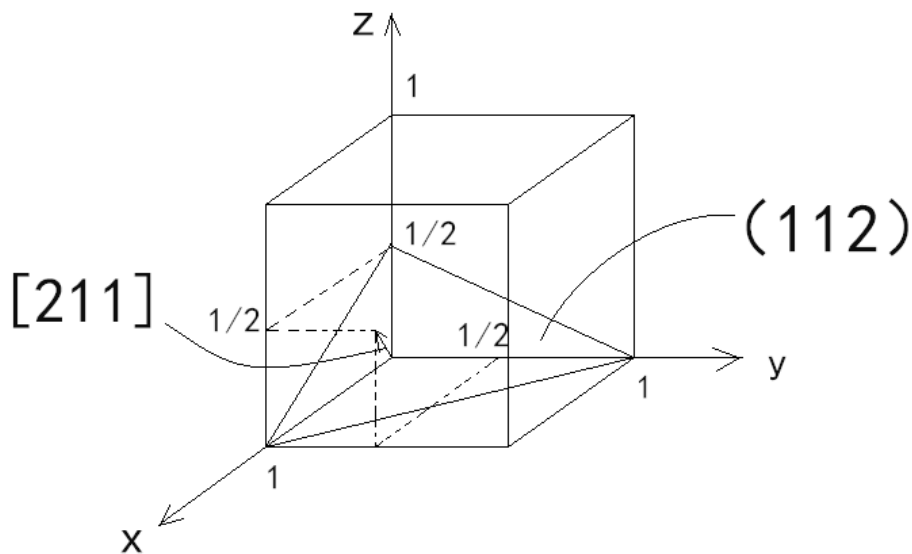
**参考解析:** 冷变形金属随变形程度的增加, 强度硬度升高、塑性韧性显著降低的现象。





## 二、在单位晶胞中画出立方系 (112) 晶面和 [211] 晶向。(10 分)

参考解析:



## 三、何为钢的淬透性和淬硬性？讨论提高淬透性的意义。(12 分)

参考解析:

**淬透性:** 钢在淬火时获得马氏体的能力。其大小在一定条件下用淬火所获得的淬透层深度来表示，是钢的固有属性，取决于钢的临界冷却速度和过冷奥氏体的稳定性。

**淬硬性:** 钢淬火后马氏体的硬度。淬火后形成的马氏体组织所能达到的硬度，取决于马氏体中的含碳质量分数。

**提高淬透性的意义:** 对于希望在整个截面获得均匀淬透层的工件来说，提高其淬透性有利于获得均匀的马氏体，防止淬透层深度不一致，提高工件整体机械性能。在拉、压、弯曲或剪应力作用下工作的尺寸较大的零件，例如齿轮、轴类零件，希望整个截面都能被淬透，从而保证零件在整个截面上的机械性能均匀一致。选用淬透性高的钢即能满足这一要求。另外对于形状复杂、要求淬火变形小的工件，如果选用淬透性较高的钢便可以在缓和的介质中淬火，因而工件变形小。





#### 四、金属的强化机制主要有哪几种？（8 分）

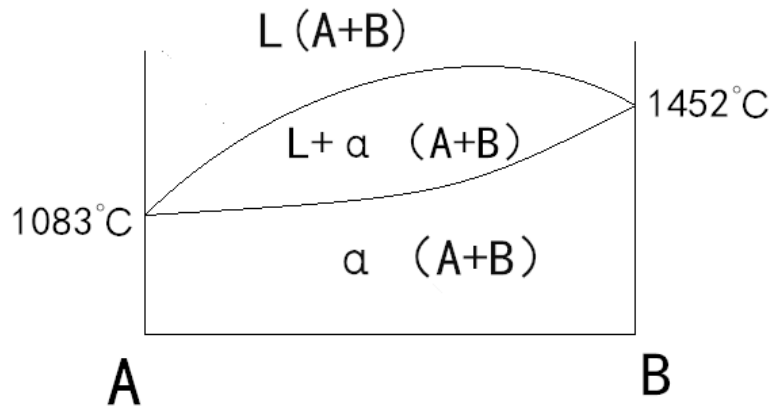
参考解析：

- 1、**细晶强化**:材料的屈服强度与晶粒直径服从 Hall-Petch 关系( $\sigma_y = \sigma_0 + \frac{k_y}{\sqrt{d}}$ ), 合金经细化晶粒后, 单位体积内的晶界面积增加, 在夹杂物相同的情况下, 经细化晶粒合金界面上偏析的夹杂物相对减少, 从而使晶界结合力提高, 故材料塑性提高; 另一方面, 由于晶界既是位错运动的阻力, 又是裂纹扩展的障碍, 因此细化晶粒在提高强度的同时, 也提高了合金的韧性, 这是细晶强化最大的特点。
- 2、**第二相强化**: 工业合金绝大多数由两种以上元素组成, 各元素之间可能发生相互作用而形成不同于基体的新相, 即第二相, 第二相在合金基体中形成强化相, 构成弥散强化, 其强化效果与其形状、数量、大小以及分布等有关。
- 3、**固溶强化**: 金属材料中存在有固溶原子时, 固溶原子必然会引起周围晶格的畸变, 在其周围产生一个应力场, 由于固溶原子应力场与位错应力场相互作用的结果, 溶质原子具有向位错偏聚而形成一个原子气团的倾向。这时位错的运动要么摆脱这种原子气团, 要么拖着原子气团一齐运动。摆脱原子气团需增加一部分外力以克服它与位错间的相互吸引, 如果拖带原子气团一齐运动, 外力也需增加一个附加量。所以, 当位错上有原子偏聚时, 位错运动的难度提高, 金属得到强化。
- 4、**时效强化**: 合金元素经固溶处理后, 获得过饱和固溶体。在随后的室温放置或低温加热保温时, 第二相从过饱和固溶体中析出, 引起强度, 硬度以及物理和化学性能的显著变化

#### 五、某一无限固溶匀晶型二元合金, A 组元的熔点 $t_A=1083^{\circ}\text{C}$ , B 组元的熔点 $t_B=1452^{\circ}\text{C}$ , 画出该合金状态 (示意) 图, 标出各相区的组元。(8 分)

参考解析：





六、为什么奥氏体不锈钢的耐腐蚀性能比铁素体不锈钢好？不锈钢中的 Cr、Ni、Ti 分别起什么作用？（14 分）

七、（20 分）有两个含量为 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，使之打到平衡状态，然后以大于 VK 的冷却速度冷却至室温，试问：

- 1、哪个温度加热淬火后马氏体晶粒粗大？
- 2、哪个温度加热淬火后马氏体含量较多？
- 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解碳化物较少？
- 5、你认为哪个温度淬火合适？为什么？

参考解析：

- 1、860°C；2、860°C；3、860°C；4、860°C；





5、780℃淬火温度合适。原因：对于过共析钢来说若加热温度过高将会导致奥氏体溶解量增大，淬火后残余奥氏体量增多，使钢的耐磨性降低。加热温度升高使碳化物溶解量增加而使淬火后马氏体含碳量增加，生成片状马氏体，降低钢的塑性。

淬火加热温度的选择应以得到均匀细小的奥氏体晶粒为原则，以便淬火后获得细小的马氏体组织，淬火加热温度主要根据钢的临界点来确定，对于过共析钢来说，为  $A_{c1}+30\sim 50^{\circ}\text{C}$

原因如下：

- ① 共析钢淬火之前都要进行球化退火，使之得到粒状珠光体组织，淬火加热时组织为细小奥氏体晶粒和未溶的粒状物，淬火后得到隐晶马氏体和均匀分布在马氏体基体上的细小粒状碳化物组织。这种组织不仅具有高强度、高硬度、高耐磨性，而且具有较好的韧性。
- ② 如果淬火温度超过  $A_{cm}$ ，加热时碳化物将完全溶入奥氏体中，不仅使奥氏体的含碳量分数增加，使点  $M_s$  和点  $M_f$  降低，淬火后残余奥氏体量增加，使钢的硬度和耐磨性降低。同时奥氏体晶粒细化，淬火后容易得到含有显微裂纹的粗片状马氏体，使钢的脆性增大。
- ③ 淬火加热温度高，淬火应力大，工件表面氧化脱碳严重，也增加了工件淬火变形及开裂的倾向。

八、写出含碳 1.0%（质量百分数）的碳钢的平衡结晶冷却过程，画出其室温组织图；分别计算其室温下组织组成物和相组成物的相对量；并说明采用何种热处理工艺才能将这种平衡冷却组织处理成碳化物呈颗粒状且均匀分布的粒状珠光体组织。（35 分）

参考解析：

- ① 点以上为完全液态金属。合金冷却至①点时开始发生匀晶转变，析出奥氏体。
- ①到②点之间液相沿 BC 变化，奥氏体沿 JE 变化，到②时液态合金全部转变为单相奥氏体。
- ②到③之间全部为单相奥氏体组织。
- ③点以下开始析出二次渗碳体， $\delta$  沿 ES 线变化。
- ④点时， $\delta$  成分过到 S 共析成分发生共析反应生成珠光体。
- ④点以下为珠光体组织与先共析渗碳体。





室温组织图:

组织组成物相对含量:  $\omega(\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}) =$

$$\omega(\text{P}) = 96.115\%$$

相组成物相对含量:  $\omega(\alpha) =$

$$\omega(\text{Fe}_3\text{C}) = 14.95\%$$

组织:  $\text{L} \rightarrow \text{L} + \gamma \rightarrow \gamma \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}} \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}} + (\alpha + \text{Fe}_3\text{C}) \rightarrow (\alpha + \text{Fe}_3\text{C}) + \text{Fe}_3\text{C}$

相:  $\text{L} \rightarrow \text{L} + \gamma \rightarrow \gamma \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C} + \alpha \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$

热处理工艺: 球化退火

九、(25 分) 某型号凸轮轴, 采用 45 号钢调质处理后, 再在凸轮表面进行高频淬火, 最后低温回火。

1、画出全部热处理工艺曲线, 说明各阶段的组织。

2、试说明各热处理工序的作用。

参考解析:

1、工艺曲线:

淬火+高温回火 → 低温回火





# 东北大学

## 2006 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释 (30 分)

- 1、固溶体;
- 2、枝晶偏析;
- 3、回火脆性;
- 4、离异共晶;
- 5、淬透性;
- 6、马氏体;
- 7、加工硬化;
- 8、时效强化;
- 9、成分过冷;
- 10、红硬性;

二、简述含碳量 0.45% 的钢、铁碳合金从液相缓慢冷却到室温的平衡结晶过程, 并计算其组织组成物和相组成物的相对含量。(25 分)

三、设计一楔形板经冷轧后得到相同厚度的板材, 然后进行再结晶退火, 试问该板材的晶粒大小是否均匀? 为什么? (15 分)

四、写出下列合金的种类及最终热处理 (12 分)

20CrMnTi; GCr15; 40Cr; 0Cr18Ni9Ti; 60Si2Mn; Q235

五、回答下列问题: (40 分)





- 1、间隙相与间隙化合物的区别；
- 2、正火索氏体与回火索氏体的区别；
- 3、实际生产中怎样控制铸件的晶粒大小；
- 4、纯金属与合金的结晶有何异同；
- 5、什么是金属的同素异构转变？纯铁在 700℃、900℃、1300℃各具有什么晶体结构。

六、简述 W18Cr4V 钢中合金元素的作用，热处理工艺及产生二次硬化的原因（13 分）。

七、用经锻造后缓冷的 T12 碳素工具钢坯料制作钻头时，应进行何种热处理？其目的是什么？热处理后得到何种组织？

### 试题答案

#### 一、名词解释：

固溶体：组元间以不同比例混合，形成的固相的晶体结构与组成合金的某一组元相同。

枝晶偏析：一个晶粒内化学成分不均匀的现象。固溶体晶体常呈树枝状，使枝干和枝间的化学成分不均匀。

回火脆性：淬火钢在一定温度范围内回火时，共晶组织中与先共晶相同的那一相会依附于先共晶相上生长，另一相则单独存在于晶界上，使两相分离的共晶组织。

淬透性：表示钢淬火时获得马氏体的能力，反映了过冷奥氏体的稳定性。

马氏体：是碳溶于 $\alpha$ -Fe中所形成的过饱和间隙固溶体。

加工硬化：在塑性变形时，随着变形量的增加，金属的强度硬度增加、塑性韧性降低的现象。

时效强化：过饱和固溶体在室温放置或加热到某一温度保温时，其强度和硬度升高，塑性韧性下降的现象。

成分过冷：固溶体结晶时，由于固液界面前液相中成分的变化而引起的平衡结晶温度与实际结晶温度之差。

红硬性：表示工具在高温下仍然保持高硬度的能力。





## 二、参考解析:

合金冷至液相线温度时,按匀晶转变先结晶出 $\delta$ 固溶体,冷至包晶转变温度时液相和 $\delta$ 固溶体于恒温下发生包晶转变,形成奥氏体。包晶转变終了后,仍有液相存在,这些剩余的液相继续结晶成奥氏体。当温度降到固相线时,合金全部由奥氏体所组成。单相奥氏体冷却到 $A_3$ 线时,开始析出铁素体。随着温度的降低,铁素体数量不断增多。当温度降至共析线时,于恒温发生共析转变,形成珠光体。在 $A_1$ 线以下,先共析铁素体和珠光体中的铁素体都将析出三次渗碳体,但其数量很少,一般可以忽略不计。因此,该钢在室温下的组织由先共析铁素体和珠光体所组成。

钢的组织组成物的计算:

$$\frac{0.77-0.45}{0.77-0.0218} \times 100\% = 43\%$$

$$W_p = 1 - 43\% = 57\%$$

钢的相组成物计算:

$$\frac{6.69-0.45}{6.69-0.0218} \times 100\% = 93\%$$

$$W_p = 1 - 93\% = 7\%$$

## 三、参考解析:

晶粒大小是不均匀的,从板坯的小头开始,变形量从小到大依次增加,而再结晶晶粒大小与变形量密切相关。板坯的小头变形量很小,不足以引起再结晶,所以晶粒大小无变化。在临界变形量(约10%左右)时,晶粒特别粗大,当变形量超过临界变量后,晶粒逐渐细化,变形量大,晶粒越细小。

## 五、参考解析:

1、间隙相:非金属元素与金属元素原子半径小于0.59时,具有比较简单的晶体结构,具有极高的熔点和硬度。

间隙化合物:非金属元素与金属元素原子半径大于0.59时,具有比较复杂的晶体结构,其强度较高,塑性较低。

2、正火索氏体:经正火后获得细珠光体组织,渗碳体呈片层状形态,其强度较





高，塑性较低。

回火索氏体：经淬火回火后获得的组织，渗碳体呈颗粒状态，其强度比正火后的索氏体地，晶粒得到细化，但是其塑性比正火索氏体高。

3、可通过控制过冷度，控制  $\frac{N}{G}$  的比值，过冷度越大， $\frac{N}{G}$  比值越大，因而晶粒越细小，变质处理是在液态金属中加入变质剂，促进非均匀形核，细化晶粒，或加绒长大抑制剂阻止晶粒长大，对即将凝固的金属进行振动、搅拌、如采用机械方法或电磁搅拌方法，输入能量促使晶核提前形成，另一方面使成长中的枝晶破碎，增加晶核数目。

4、纯金属结晶时液体必须过冷，晶核在结构起伏、能量起伏、都满足的地方形成，结晶是在恒定温度下、新相的成分与母相相同，即同分结晶。合金结晶时液体同样必须过冷，形成晶核时除了满足结构起伏和能量起伏外，还应满足成分起伏，结晶是在一定的温度范围内，新相的成分与母相不同，即异分结晶。

5、当外界条件改变时，金属内部由一种晶体结构向另一种晶体结构的转变，纯铁在 700℃ 到 900℃ 时具有体心立方结构，1300℃ 时具有面心立方结构。

## 七、参考解析：

应进行的热处理：正火、球化退火、淬火、低温回火。

正火：目的为调整组织、消除网状组织。热处理后的组织为片状珠光体。

球化退火：目的是降低硬度，改善加工性能，便于机加工。调整组织，为淬火做好组织准备。

淬火：热处理后的组织是均匀的细粒状珠光体。目的是获得具有高硬度和高耐磨性的马氏体基体。热处理后的组织是隐晶马氏体和颗粒状未熔碳化物及残余奥氏体。

低温回火：目的是保持高硬度条件下消除淬火应力，提高塑性和韧性。热处理后的组织是回火马氏体加颗粒状未熔碳化物。





# 东北大学

## 2012 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理原理 (共11页)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释

**多晶型 固溶强化 成分过冷 加工硬化 马氏体转变 回火脆性 淬火**

答: **多晶型**: 大部分金属只有一种晶体结构, 但也有少数金属如Fe、Mn、Ti、Co等具有两种或几种晶体结构, 即具有多晶型。

**固溶强化**: 在固溶体中, 随着溶质浓度的增加, 固溶体的强度、硬度提高, 而塑性、韧性有所下降的现象。

**成分过冷**: 结晶时由于固相和液相成分的再分布而引起的固-液界面前方附近液相中产生过冷区。这一现象称之为成分过冷。

**加工硬化**: 随着塑性变形的增加, 金属的强度、硬度迅速增加; 塑性、韧性迅速下降的现象。

**马氏体转变**: 钢从奥氏体状态快速冷却, 抑制其扩散性分解, 在较低温度下(低于点 $M_s$ )发生的转变为马氏体转变。

**回火脆性**: 有些钢在某一温度范围内回火时, 其冲击韧性比在较低温度回火时还显著下降, 这种脆化现象称为回火脆性

**淬火**: 钢的淬火是将钢加热到临界温度 $AC_3$ (亚共析钢)或 $AC_1$ (过共析钢)以上温度, 保温一段时间, 使之全部或部分奥氏体化, 然后以大于临界冷却速度的冷速快冷到 $M_s$ 以下(或 $M_s$ 附近等温)进行马氏体(或贝氏体)转变的热处理工艺。

### 二、简答题

#### 1、简述奥氏体的形成过程。

答: 1) 奥氏体晶核的形成: 奥氏体晶核通常优先在铁素体和渗碳体的相界面上形成。这是因为相界面上碳浓度分布不均匀, 位错密度较高、原子排列不规则,





处于能量较高的状态，容易获得奥氏体形核所需的浓度起伏、结构起伏和能量起伏。

2) 奥氏体晶核的长大；奥氏体晶核形成之后，它的一面与渗碳体相连，另一面与铁素体相连，在奥氏体中出现碳的浓度梯度，并引起碳在奥氏体中由高浓度到低浓度中扩散。

3) 残留渗碳体的溶解；铁素体消失以后，随着保温时间延长或温度升高，剩余在奥氏体中的渗碳体通过碳原子扩散，不断融入奥氏体中，使奥氏体的碳浓度逐渐趋于共析成分。

4) 奥氏体成分均匀化。当剩余渗碳体全部溶解时，奥氏体的碳浓度仍然是不均匀的，原来是渗碳体的地方碳浓度较高，通过延长保温时间或继续升温，通过碳原子扩散，奥氏体碳浓度逐渐趋于共析成分。

## 2、马氏体转变的晶体学特点。

答：1) 无扩散性；马氏体转变属于低温转变，此时，铁原子和碳原子都已经失去扩散能力。因此，马氏体转变是以无扩散的形式进行的。铁原子的晶格改组是以无扩散的无扩散的方式进行的。

2) 切变性；马氏体转变是晶格切变过程，在切变过程中完成晶格重构，由面心立方晶格变为体心立方晶格。

3) 共格性；马氏体转变是新相和母相的点阵间保持共格联系，及相界面上的原子及属于马氏体，又属于奥氏体。

4) 严格的位向关系和惯习面。

## 3、渗碳体有几种？各个渗碳体的来源？

答：5种

一次渗碳体：由液相中直接析出来的渗碳体称为一次渗碳体，呈规则长条状。

二次渗碳体：从A中析出的 $Fe_3C$ 称为二次渗碳体 $Fe_3C II$ ，网络状分布在奥氏体晶界。三次渗碳体：从F中析出的 $Fe_3C$ 称为三次渗碳体 $Fe_3C III$ ，沿晶界呈小片状分布。

共晶渗碳体：经共晶反应生成的渗碳体即莱氏体中的渗碳体称为共晶渗碳体。在莱氏体中为连续的基体，比较粗大，有时呈鱼骨状。

共析渗碳体：经共析反应生成的渗碳体即珠光体中的渗碳体称为共析渗碳体，与





铁素体呈交替层片状。

#### 4、影响置换固溶体性能的因素。

答：置换固溶体性能与其溶解度有关，影响其溶解度的因素

- ①原子尺寸因素。当溶剂、溶质原子直径尺寸相对差小于 $\pm 15\%$ 时，有大的代位溶解度。
- ②负电性因素。溶剂、溶质的负电性差越小溶解度越大，一般小于 $0.4 \sim 0.5\%$ 会有较大溶解度。
- ③电子浓度因素。有两方面的含义：一是原子价效应，即同一溶剂金属，溶质的原子价越高，溶解度越小；二是相对价效应，即高价溶质溶入低价溶剂时的溶解度高于相反的情况。
- ④晶体结构因素。当溶质和溶剂的晶体结构类型相近或相同，则可能具有较大的溶解度。

#### 5、获得细小晶核的方法。

答：由凝固理论可知，结晶时单位体积中的晶粒数目 $z$ 取决于形核率 $N$ 和晶体长大速率 $V_g$ 两个因素，即 $z \propto N/V_g$ 基本途径：

- ①增加过冷度 $\Delta T$ 。 $\Delta T$ 增加， $N$ 和 $V_g$ 都随之增加，但是 $N$ 的增长率大于 $V_g$ 的增长率。因而， $N/V_g$ 的值增加，即 $z$ 增多。
- ②加入形核剂，即变质处理。加入形核剂后，可以促使过冷液体发生非均匀形核。它不但使非均匀形核所需的基底增多，而且使临界晶核体积减小，这都将使晶核数目增加，从而细化晶粒。
- ③振动结晶。振动，一方面提供了形核所需要的能量，另一方面可以使正在生长的晶体破断，可增加更多的结晶核心，从而使晶粒细化。

#### 6、纯金属的结晶特点

##### 1) 结晶条件

- ①热力学条件， $\Delta G_v = G_s - G_L < 0$ ；
- ②过冷度： $\Delta T > \Delta T^*$ 提供形核的驱动力；
- ③结构条件：相起伏：尺寸 $r > r^*$ 的晶胚；
- ④能量起伏：临界形核功

2)  $r^*$ 与晶核的表面能 $\sigma$ 成正比，与过冷度成反比， $\Delta T \uparrow$ ， $r^* \downarrow$ ， $N \uparrow$ ： $\sigma$ 越大， $\Delta T$ 越大。凡是能降低 $\sigma$ 都能促进形核。





- 3) 均匀形核需要结构起伏和能量起伏，二者是液体本身存在的自然现象。
- 4) 晶核的形成过程是原子的扩散迁移过程，因此结晶必须在一定温度下进行。
- 5) 工业生产中，金属以非均匀形核为主。

### 三、分析题

1、画出铁碳相图，分析0.45%含碳量的钢从高温液态冷却到室温的转变过程？并写出它的组织组成物和各个组织的含量。

此题看教材铁碳相图过共晶白口铁部分详解。

2、一个冷拉成型的钢丝，在多次起吊刚出炉的铸件后，在一次起吊过程中突然断裂，请问为什么？为了防止这种事情再次发生，已有什么建议。

答：冷拔钢丝由于有加工硬化，故其强度较高，承载能力较强，当其被红热的鄂板加热的时候，当温度上升到了再结晶温度以上，会发生再结晶，使得强度下降，不能承受鄂板重量，故会发生断裂。建议是进行再结晶退火。

3、课本144页图5.21，三元相图各个区，线，点处的结晶顺序和室温组织组成物的计算。

$$W(A) = \frac{O_m}{A_m} \times 100\%$$

$$W(A+B+C) = \frac{O_g}{E_g} \times 100\%$$

$$W(A+B) = 1 - \frac{O_m}{A_m} - \frac{O_g}{E_g}$$

结晶顺序答案为表5.1的内容。





材料人网助力材料领域人才成长  
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208  
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

# 东北大学

## 2013 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理原理 (共11页)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释(6分/题, 共30分)

#### 1、成分过冷

参考解析: 结晶时由于固相和液相成分的再分布而引起的固-液界面  
前方附近液相中产生过冷区。这一现象称之为成分过冷。

#### 2、晶内偏析

参考解析: 在一个晶粒内部化学成分不均匀的现象称为晶内偏析。

#### 3、魏氏组织

参考解析: 在亚共析钢或过共析钢中, 由高温以较快的速度冷却时, 先共析  
的铁素体或渗碳体从奥氏体晶界上沿着奥氏体的一定晶面向晶内生长, 呈针状析  
出。在光学显微镜下可以观察到从奥氏体晶界上生长出来的铁素体或渗碳体近似  
平行, 呈羽毛状或三角形, 其间存在着珠光体的组织, 这种组织称为魏氏组织。

回复: 冷变形金属在低温加热时, 其显微组织无可见变化, 但其物理、力学  
性能却部分恢复到冷变形以前的过程。

#### 4、再结晶:

参考解析: 冷变形金属在被加热到适当温度时, 在变形组织内部新的无畸变  
的等轴晶粒逐渐取代变形晶粒, 而使形变强化效应完全消除的过程。

#### 5、堆垛层错:

参考解析: 在实际晶体中, 晶面堆垛顺序发生局部差错而产生一种晶体缺陷  
称为堆垛层错, 简称层错。

### 二、问答题

#### 1、铝的晶体结构, 写出其所有的滑移系。





**参考解析：**铝的晶体结构为 FCC，是面心立方晶体。对于面心立方金属，原子排列最紧密的面是 {111}，原子最密集的方向是 [110]。因而其滑移面为 {111} 共四个；滑移方向为 [110]，共有三个，分别列出则为：

$$\begin{aligned} & [\bar{1}10] \times (111)、[\bar{1}\bar{1}0] \times (11\bar{1})、[110] \times (\bar{1}\bar{1}1)、[110] \times (\bar{1}1\bar{1}) \\ & [10\bar{1}] \times (111)、[101] \times (11\bar{1})、[10\bar{1}] \times (\bar{1}\bar{1}1)、[101] \times (\bar{1}1\bar{1}) \\ & [0\bar{1}1] \times (111)、[011] \times (11\bar{1})、[011] \times (\bar{1}\bar{1}1)、[0\bar{1}1] \times (\bar{1}1\bar{1}) \end{aligned}$$

## 2、晶粒大小对性能的影响。

**参考解析：**晶粒度大小对材料性能的影响很大，影响主要表现在塑性和蠕变等方面。特别是在高温使用情况下，为了降低高温蠕变，一般需要采用大晶粒；而在低温下，为了提高金属塑性和韧性，一般要求采用细晶粒。

由霍尔佩奇公式  $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$  可知：金属材料常温下的屈服强度随其晶粒细化而提高。

在多晶体中，屈服强度是与滑移从先塑性变形的晶粒转移到相邻晶粒密切相关的，而这种转移能否发生，主要取决于在以滑移晶粒晶界附近的位错塞积群所产生的应力集中能否激发相邻晶粒滑移系中的位错源，使其开动起来，从而进行协调性的多滑移。根据  $\tau = n\tau_0$  的关系式，应力集中  $\tau$  的大小决定于塞积群的位错数目  $n$ ， $n$  越大，则应力集中也越大。当外加应力和其他条件一定时，位错数目  $n$  是与引起塞积的障碍——晶界到位错源的距离成正比。晶粒越大，则这个距离越大， $n$  也就越大，所以应力集中也就越大；晶粒小， $n$  也小，应力集中也小。因此，在相同外加应力下，大晶粒的位错塞积所造成的应力集中激发相邻晶粒发生塑性变形的机会比小晶粒要大得多。小晶粒的应力集中小，则需要再较大的外应力下才能使相邻晶粒发生塑性变形。这就是为什么晶粒越细、屈服强度越高的主要原因。

另外，当金属晶粒细小而均匀时，不仅常温下强度较高，而且通常具有较好的塑性。这是因为晶粒越细，在一定体积内的晶粒数目越多，在相同变形量下，变形分散在更多晶粒内进行，晶粒内部和晶界附近的应变度相差较小，变形较均匀，相对来说，引起应力集中较小。使材料在断裂之前能承受较大的变形量，所





以可以得到较大的延伸率和断面收缩率。此外，晶粒越细，晶界越曲折，越不利于裂纹的传播，从而在断裂过程中可以吸收了更多的能量，表现出较高的韧性。

因此，在工业生产中通常总是设法获得细小而均匀的晶粒组织，使材料具有较高的综合机械性能。

### 3、纯金属结晶为什么一定要过冷？

**参考解析：**由热力学第二定律知道，在等温等压条件下，一切自发过程都朝着使系统自由能降低的方向进行。液态金属要结晶，其结晶温度一定要低于理论结晶温度  $T_m$ ，此时的固态金属自由能低于液态金属的自由能，两相自由能之差构成了金属结晶的驱动力。要获得结晶过程所必须的驱动力，一定要使实际结晶温度低于理论结晶温度，这样才能满足结晶的热力学条件。过冷度越大，液、固两相自由能的差值越大，即相变驱动力越大，结晶速度越快，所以金属结晶必须有过冷度。

### 4、马氏体的结构和性能特征。

**参考解析：**低碳马氏体的晶体结构为体心立方。随含碳量增加，逐渐从体心立方方向体心正方转变。含碳量较高的钢的晶体结构一般出现体心正方。低碳马氏体强而韧，而高碳马氏体硬而脆。这是因为低碳马氏体中含碳量较低，过饱和度较小，晶格畸变也较小，故具有良好的综合机械性能。随含碳量增加，马氏体的过饱和度增加，使塑性变形阻力增加，因而引起硬化和强化。当含碳量很高时，尽管马氏体的硬度和强度很高，但由于过饱和度太大，引起严重的晶格畸变和较大的内应力，致使高碳马氏体针叶内产生许多微裂纹，因而塑性和韧性显著降低。

### 5、C 在奥氏体中的最大溶解度，为什么比在铁素体中的溶解度大？

**参考解析：**2.11%，因为奥氏体是 FCC 结构，空隙较多。

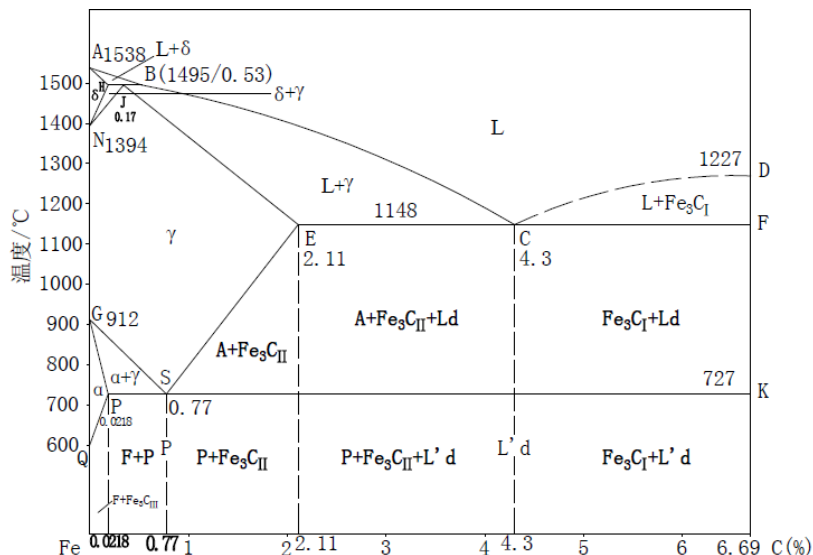
### 6、三元四相反应的自由度？以及其特征。

**参考解析：** $F - P + 1 = 3 - 4 + 1 = 0$ 。

### 7、含碳分数 3% 的铁碳相图，组织组成物和相组成物的计算。

**参考解析：**





8、低碳钢固溶强化和析出强化的原理。以及实现上述强化的途径或方法。

**参考解析：**一般来说，无论置换固溶体还是间隙固溶体，固溶体的硬度、强度总是比组成它的纯金属要高，并且随着溶质原子浓度的增加，溶质原子和溶剂原子尺寸差别的增大（置换固溶体情况下），强化的效果加大。比如，低碳钢在常温状态属于体心立方晶格结构的材料，较小原子半径的元素如 C、N，通常以间隙的形式固溶在铁的晶格之中，多数合金元素的原子如 Nb、V、Ti 等等都置换晶格某个铁原子的位置的形式。固溶造成晶格的畸变，使钢的屈服强度提高。这种由于溶质原子的固溶而引起的强化效应，即称为“固溶强化”。“析出强化”指

金属在过饱和固溶体中溶质原子偏聚区和（或）由之脱溶出微粒弥散分布于基体中而导致硬化的一种热处理工艺。如奥氏体沉淀不锈钢在固溶处理后或经冷加工后，在 400~500℃或 700~800℃进行沉淀硬化处理，可获得很高的强度。即某些合金的过饱和固溶体在室温下放置或者将它加热到一定温度，溶质原子会在固溶点阵的一定区域内聚集或组成第二相，从而导致合金的硬度升高的现象。





# 东北大学

## 2014 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理原理 (共4页)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释 (7个)

1、**枝晶偏析**: 在一个晶粒内部化学成分不均匀的现象称为晶内偏析, 由于固溶体晶体通常呈树枝状, 使枝干和枝间的化学成分不同, 所以又称为枝晶偏析。

2、**滑移临界分切应力**: 晶体中的某个滑移系发生滑移, 取决于力在滑移面内部沿滑移方向上的分切应力大小, 当分切应力达到一定的临界值时, 滑移才能开始, 此应力称为临界分切应力。

3、**回火脆性**: 淬火钢回火时随着回火温度的升高, 冲击韧度并不总是随回火温度的升高单调的增大, 在一定的温度范围内回火时, 其冲击韧度显著下降, 这种脆化现象叫钢的回火脆性。在 250--400 摄氏度的为第一类回火脆性, 在 450--650 摄氏度的为第二类回火脆性。

4、**加工硬化**: 金属材料在再结晶温度以下塑性变形时强度和硬度升高, 而塑性和韧性降低的现象, 又称冷作硬化。

5、**马氏体转变**: 钢从奥氏体状态快速冷却, 抑制过冷奥氏体发生珠光体和贝氏体等扩散型和半扩散型转变, 在较低的温度下 (低于  $M_s$  点) 发生的无扩散型相变为马氏体转变。

6、**同素异构转变**: 金属在固态下随温度的改变, 由一种晶格转变为另一种晶格的现象, 称为同素异构转变或多晶型转变。例如: 铁由体心立方晶体结构在 912 摄氏度以上时转变为面心立方晶体结构。

### 二、简答题 (5 个)

#### 1. 纯金属与合金结晶过程的异同点?

相同点: 形核都需要过冷度、能量起伏、结构起伏。

不同点: (1) 固溶体合金结晶过程还需要成分起伏, 固溶体结晶出与液相成分不同的晶体。(为异分结晶), 纯金属结晶出与液相成分相同的晶体 (为





同分结晶)；(2) 纯金属的结晶必须在一定温度下结晶，而固溶体合金的结晶需要一定的温度范围。

## 2. 回火马氏体与淬火马氏体的区别？

回火马氏体：淬火钢经过低温回火后得到的组织，和淬火马氏体相比，回火马氏体既保持了钢的高硬度、高强度和良好耐磨性，又适当提高了韧性。

淬火马氏体：钢经过淬火热处理得到的组织，硬度高，但塑性韧性低。

## 3. 影响间隙固溶体与置换固溶体溶解度的因素？

- 1) 原子尺寸因素：尺寸差越小溶解度越大。
- 2) 电负性因素：在形成固溶体的情况下，溶解度随负电性的减小而增大。
- 3) 电子浓度因素：电子浓度越小，越易形成无限固溶体。
- 4) 晶体结构因素：晶格类型相同溶解度较大。

间隙固溶体的固溶度与溶质原子的晶格类型有关，当溶质原子较小时，它所引起的晶格畸变也较小，因此就可以溶入更多的溶质原子，固溶度也较大，晶格类型不同，则其中的间隙形状、大小也不同。例如面心立方晶格的最大间隙是八面体间隙，所以溶质原子都位于八面体间隙中，体心立方晶格的致密度虽然比面心立方晶格的低，但因它的间隙数量多，每个间隙的半径都比立方晶格的小，所以它的固溶度要比面心立方晶格的小。

## 4. 冷变形金属加热后的变化。

回复：指冷塑性变形的金属在加热时，在光学显微组织发生改变前（即再结晶晶粒形成前）所产生的某些亚结构在性能的变化过程。

再结晶：冷变形后的金属加热到一定温度或保温足够时间后，在原来的变形组织中产生了无畸变的新晶粒，位错密度显著降低，性能也发生显著变化，并恢复到冷变形前的水平，此过程称为再结晶。

晶粒长大：再结晶过程结束后，随着加热温度的升高或保温时间的延长，晶粒之间相互吞并而长大。

显微组织经过回复、再结晶、晶粒长大三个阶段由破碎的或显微组织转变成等轴晶粒，亚晶尺寸增大；储存能降低，内应力松弛或被消除；各种结构缺陷减少，弧度、硬度降低，塑性、韧性提高；电阻下降，应力腐蚀倾向显著减少。

## 5. 晶体缺陷的种类、特征与典型代表。

点缺陷有三种：空位、间隙原子和置换原子。点缺陷特征：三个方向上的尺寸都很小，相当于原子尺寸。

线缺陷有两种：刃型位错和螺型位错。线缺陷特征：在两个方向上的尺寸都很小，另一个方向上的尺寸很大。

面缺陷包括晶体的外表面（表面或自由界面）和内界面两类，其中的内界面由晶界、亚晶界、孪晶界、堆垛层错和相界等。面缺陷特征：在一个方向上的尺寸很小，另外两个方向上的尺寸相对很大。

## 三、论述题

1. 锻造后缓冷的 T12 钢钻头，需要进行什么样的热处理。



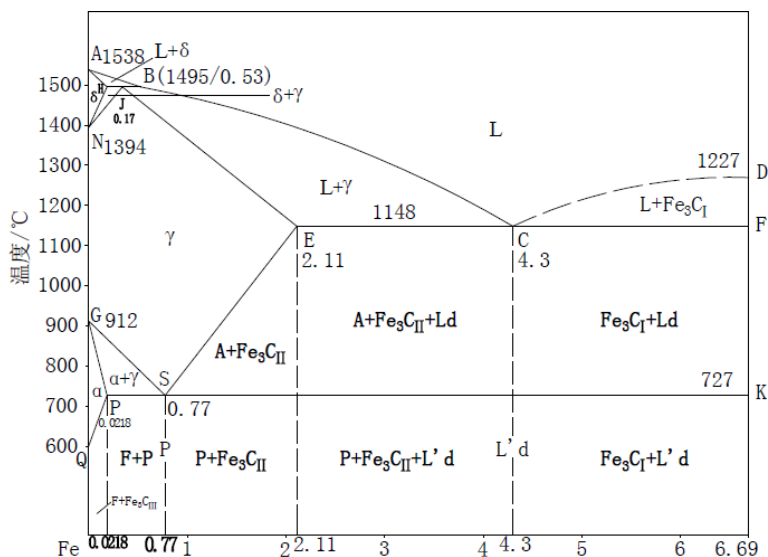


(1) 球化退火：讲钢加热至 730-800 摄氏度，保温一定时间后缓慢冷却，获得粒状珠光体，为淬火做好组织准备。

(2) 淬火：将球化退火后的钢加热至 770 摄氏度左右，保温一定时间后，水冷至室温，获得隐晶马氏体和颗粒状未溶渗碳体及残留奥氏体，这种组织具有较高硬度和耐磨性。

(3) 低温回火：将淬火钢加热至 150-250 摄氏度之间，保温一定时间，空冷至室温，得到回火马氏体和均匀细小的粒状渗碳体组织，这种组织，既具有高硬度和耐磨性，又没有淬火应力，塑性韧性得到提高。

## 2. 画图说明含 $\omega(C)=0.4\%$ 平衡冷却后的变化过程，并计算组织组成物。



### 参考解析：

$\omega(C)=0.4\%$  的铁碳合金为亚共析钢。在结晶过程中，冷却至 1→2 温度区间，合金按匀晶转变结晶出  $\delta$  固溶体。当冷却到点 2 时， $\delta$  固溶体的  $\omega(C)=0.09\%$ ，液相的含碳质量分数为 0.53%，此时的温度为 1495℃，于是液相和  $\delta$  固溶体于恒温下发生包晶转变：

$L_B + \delta_H \leftrightarrow \gamma_J$ ，形成奥氏体。但由于钢中的  $\omega(C)=0.40\% > 0.17\%$ ，所以包晶转变終了后，仍有液相存在，这些剩余的液相在点 2→3 之间继续结晶成奥氏体，此时液相的成分沿 BC 线变化，奥氏体的成分则沿 JE 线变化。温度降到点 3，合金全部由  $\omega(C)=0.4\%$  的奥氏体组成。

单相奥氏体冷却到 4 时，在晶界上开始析出铁素体。随着温度的降低，铁素体的数量不断增多，此时铁素体的成分沿 GP 线变化，而奥氏体的成分则沿着 GS 线变化。当温度降至点 5 与共析线（727℃）相遇时，奥氏体的成分达到了点 S，即含碳质量分数达到了 0.77%，于恒温下发生共析转变  $\gamma_S \leftrightarrow \alpha_P + Fe_3C$  形成珠光体。在点 5 以下，先共析铁素体和珠光体中的铁素体都将析出三次渗碳体，但其数量很少，一般可以忽略不计。因此，该钢在室温下的组织由先共析铁素体和珠光体所组成。

利用杠杆定律计算钢中的组织组成物：

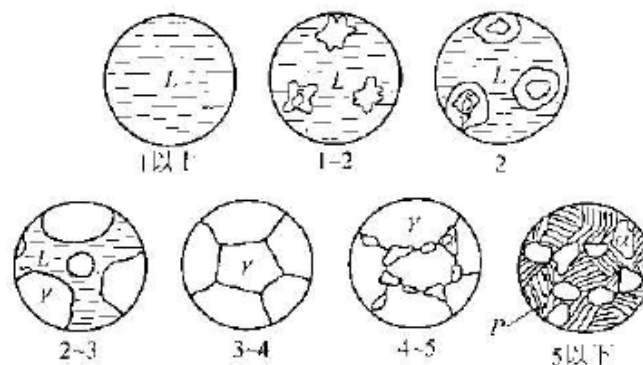




先共析铁素体:  $\omega_{\alpha} = \frac{0.77 - 0.4}{0.77 - 0.0218} \times 100\% = 49.5\%$

珠光体:  $\omega_p = 1 - 49.5\% = 50.5\%$

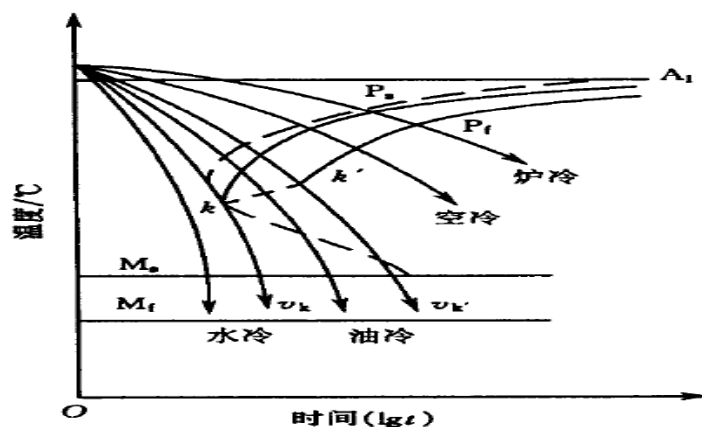
结晶过程示意图如下:



3. 奥氏体冷却曲线的图, 判断以不同速度冷却得到什么组织。然后大于临界淬火速度冷却后再 150 度回火, 得到的组织。

参考解析: 炉冷 ( $v_1$ ) 发生珠光体转变生成珠光体组织。空冷 ( $v_2$ ) 将发生索氏体转变, 生成索氏体组织。风冷 ( $v_3$ , 图中未显示, 冷却速度线画在  $v_k$  与空冷线之间) 将发生屈氏体转变, 生成屈氏体组织。油冷时 ( $v_4$ ) 先发生屈氏体转变而后相变中止, 待剩余过冷奥氏体冷至  $M_s$  以下时, 发生马氏体转变, 最终生成组织为: 屈氏体、马氏体、残余奥氏体。当冷却速度大于  $v_k$  时全部发生马氏体相变, 最终生成组织为马氏体加残余奥氏体。

淬火加 150°C 回火 (低温回火) 得到的组织为回火马氏体。







材料人网助力材料领域人才成长  
材料人考研学院——共享、互助、免费



材料人网官方唯一 QQ: 97482208  
材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

# 东北大学

## 2015 年硕士学位研究生入学试题—答案详解

=====

试题编号: 835 名称: 金属学与热处理原理 (共11页)

适用专业: 材料工程

说明: 所有答案必须写在答题纸上, 做在试题或草稿纸上无效。

=====

### 一、名词解释(6分/题, 共30分)

#### 1. 离异共晶;

**参考解析:** 在先共晶相数量较多而共晶组织甚少, 有时共晶组织中  
与先共晶相相同的那一相, 会依附于先共晶相上生长, 剩下的另一相则单独存在  
于晶界处, 从而使共晶组织的特征消失, 这种两相分离的共晶称为离异共晶。

离异共晶可以在平和条件下获得, 也可以在不平衡条件下获得。

离异共晶可能给合金的性能带来不利的影响, 对于不平衡结晶所出现的这种  
组织, 经均匀化退火后能转变为平衡态的固溶体组织。(答案出处: 金属学与热  
处理原理第 3 章第 3 节 P87)

#### 2. 成分起伏;

**参考解析:** 从微观角度来看, 由于原子运动的结果, 在任一瞬间, 液相中总  
会有某些微小体积可能偏离液相的平均成分, 这些微小体积的成分、大小和位置  
都是在不断变化着, 这就是成分起伏。(答案出处: 金属学与热处理原理第 3  
章第 2 节 69 页。三大起伏的定义与作用要记牢, 结构起伏定义在 45 页, 能量起  
伏定义在 48 页。)

#### 3. 间隙化合物;

**参考解析:** 过渡族金属能与原子甚小的非金属元素氢、碳、氮、硼等形成化  
合物, 他们具有金属的性质、很高的熔点和极高的硬度。根据非金属元素 (以 X  
表示) 与金属元素 (以 M 表示) 原子半径的比值, 可将其分为两类: 当  $r_X / r_M < 0.59$   
时候, 化合物具有比较简单的晶体结构, 称为间隙相。当  $r_X / r_M > 0.59$  时, 其结





构很复杂，称为间隙化合物。（答案出处：金属学与热处理原理第 1 章第 3 节 24 页。）

#### 4. 二次再结晶：

**参考解析：**再结晶完成后，继续提高加热温度或延长保温时间，将引起晶粒的进一步长大，当加热超过一定温度或保温时间较长时，会有少数晶粒吞并周围其他小晶粒而急剧长大，而其它晶粒仍然保持细小，最后小晶粒被大晶粒吞并，整个金属的晶粒都变得十分粗大，这种晶粒的不均匀长大就好像在再结晶后均匀细小的等轴晶粒中又重新发生了再结晶，所以称这种晶粒异常长大的现象为二次再结晶。

二次再结晶的原因是：由于晶界处存在着弥散、细小的夹杂物或第二相质点，阻碍晶粒的长大，但是弥散质点分布不均匀，而且当温度很高或延长保温时间时，弥散质点发生聚集或溶解于金属基体中，导致少数晶粒脱离夹杂物的约束而突然长大。

二次再结晶的晶粒特别粗大，使金属的强度、塑性和韧性显著降低，对产品的性能是有害的，应予以避免。但是对于某些磁性材料来说可以利用二次再结晶获得粗大的晶粒以提高导磁率。（答案出处：金属学与热处理原理第 6 章第 5 节 170 页。）

#### 5. 调质处理：

**参考解析：**淬火和随后的高温回火（ $550^{\circ}\text{C} \rightarrow 650^{\circ}\text{C}$ ）相结合的热处理工艺称为调质处理。调质处理后的钢的组织为回火索氏体，并且调质处理后钢材具有强度、塑性和韧性都较好的综合机械性能，广泛应用于中碳，合金结构钢制造的各种重要结构零件。（答案出处：金属学与热处理原理第 9 章第 4 节 243 页。）

#### 6. 相变强化：

**参考解析：**由于相变导致材料组织结构的变化，从而提高钢材性能的一种强化方法。比如在马氏体转变时，在晶体内造成晶格缺陷密度很高的亚结构，如板条马氏体中高密度的位错，片状马氏体中的孪晶等，这些缺陷都将阻碍位错的运动，使得马氏体强化。（答案出处：金属学与热处理原理第 7 章第 5 节 201 页。）

### 二、简答题(10分/题，共70分)





## 1、贝氏体、珠光体、马氏体转变异同。

**参考解析：**珠光体转变是过冷奥氏体在临界温度  $A_1$  以下比较高的温度范围内进行的转变，是单相奥氏体分解为铁素体和渗碳体两个新相的机械混合物的相变过程。

贝氏体转变是介于珠光体和马氏体转变之间的一种转变，又称为中温转变。

马氏体转变是钢从奥氏体状态快速冷却，抑制其扩散性分解，在较低温度下（低于点  $M_s$ ）发生的转变。

三种转变的相同点是：

①都发生了相变，晶体结构发生了变化，分别从奥氏体转变为了珠光体、贝氏体和马氏体。

②三种转变都需要过冷度做相变驱动力。

③相变产物都具有多种类型，奥氏体根据转变温度不同可以转变为片状，球状珠光体、上贝氏体、下贝氏体、板条马氏体、针状马氏体等。

三种转变的不同点：

①转变温度区间不同：珠光体转变温度在  $A_1$  点以下比较高的温度范围内进行，共析钢约在  $A_1 \rightarrow 550^\circ\text{C}$  温度之间发生，称为高温转变。贝氏体转变是中温转变，温度介于珠光体转变和马氏体转变温度之间（ $550^\circ\text{C} \rightarrow M_s$ ）。马氏体转变发生在点  $M_s$  以下。

②转变产物不同：珠光体转变生成物为片状或粒状珠光体。贝氏体转变生成上贝氏体或下贝氏体。马氏体转变生成板条马氏体或片状马氏体。

③铁、碳原子的晶格改组方式不同：珠光体转变中，铁、碳原子的晶格改组是通过原子扩散来完成的。贝氏体转变中碳原子通过扩散，铁原子通过共格切变进行晶格改组。马氏体转变中铁碳原子都是进行共格切变来进行改组的。

④热力学特点不同：珠光体转变需要一定的过冷度做驱动力来驱动相变，由于铁、碳原子发生扩散，从而这个过冷度不大。

贝氏体转变时，由于碳原子发生扩散降低了铁素体的自由能，增大了新、旧两相的自由能差  $\Delta G_v$ ，从而增大了相变驱动力。同时由于碳脱溶使得奥氏体和贝氏体之间的比容差减小，综合以上两个因素，贝氏体转变发生在点  $M_s$  上。





马氏体转变时，由于只能发生共格切变，从而转变条件有两个：第一是过冷奥氏体的冷却速度必须大于临界冷却速度  $v_c$ ；第二是过冷奥氏体必须深度过冷，低于点  $M_s$  以下才能发生马氏体转变。其中快速冷却是为了抑制其发生珠光体转变和贝氏体转变，深度过冷是为了获得足够的马氏体转变的驱动力。

⑤晶体学特点不同：马氏体、贝氏体转变时新相与旧相之间保持着共格的关系并且两相之间存在着晶体学上的位向关系，珠光体转变则不具有上述特点。

⑥动力学特点不同：马氏体转变是降温过程且具有可逆性。珠光体，贝氏体转变可以通过等温转变而获得。

## 2、面心立方金属的滑移系。

**参考解析：**对于面心立方金属，原子排列最紧密的面是  $\{111\}$ ，原子最密集的方向是  $[110]$ 。因而其滑移面为  $\{111\}$  共四个；滑移方向为  $[110]$ ，共有三个，分别列出则为： $[\bar{1}10] \times (111)$ 、 $[\bar{1}\bar{1}0] \times (11\bar{1})$ 、 $[110] \times (\bar{1}\bar{1}1)$ 、 $[110] \times (\bar{1}1\bar{1})$

$[10\bar{1}] \times (111)$ 、 $[101] \times (11\bar{1})$ 、 $[\bar{1}01] \times (\bar{1}\bar{1}1)$ 、 $[101] \times (\bar{1}1\bar{1})$

$[0\bar{1}1] \times (111)$ 、 $[011] \times (11\bar{1})$ 、 $[011] \times (\bar{1}\bar{1}1)$ 、 $[0\bar{1}\bar{1}] \times (\bar{1}1\bar{1})$

## 3、渗碳体在铁碳合金中有几种存在形式，并写出生成方式。

**参考解析：**渗碳体在铁碳合金中有五种存在方式。分别是：一次渗碳体、二次渗碳体、三次渗碳体、共析渗碳体、共晶渗碳体。

同一组成相，由于生成条件的不同，虽然相的本质未变，但其形态可以有很大的差异。一次渗碳体是从液体中直接形成的，呈规则的长条状。生成方式  $L \rightarrow L + Fe_3C_I$ 。二次渗碳体是从奥氏体中析出，以网络状分布于奥氏体晶界处。生成方式： $\gamma \rightarrow \gamma + Fe_3C_{II}$ 。三次渗碳体是从铁素体中析出，沿晶界呈小片状分布，生成方式  $\alpha \rightarrow \alpha + Fe_3C_{III}$ 。共析渗碳体是晶共析反应生成的，与铁素体呈交替层片状，生成方式： $\gamma_s \xrightarrow{727^\circ C} \alpha_p + Fe_3C$ 。共晶渗碳体是与奥氏体相关形成的，在莱氏体中为连续的基体，比较粗大，有时呈鱼骨状，生成方式： $L_c \xrightarrow{1148^\circ C} \gamma_E + Fe_3C$ 。

## 4、为什么金属结晶要有一定的过冷度。

**参考解析：**金属由液态转变为固态晶体的过程称之为结晶。过冷度是金属的实际结晶温度  $T_n$  与理论结晶温度  $T_m$  之差。从宏观现象上看，金属结晶需要一定





的过冷度，只有超过过冷度的最小值，结晶才能发生，体现在金属结晶时冷却曲线上出现的结晶平台低于熔点一定的温度。

从理论上解释，其原因是：金属结晶需要满足一定的热力学条件，即两相自由能之差  $\Delta G_v$  构成了金属结晶（两相转变）的驱动力，而自由能差  $\Delta G_v$  又来源于过冷。现证明如下：

当液相向固相转变时，定义单位体积自由能为  $\Delta G_v$ ，过冷度定义为  $\Delta T$ 。

金属各相的状态都有其相应的自由能。状态的自由能  $G$  可用下式表示：

$$G = H - TS \quad (2.1)$$

因为  $\Delta G_v = G_L - G_S$ ，所以由式（2.1）可知

$$\Delta G_v = H_L - TS_L - (H_S - TS_S) = (H_L - H_S) - T(S_L - S_S) \quad (2.2)$$

式中  $H_L - H_S = L_m$  为融化潜热。当结晶温度  $T$  等于理论结晶温度  $T_m$  时，

$\Delta G_v = 0$ ，即

$$L_m = T_m(S_L - S_S) = T_m \Delta S \quad (2.3)$$

当  $T < T_m$  时，由于  $\Delta S$  的变化很小，可以视为常数，将（2.3）代入（2.2）中即得

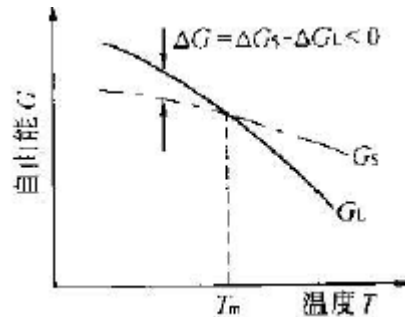
$$\Delta G_v = L_m - T \frac{L_m}{T_m} = L_m \left(1 - \frac{T}{T_m}\right) = L_m \left(\frac{T_m - T}{T_m}\right) = L_m \frac{\Delta T}{T_m} \quad (2.4)$$

由此可见，两相自由能之差  $\Delta G_v$  与过冷度  $\Delta T$  成正比，即  $\Delta G_v$  随过冷度  $\Delta T$  的增大而呈直线增加。当  $\Delta T$  为零时， $\Delta G_v$  也等于零。此时没有驱动力，不能结晶。

要获得结晶过程所必须的驱动力，一定要使实际结晶温度低于理论结晶温度，这样才能满足结晶过程的热力学条件。过冷度越大，液、固两相自由能之差越大，相变驱动力越大，结晶速度便越快，这就说明了金属结晶时为什么必须过冷的根本原因。

也可从液相和固相自由能随温度变化图示上直观的进行解释：

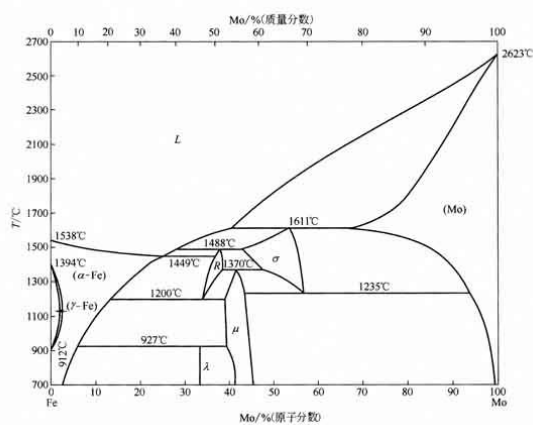




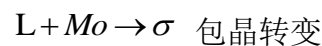
由图可知，只有温度低于熔点  $T_m$  一定温度，产生一定的过冷度时，金属固态的自由能低于液态的自由能，固态是稳定态，因而此时液态向固态转变，即发生结晶。

### 5、写出 $Fe-Mo$ 二元相图上标出区域的反应式并说明是什么反应。

参考解析：



①1611°C:



②1488°C:  $L + \sigma \rightarrow R$  包晶转变

③1370°C:  $R + \sigma \rightarrow \mu$  共析转变

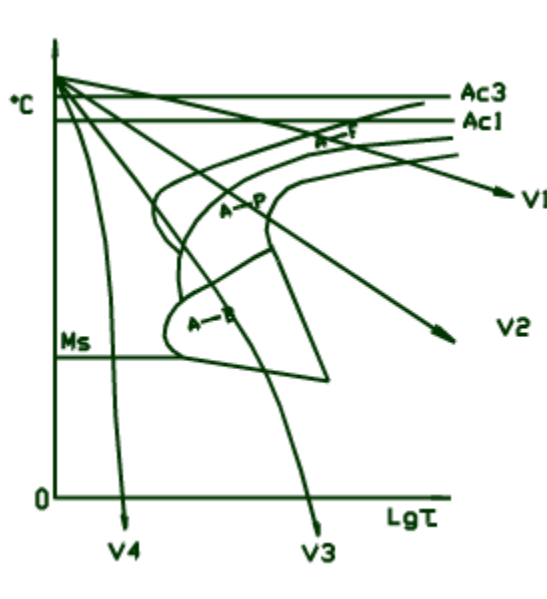
④927°C:  $\alpha-Fe + \mu \rightarrow \lambda$  包析转变

### 6、CCT 曲线分析，写出不同冷却速度的最终产物。





**参考解析：**以  $v_1$  速度冷却，组织为铁素体加珠光体。以  $v_2$  速度冷却，组织为铁素体加索氏体。以  $v_3$  速度冷却，组织为铁素体加屈氏体加贝氏体加马氏体和残余奥氏体。



## 6、什么是热加工，什么是冷加工。说明热加工过程中材料组织的变化。

**参考解析：**从金属学的角度来看，区分冷加工与热加工的界限是金属的再结晶温度。在再结晶温度以下进行塑性变形称为冷加工；在再结晶温度以上进行塑性变形称为热加工。

热加工过程中材料组织的变化：

①铸锭和钢坯的组织得到改善，晶粒得到细化，成分变得均匀，即气孔和疏松被焊合，金属材料的致密度增加，铸态组织中粗大的柱状晶和树枝晶被打碎，晶粒细化。某些合金钢中的大块初晶或共晶碳化物被打碎，并均匀分布，粗大的夹杂物亦可被打碎，并均匀分布。由于在温度和压力作用下，原子扩散速度加快，因而偏析可部分得到消除，使化学成分比较均匀，提高了材料的性能。

②形成纤维组织。在热加工过程中铸态金属的偏析、夹杂物、第二相、晶界等逐渐沿变形方向延伸。其中硅酸盐、氧化物、碳化物等脆性杂质与第二相破碎呈链状，塑性夹杂物如  $MnS$  等则变成带状、线状或条状。在宏观试样上沿着变





形方向呈现一条条的细线，这就是热加工钢中的流线。由一条条流线勾画出来的组织叫做纤维组织。纤维组织的形成将使其机械性能呈现各向异性。

③形成带状组织。复相合金中的各个相，在热加工时沿着变形方向交替地呈带状分布，这种组织称为带状组织。可以在材料冷却相变时形成，也可以由被拉成带状的夹杂物与依附于其上析出物形成，或由共晶碳化物等第二相在加工时被拉成带状而形成带状组织。

带状组织是金属材料的机械性能产生各向异性，恶化材料的切削性能，可以用正火或高温扩散退火加正火予以消除。

④细化晶粒。正常的热加工一般是细化晶粒，但要对变形量、热加工温度等进行控制，避免在临界变形度进行加工而发生二次再结晶使晶粒粗化。

### 三、分析题(25分/题，共50分)

#### 1、什么是细晶强化，有哪些特点？说出制备、加工、处理时细化晶粒的方法。

**参考解析：**通过减少晶粒尺寸而提高材料的力学性能如强度、硬度、塑性、韧性等的方法称为细晶强化。与其他强化方式相比，细晶强化在提高材料强度硬度同时又能提高材料的塑性和韧性，提高了材料的综合机械性能。

由霍尔佩奇公式  $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$  可知：金属材料常温下的屈服强度随其晶粒细化而提高。用此公式可解释细晶强化的特点。

在多晶体中，屈服强度是与滑移从先塑性变形的晶粒转移到相邻晶粒密切相关的，而这种转移能否发生，主要取决于在以滑移晶粒晶界附近的位错塞积群所产生的应力集中能否激发相邻晶粒滑移系中的位错源，使其开动起来，从而进行协调性的多滑移。根据  $\tau = n\tau_0$  的关系式，应力集中  $\tau$  的大小决定于塞积群的位错数目  $n$ ， $n$  越大，则应力集中也越大。当外加应力和其他条件一定时，位错数目  $n$  是与引起塞积的障碍——晶界到位错源的距离成正比。晶粒越大，则这个距离越大， $n$  也就越大，所以应力集中也就越大；晶粒小， $n$  也小，应力集中也小。因此，在相同外加应力下，大晶粒的位错塞积所造成的应力集中激发相邻晶粒发生塑性变形的机会比小晶粒要大得多。小晶粒的应力集中小，则需要再较大的外应力下才能使相邻晶粒发生塑性变形。这就是为什么晶粒越细、屈服强度越高的主要原因。





另外,当金属晶粒细小而均匀时,不仅常温下强度较高,而且通常具有较好的塑性。这是因为晶粒越细,在一定体积内的晶粒数目越多,在相同变形量下,变形分散在更多晶粒内进行,晶粒内部和晶界附近的应变度相差较小,变形较均匀,相对来说,引起应力集中较小。使材料在断裂之前能承受较大的变形量,所以可以得到较大的延伸率和断面收缩率。此外,晶粒越细,晶界越曲折,越不利于裂纹的传播,从而在断裂过程中可以吸收了更多的能量,表现出较高的韧性。

因此,在工业生产中通常总是设法获得细小而均匀的晶粒组织,使材料具有较高的综合机械性能。

制备、加工、处理时细化晶粒的方法:在制备材料时细化晶粒的方法有三种

第一,控制过冷度。形核率和长大速度都与过冷度有关,过冷度增加,形核率和长大速度均随之增加,但两者的增加速率不同,形核率的增长率大于长大速度的增长率,在一般金属结晶时的过冷度范围内,过冷度越大,晶粒越细小。

第二,变质处理。变质处理是指在浇注前向液态金属中加入形核剂,促进形成大量的非均匀晶核来细化晶粒。

第三,震动、搅动。对即将凝固的金属进行震动或搅动,一方面是依靠从外面输入能量促使晶核提前形成,另一方面是使成长中的枝晶破碎,使晶核数目增加,这已成为一种有效的细化晶粒组织的重要手段。

加工时细化晶粒的手段:冷变形可以产生显微组织并使亚结构细化。冷变形后的回复和再结晶可以细化晶粒,应避免在临界变形度范围内进行加工并且适当增加变形程度以提高储存能而细化晶粒。适当控制退火温度,并将变形程度和退火温度综合考虑避开二次再结晶区域,在细化晶粒区进行加工。热加工中,应适当增大变形量,控制变形温度和冷却速度来细化晶粒。

处理时细化晶粒的手段:钢在加热时应控制加热温度和保温时间,细化奥氏体晶粒,以为随后的淬火获得细小马氏体做组织准备。实际生产中采用高温快速加热,短时保温的方法可获得细小的晶粒。适当的加入强碳氮、化合物形成元素能阻碍晶粒长大,从而细化晶粒。

对于过共析钢,进行球化退火可以细化晶粒。正火后获得珠光体类型的组织,也细化晶粒。





## 2、 $\omega(C) = 2.5\%$ 铁碳合金的凝固过程和生成物的计算。

**参考解析：** $\omega(C) = 2.5\%$  的合金为亚共晶白口铁。在结晶过程中，在点 1→2 之间按匀晶转变结晶出先共晶或初晶奥氏体，奥氏体的成分沿 JE 线变化，而液相的成分沿 BC 线变化，当温度降至 2 点时，液相成分沿 BC 线变化，当温度降至点 2 时，液相的成分达到共晶点 C，于恒温（1148℃）下发生共晶转变，即  $L_C \Leftrightarrow \gamma_E + Fe_3C$  形成莱氏体。当温度冷却到点 2→3 温度区间时，从初晶奥氏体和共晶奥氏体中都析出二次渗碳体。随着二次渗碳体的析出，奥氏体的成分沿着 ES 线不断降低，当温度达到点 3（727℃）时，奥氏体的成分也达到了点 S，于恒温下发生共析转变，所有的奥氏体都转变为珠光体。

结晶过程可以描述如下：

相组成物变化： $L \rightarrow L + \gamma \rightarrow L + \gamma + Fe_3C \rightarrow \gamma + Fe_3C \rightarrow \alpha + \gamma + Fe_3C \rightarrow \alpha + Fe_3C$   
组织组成物的变化： $L \rightarrow L + \gamma \rightarrow L + \gamma_E + (\gamma_E + Fe_3C) \rightarrow \gamma_E + (\gamma_E + Fe_3C) \rightarrow \gamma + Fe_3C_{II} + (\gamma + Fe_3C) \rightarrow \gamma_S + Fe_3C_{II} + (\gamma_S + Fe_3C) \rightarrow P + Fe_3C_{II} + (P + Fe_3C)$

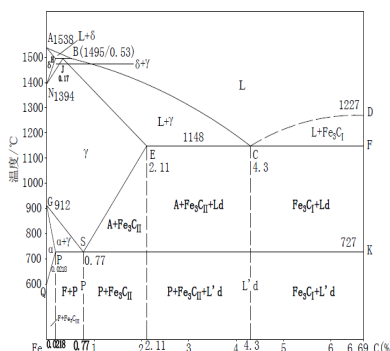
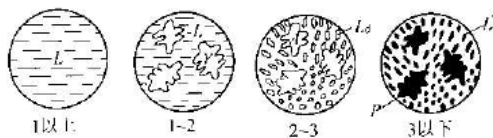
根据杠杆定律计算，该白口铁的组织组成物中：

$$\text{初晶奥氏体: } \omega_\gamma = \frac{4.3 - 2.5}{4.3 - 2.11} \times 100\% = 82.2\%$$

$$\text{莱氏体: } \omega_{L_d} = \frac{2.5 - 2.11}{4.3 - 2.11} \times 100\% = 17.8\%$$

从初晶奥氏体中析出二次渗碳体的含量为：

$$\omega(Fe_3C_{II}) = \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 0.77} \times \omega_\gamma = 18.6\% \text{。结晶过程示意图如下：}$$







材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 东北大学材料工程 364 总分 500 经验教训帖！

作者: wanderwander

首先材料工程是专硕，考的是数学二 英语二 政治 金属学与热处理（崔忠圻、刘北兴版），说实话，东北大学专硕和学硕的区别，除了初试复试科目不同以外，培养模式什么的，基本没有什么区别。学硕的名额越来越少，专硕名额却日渐增加，这说明什么趋势呢？对于基础不很好，或者不是特别能踏实下来拼命复习的人来说，东大材料工程绝对是最有性价比的选择！毕竟考研一年，大部分人都求一个保险。我是比较懒的那种，最初想考材料学，后来多方了解以后，决定考专硕，毕竟这个稳妥，而且对将来就业来说，没啥坏处还有不少好处。

言归正传，我的经验就是我觉得哪些辅导书不错，值得一看，哪些根本就很不值得浪费时间。数学大家就都知道了，数二的话，就是复习全书，线代讲义，再有就是陈文灯的指南，全书比较全面，指南比较系统，不过主要还是全书，指南就作为重点突击的就行，哪里不会点哪里那种就好了。线代讲义太经典了，结合李永乐的视频看，应该可以保证都拿分的。数学对我来说，不是经验，是教训，99 分哪来的经验啊。。。因为做题还是少啊，数学基础又很差，所以大家要踏实看书，做题，数学是一天不能落，一天不能懈怠的，必须抓紧不拉分的！！

再说英语，由于我是到十月份才决定考专硕的，一直按英一复习的，所以就做了历年真题，从 97 做到了 10 年，每篇都总结不会的单词，写下来，翻译文章，但是就做了这一次。十一月买了英语二的考研圣经，这个书不错，应该是英语二最好的辅导书，推荐一下。星火的也买了，但是明显不是一个层次的，大纲里去掉的东西了，还在用。。。这不是浪费大家时间吗。。。所以说，前期没有资料，就做做英语一的历年题，找找感觉。另推荐新东方的视频，范猛的阅读，都是配英语一的，但是方法很好，我就受益匪浅。张销民的新题型和完型，那会还是刘一男的单词，也不错。唐静的翻译，别的就是要自己背了，比如作文。差不多十月份以后开始做英语二的真题，也是做了，翻译，不会的单词务必整理记住！把真题拿下，摸清出题的感觉，临考前再模考，掌握时间安排。我英语还行，75，感觉还是英语一真题的练习最有用，黄皮书就不用说了，英语二真题的话，就是考研圣经了，150 题没用，买了没怎么做，跟真题差挺多的。

政治，71，选择题应该做的还不错，因为确实下了点功夫。推荐的是 1000 题，风中劲草不用说了，没有你都不放心。肖四也是，经典啊，再有就是临考前背得小册子，启航的不错，背一背就好。但是提醒大家一句，某个老师出的题，不要做太多，做多了难免会思路僵化，总按他的思路走，出题老师的思路可不那么单一，要多元化。

专业课，也就主要看书吧。。。我专业课考得不咋地，看的也晚，快十一月份才开始看的，书过了两遍，其实怎么也应该过个三四遍的。所以只有 119，不要学我，课本是王道。

初试结束后就疯玩了，啥都没管。复试就没怎么好好看，掉以轻心没有背真题，结果考了将近 100 分真题啊！！！所以真题很重要啊，不管哪门课！！！也就这些，祝好运！





材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

## 15 考研人的考研经验教训（东北大学材料工程）

作者：揭谛

今天下午听到了个好消息，宿舍哥们被北科新材料学院录取了，高兴！！！想想这一年，真心不容易。从去年四月份到今年四月份，坚持下来，终于有个不错的结果。

我从去年就开始天天在材料人签到了（材料人是个好网站，考研板块资料很多的，但北科的最多，所以我想在我们这届的努力下，把东北大学的板块的气氛也搞起来，嘿嘿），这一年看了好多学神们的经验贴，内心很震撼，真的佩服他们，他们真是生来就是为了科研啊！嘿嘿，榜样的力量是无穷的，你会从内心羡慕他们，然后会思考自己应该怎样做才能不虚度光阴，才能离他们更进一步，就好像求极限一样，只能无限趋近，永远不会相等（其实我认为这正是人生的乐趣，你会和理想相似，但是总有那么点不同，嘿嘿）。之后你会行动，去追赶，你不一定能比他们做得好，但是当你回头看看的时候，你会发现，你已经走了很远。

说说我这一年得到的一些肤浅的感悟吧，我认为在考研期间最重要的是：戒能生定，定能生慧，想到即做，布施分享。

考研前期会遇到一些问题可能比较纠结，第一个就是报班的问题。这个事比较纠结（一开始都那样），反正我的建议是，最好有一个研友（最好同专业，报考学校可以相同也可以不同，最总要的是知道投脾气，知道轻重缓急），一起学，不用报班，网上都有资源，很全的，自由安排时间。而且要多加几个老师的微信微博，老师们推送的文章挺好。这样暑假期间也不用纠结上考研班（怕耽误时间）还是自己学了（怕掌握不全）。考研班的老师们讲的都挺好，网上的资源要充分利用吧，嘿嘿。

第二个就是学校的问题，我当时一开始想报北科（我其实挺喜欢北京的，北京离家近，而且繁华，嘿嘿）但是从学长那里了解到东北大学材料工程挺好考的，而且有个国家重点实验室（RAL）研究方向就是我本科方向（轧制），学校问题大概纠结一个月，因为我想在暑假前把专业课大概看看，综合各方面的利弊（自身实力，兴趣等等）所以在五月份的时候决定了考东北大学，舍友比较坚定，非贝壳不上，嘿嘿，我是比较随性的人，就这样我们一个北科，一个东大，虽然不同校了，但依旧是好基友，哈哈。学校问题大家一定要综合自己的情况来考虑，要是基础好，有实力的可以选择本专业前几名学校来考，要是求稳，那就选择竞争不太大的性价比高的学校（考研路上选择是重要的一个环节，选择一个适合你的，义无反顾的走下去，是最重要的！）

第三个就是专业课的问题，专业课尽量早点看，20遍的效果和15遍的效果是不一样的，15遍的效果和10遍的效果又是不一样的，但是不要给自己太大压力，暑假之前重点看数学和英语（英语前期吧单词背好，每天看看外刊，分析分析长难句）。专业课的资料买还是不买又是一个让人纠结的问题，不过今年你们有福了，材料人网集合了15届学子，我们把买来的资料，经过加工整理，会给大家上传的，就在咱们的板块，嘿嘿（资料整理成电子版的，整理的时候会把其中错的和不全的进行优化，让16届的学弟学妹们不再花钱，这个观点是和我的想法不谋而合的，我本来打算考研之后，把资料整理整理然后分享给学弟学妹们，之后学姐让我做辅导员，在材料人这个平台去做，会有更多的学子受益，嘿嘿）

啰嗦了这么多，我还是说说我的考研经历吧，从数学说起，我数学基础不太好，只能给大家说些教训…去年三月份的时候我正忙着考二级，因为数学基础不太好，所以先看了看汤家凤老师的基础课视频（我个人比较喜欢汤家凤老师，有一点一定要注意，看视频一定





要做笔记，而且要回顾几遍，当然前期选择一个你中意的老师去听，有了一定的基础后需要再选择其他的老师去听，你会发现每个老师都有侧重点，综合起来再总结下，你会发现考试的知识点脉络比较清晰了）。

考完二级应该是四月初了，这个时候开始看高数书。我感觉考研是锻炼人的心智的，在这个过程中，你会遇到很多情况，比如进度（看到别人进度快，或者自己做题做的不理想），友情，爱情（这一年里我最感谢的就是我女朋友了，我们在一个考研教室，因为去年身子不大舒服，她照顾了我一年，没有她陪我我想考研路会艰难很多的），你会纠结很多很多问题，但是当你静心之后，你会发现有些问题就是庸人自扰。大概用了一个月把高数书看完了，课后题也选择性的做了一部分，这个时候我开始看复习全书了，看完了第一章心中感觉高数书白看了…哈哈，可能是我数学基础不好吧，我就逼着自己看，一直看到放暑假，大概看到了二重积分（之后的知识点都是暑假和开学后看的，线性代数买李永乐的那本就好，那本书知识点和题型挺经典的）。我感觉复习全书挺好的，附带的习题我感觉略难，不过还是要做，并且多做几遍，你会发现这些题可以分成一些模型或类别，把这一类题做明白之后，复习的目的就达到了。当然人都会有个学习遗忘的过程，你要做的就是学会，知道我学了什么（昨夜西风凋碧树。独上高楼，望尽天涯路），然后就是忘记（呵呵），再记忆，再思索（衣带渐宽终不悔，为伊消得人憔悴），又忘记（呵呵呵呵），然后就是坚持下来，再记忆，深入理解下，横向纵向联系比较（众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在，灯火阑珊处）如此反复，我想你再做题，就会发现其实自己基础不是那么差，嘿嘿。

时间总是过得很快的，一转眼就到了暑假，我是在家复习了一个月（因为报了班，开学之前要上课所以先回家呆了一个月），这一个月我主要就是做复习全书，把里面的每句话琢磨琢磨，题目也做两遍（不一定非要琢磨复习全书，但是你一定要认真的琢磨一本书，全书也好，高数书也罢）。

从四月份到九月半，我一直在看课本和复习全书，八月份去学校后开始做 660 题，660 题中的题型还是比较经典，建议大家做做，其中有两个类型的题今年考到了，而且就是题目变变形式，我找了下，是下面这两题：（不会排版…分别是选择题第一题和第三题）

全书上的题也挺经典（无论是填空选择还是大题全书上都有原型，但是我掌握不牢，总是丢分），但是我认为最重要的是真题。真题我从 10 月份开始做的，买的是粉色的那本李永乐历年试题解析，我把每年的题掐着表做，并且都留存，以便日后复习用。那本书前面是成套的后面是按知识点分的，我先是一年一年的做，做完之后按照知识点再做一遍（没办法我不是聪明人，只能靠多做题来提升自己）。

我每次做完之后都打分的…但是每次也就一百左右。我当时估计最好也就上一百，果不其然成绩出来是 108 分…。当然后期做做模拟题也是必须的，但是鉴于我数学没什么突出的成绩，只能给你们说点教训了，那就是一定要把题做明白，不要自以为是，还有就是，把公式背熟悉，今年二重积分那个题我上下限都求错了…而且今年数学考计算考得多，好多需要背的公式一定要记熟。

我的进度比较慢，但是我不着急，因为我相信自己的方法没错，即使基础不好，最后结果应该不会太差。总的来说数学需要的资料就是高数课本，复习全书，660 题，李永乐线性代数辅导讲义，历年真题解析，还有一些模拟题（比如张宇八套卷，汤家凤的卷子等等）。考研需静心，静心才有收获，嘿嘿。





材料人网助力材料领域人才成长

材料人考研学院——共享、互助、免费

材料人网官方唯一 QQ: 97482208

材料人考研学院官方唯一 QQ: 3129115541

我英语考得英语二，个人认为比英语一简单太多，英语一和英语二的区别就是：英语一的完型、阅读题目个数和英语二一样：一篇完型，四篇阅读（但阅读的难度比英语一小，只是选项比较诡异…而且选材比较贴近生活）新题型英语二只有两个题型（一个是匹配一个是小标题对应，忒简单啊和英语一相比）翻译是整片翻译（英语一是一篇文章中翻译五个句子，但这五个句子不仅结构诡异，而且单词数比英语二整篇文章还多，英语二整篇文章只有几个难句，文章很好懂的，而且分数是 15 分比英语一多五分，英语二作文比英语一少了五分）英语二的作文小作文和英语一差不多，但大作文一般是图表作文，有固定的套路（我用的老蒋那本书里有作文模板，后来买了个考研一号的作文书，里面的东西一般，建议作文早点整，自己按照书上和真题的类型进行总结，写作记忆，我今年就吃了作文的亏，小作文没准备到，连格式都错了，大作文写的一塌糊涂…），我英语基础还行，最后考了 74，按今年的难度来说，中等吧。我从四月份开始背单词，一直持续到考研，用的是新东方绿皮单词书，我每天平均背三四页（一开始背得多，背了俩月之后量开始减小，重点放到真题和句子解析上了）。新东方那个有个好处就是每页下面单独列出了单词（只是单词，没注释），我第一遍第二遍背诵都把每个单词和之后的例句用法都看，之后我就看下面的单词，过一遍把没记住的标上，之后每次都看我不会的那几个，因为没记住的特容易忘。四月到六月我就看看单词，这样是不妥的，因为当时不知道张剑有个基础版的真题，里面是 90 到 2000 年的真题，这几个月应该做做做那个的，或者多看看外刊，分析分析句子，也比单纯背单词强（丁晓钟外刊不错）。虽然我是英语二，但是按照英语一来要求自己，没错的。暑假期间我主要是做英语一的真题，做完一篇阅读便按照张剑的解析来自己分析，如果有时间我还会翻译出来（大概翻译了七八年的吧，比较累，能坚持下来肯定有大的提升）真题在暑假期间做了一遍，开学后我买了老蒋的英语二（个人认为一般），英语二真题我是十月份中旬开始做的，每个礼拜做一套，真题少，留了两套最后半个月来做，一是适应思路，二是提升自信，嘿嘿。英语要准备的材料大概就是：新东方绿皮单词书，何凯文长难句（英语视频看的少，就看了长难句），张剑真题解析，英语二真题解析，考研一号英语二作文。英语（还有政治）要重视起来，因为他可以给你锦上添花，也可以给你雪中送炭。

我政治准备的不早不晚正好，暑假开始看的，建议政治看看视频，你会对政治考什么有个了解，脑子清晰，不短路（马克思主义哲学、政治经济学、毛泽东思想、邓小平理论、三个代表、当代世界经济与政治和时事政治，这些东西还是听听视频在看书比较好）。暑假边看视频边看辅导班发的教材（我建议买大纲看，全）大概是肖秀荣 1000 题出了之后我就买了，每天做点，我建议第一遍先做单选题，复习第二遍的时候再做多选。之后一直保持每天看点，重在理解。到十月份末开始买肖八肖四什么的见题就作，多记忆。我对政治不太感冒，按部就班的来，把每个知识点记牢，就可以了（基本知识记牢，知识构架清晰，时事政治早点看，这样后期轻松些）。我政治 71，可能因为辽宁比较水吧。

最后在唠唠专业课，东北大学的专业课不是太难（虽然我分不高），专业课考试的时候要写好多，我记得一共十二页我总共写了十页多…。我四月份开始看书，看到暑假，这期间主要是知道这本书讲的什么，把知识结构厘清楚，暑假开始就然后没管他，重点放在了做数学和英语，九月份的时候又拾起了专业课（当然期间）我按照章节进行复习，并把课后题都做了一遍（当时纠结要不要买资料，因为我只有那本专业课的书…）大概用了一个月做完了（有点慢，但是我一直在思考），我从九月份到考研每天都看专业课书，保持着对专业





课的敏感很重要。从十月份开始做真题（我买了套资料…）两三天一套（有时候感觉复习的不好就多看看书，一个礼拜做一套题）我把题都做到了买的那种大纸上，蓝色笔写题目，黑色笔写答案，红色笔批改。当你把真题做完后，你就知道每年要考什么了，并且你可以在你学的知识基础上进行预测(期间也看了看买的资料，也算是开阔下思路吧)。

我劝写字不好的同学赶紧把字练好，我感觉因为写字不好我吃亏了，也可能今年压分吧，我才得了 107（我自己估的 115）专业课就是要多总结，自己准备个本，不厌其烦的总结，写（我认为无论是哪个科目，都要自己动手总结一下才记忆深刻）

至于要不要买资料，因为我考的时候资料稀缺，只能买，买了之后我感觉还行吧，毕竟花钱买的（很大一部分程度是花钱买个安慰）。暑假之前材料人的辅导员会把大家买的资料整理成电子版，大家不用买了，嘿嘿，考东大的小伙伴们可以加 421068782，这个是材料人 16 东大考研群，里面有我上传的专业课视频，后续资料都会在网站上传，大家就不用买资料了，这是一个大团队，不以盈利为目的，嘿嘿。

关于复试现在也不用说太多，复试成绩挺重要的，我初试总分 360，复试的时候好好准备了准备，笔试 102 面试 83.25，也算是小小的前进了一下吧（自己猜的，嘿嘿），总之大家拥有一颗平静的心，无论是考研还是以后科研工作，都会取得不错的成绩的。

现在回头看看，考研并不是想象中的那么难，选择好目标，坚持下去，我想你会得到你想要的。这期间我也遇到很多问题，每当纠结的时候，我都会要求自己把心静下来，我个人感觉心经是很不错的（当然有什么可以让你静心的都可以拿来听），累了的时候我就戴上耳机，听听（王菲的歌声真心好听）。

这一年我要感谢的人太多，老师，学长学姐，家人，舍友，同年，还有我的女友。没有他们的帮助我是要走很多弯路，就写这么多吧，既有教训又有一点点心得，希望 16 学弟学妹们考研取得好成绩，来年九月份走进自己梦想的学校，嘿嘿。