这个是我十二月初快考研的时候总结的，那个时候已经把书看了很多遍，真题也做了，但是对书的结构掌握的还是不太好，于是我就按照目录把知识点总结了下，起个提纲挈领的作用，把前后章节互相联系起来，而且可以把突发的灵感标到相应知识点上。我把一些认为重点的知识点着重做了叙述（有些内容还是没加进去，譬如四面体八面体间隙，材料强化、细化方法等，有些知识点打算整理成题库的形式，仔细斟酌再发布）。

第二章中的过冷度作为大题考的（从结晶的条件出发解释）。第四章的渗碳体存在形式作为大题的形式考的（往年真题中的原题）。第六章的热加工冷加工区别和组织变化作为大题考的，还有滑移系也是大题。第七章热处理原理中的贝氏体珠光体马氏体转变异同作为大题考的。第八章第九章是热处理原理应用（第九章由于时间原因没总结，那一章也挺重要的，复试的时候也考，还有第五章三元相图今年没考，不过考纲里有，一定要看，往年真题里有，研究一下就会了），我把一些知识点总结到了笔记本上，随时记忆。

我拿出来这个来是希望抛砖引玉，给大家个启发，专业课要多总结，嘿嘿（CCT 曲线分析，铁碳相图分析一定要会，这个分是必须要拿的，我因为没踏实的去做，导致算数的时候算错了，这个是教训，一定要自己算一遍，自己画一画。还有就是今年出了个比较怪异的相图题，可能我没复习到感觉怪异吧，还是劝大家把知识点复习到位，这样能拿到高分）。

第一章 金属与合金的晶体结构

- 1.1金属原子间的结合
  - 1.1.1金属原子的结构特点
  - 1.1.2金属键
    - 定义
    - 解释固态金属的特性
      - 导电性
      - 导热性
      - 正的电阻温度系数
      - 不透明具有金属光泽
      - 延展性
  - 1.1.3结合力与结合能
    - 双原子作用模型的解释
    - 固态金属中原子趋于规则排列的原因：保持平衡距离使得能量最低
    - 固态金属中原子趋于紧密排列的原因：原子数越多，结合能越低

- 1.2.1晶体与非晶体
  - 晶体的定义
  - 金属玻璃的定义
  - 晶体与非晶体的区别
    - 熔点
    - 各向异性

1.2.2晶体结构与空间点阵
- 晶体结构定义
- 空间点阵定义
- 晶格（01年名词解释）
- 晶粒
- 晶胞（04年名词解释

1.2.3三种典型的金属晶体结构
- 体心立方：典型代表：α-*Fe*、Cr、V、Nb、Mo、W 配位数:8
- 面心立方：典型代表γ-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
- 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

- 1.3.1固溶体
  - 定义（04、06名词解释）
  - 分类
    - 按溶质原子在晶格中所占位置分
      - 置换固溶体
        - 定义
        - 影响置换固溶体溶解度的因素
          - 原子尺寸
          - 电负性
          - 电子浓度
          - 晶体结构
      - 间隙固溶体（95名词解释）
        - 定义
        - 氢、氧、碳、氮、硼为溶质
        - 过渡族元素为溶剂
        - 影响间隙固溶体溶解度的因素
          - 溶质原子大小
          - 溶剂晶格类型
    - 按固溶度分
      - 有限固溶体
      - 无限共熔体
    - 按溶质原子与溶剂原子的相对分布分类
      - 无序固溶体
      - 有序固溶体
  - 固溶体结构特点
    - 晶格畸变
    - 偏聚与有序
      - 偏聚（同种原子结合力大于异种原子结合力）
      - 短程有序（异种原子结合力大于同种原子结合力）
    - 有序固溶体
  - 固溶体的性能
    - 固溶强化
    - 机械性能
      - 塑性
      - 韧性
    - 物理性能
      - 电阻率升高
      - 电阻温度系数下降

1.3.2金属化合物
- 定义
- 1.正常价化合物
  - 服从原子价规律
  - 成分不变
  - 高硬度
  - 高脆性
  - 部分具有半导体性质
- 2.电子化合物
  - 决定于电子浓度
  - 电子浓度为$\frac{3}{2}$（$\frac{21}{14}$）时具有体心立方结构，称为β相
  - 电子浓度为$\frac{3}{2}$（$\frac{21}{14}$）时具有体心立方结构

第二章 ：纯金属的结晶

2.1金属结晶的现象
- 2.1.1结晶过程的宏观现象
  - 1.过冷现象（过冷度定义）
  - 2.结晶潜热
- 2.1.2金属结晶的围观过程
  - 规律：形核长大
  - 过程的描述

金属结晶的条件
- 2.2热力学条件：自由能差　与过冷度的推导
- 2.3结构条件
  - 近程有序远程有序的定　义
  - 相起伏的定义
  - 最大相起伏与过冷度的　关系

- 2.4晶核的形成
  - 2.4.1均匀形核
    - 1.形核时的能量变化
      - 分析晶核半径与自由能变化的关系图
      - 推导临界晶核半径
    - 2.形核功
      - 定义
      - 推导
      - 能量起伏的概念
      - 形核功与过冷度关系式的推导
      - 与均匀形核进行比较
    - 3.形核率
      - 形核功
      - 原子扩散
  - 2.4.2非均匀形核
    - 1.临界晶核半径和形核功的推导
    - 2.形核率
      - 过冷度的影响
      - 固体杂质结构的影响
      - 固体杂质形貌的影响
      - 过热度的影响

金属的结晶形核要点
- 1.液态金属的结晶必须在过冷的液体中进行
- 2.临界形核半径与表面能成正比，与过冷度成反比
- 3.形核既需要结构起伏，也需要能量起伏，二者皆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，需要在一定的温度下进行
- 5.工业生产中液体金属的凝固总是以非均匀形核方式进行

2.5.1固液界面的微观结构
- 1.光滑界面（$\alpha \geq 5$）
- 2.粗糙界面（$\alpha \leq 2$）

2.5.2晶体长大机制
- 光滑界面
  - 二位晶核长大机制
  - 螺型位错长大机制
- 粗糙界面：垂直长大机制

2.5.3固液界面前沿液体中的温度梯度
- 正温度梯度
- 负温度梯度

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
    - α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
    - α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
    - α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
- $Z_v = 0.9$（体积）或1.1（面积）$\times(\frac{N}{G})^{\frac{3}{4}}$
- 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

- 3.2固溶体平衡结晶过程
  - 3.2.1相图分析（步骤）
  - 3.2.2
    - 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
    - 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
  - 3.2.3固溶体的不平衡结晶
    - •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）
    - 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）

- 3.1二元合金相图的建立
  - 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

- 3.2.5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.对晶体成长形状的影响
    - 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）
    - 2.离异共晶（06名词解释）
      - 平衡条件获得或不平衡条件获得
      - 消除方法：均匀化退火转变为平衡态的固溶体

- 3.4包晶相图及其结晶
  - 3.4.1相图分析
  - 3.4.2典型合金的平衡结晶过程及组织（计算）
  - 3.4.3不平衡结晶过程及组织
    - 包晶偏析定义
      - 冷速快
      - 液相转变为β相
      - α相被保留
      - β相不均匀
    - 扩散退火消除
  - 3.4.4包晶转变的实际应用
    - 特点
      - 第二相依附初晶成长
      - 包晶转变具有不完全性
    - 应用
      - 1.轴承合金中
        - 先结晶相硬
        - 包晶相软
        - 软基体上分布着硬质点
      - 2细化晶粒（初晶相的非均匀形核）
- 3.5其他类型的二元合金相图
  - 3.5.1组元间形成化合物的相图
    - 1.形成稳定化合物的相图
    - 2.形成不稳定化合物的二元相图（包晶转变）
  - 3.5.2具有固态转变的二元合金相图
    - 1.共析转变
    - 2.包析转变
    - 3.固溶体的异晶转变
    - 4.有序无序转变
    - 5.磁性转变
- 3.6二元相图的分析和使用
  - 3.6.1相图分析步骤
  - 3.6.2应用相图时要注意的问题
  - 3.6.3根据相图判断合金的性能

- 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
      - 铸造织构
      - 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

3.7.3铸锭缺陷
- 1.缩孔
  - 集中缩孔
    - 二次缩孔
    - 减少措施
      - 1.加快底部的冷却速度
      - 底部安冷铁（凝固自下而上）
      - 2.顶部加保温冒口（顶部最后凝固）
      - 铸锭模上薄下厚上大下小
  - 分散缩孔（缩松）：热加工进行焊合
- 2.气孔
- 3.偏析
  - 显微偏析
    - 晶间偏析
    - 胞晶偏析
    - 晶界偏析
  - 区域偏析
    - 正偏析（外低内高）
    - 反偏析（外高内低）
  - 比重偏析
    - 增大冷速
    - 加入第三种元素
    - 热对流搅拌

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

- 4.4.1对平衡组织的影响
  - 按组织区分的铁碳合金相图的绘制
  - 铁碳合金的成分与组织的关系
  - 五种渗碳体的来源形状
- 4.4.2对机械性能的影响
  - 强度变化趋势（$\omega_{(c)}=1\%$达到极值）
  - 硬度变化趋势
    - 对组织不敏感
    - 取决于相的数量和硬度
    - 直线升高
  - 塑性变化趋势
    - 出现莱氏体氏塑性接近零
    - 主要由铁素体提供
  - 韧性变化趋势
    - 对组织十分敏感
    - 出现二次渗碳体韧性急剧下降
    - 趋势大
- 4.4.3对工艺性能的影响
  - 1.切削加工性能
    - 低碳钢切削热大粘刀
    - 高碳钢硬度高
    - 中碳钢性能好
    - 250HB
    - 奥氏体组织钢导热性低热量集中
    - 粗晶粒钢切削性能好
    - 珠光体中的渗碳体形态
      - 亚共析钢片状
      - 过共析钢网状
  - 2.可锻性：奥氏体组织具有良好的可锻性
  - 3铸造性
    - 流动性
      - 含碳质量分数越高，流动性越好
      - 浇注温度越高，流动性越好
      - 过热度越大，流动性越好
      - 共晶铸铁恒温凝固，流动性好
    - 收缩性
      - 体收缩（产生缩孔、缩松原因）
        - 液态收缩
        - 凝固收缩
      - 线收缩（内应力、变形、裂纹原因）
        - 固态收缩
        - 含碳量大，收缩小
    - 枝晶偏析
      - 固相线液相线距离越大偏析越严重
      - 成分在共晶点附近偏析小

- 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FeS夹杂形式存在
    - 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Al
      - 生成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

第六章 金属的塑性变形和再结晶

- 6.1金属的变形
  - 6.1.1应力应变曲线的绘制
  - 6.1.2金属的弹性变形
    - 实质
    - 物理本质
    - 刚度
    - 弹性模量
      - 对组织不敏感
      - 取决于原子间结合力
      - 与金属本性，晶体结构，晶格常数有关
      - 具有方向性

- 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
      - 定义
      - 体心立方结构$\langle 111\rangle\times\{110\}=12$
      - 面心立方结构$\langle 111\rangle\times\{110\}=12$
      - 密排六方结构$\langle 1120\rangle\times\{0001\}=3$
    - 3.滑移的临界分切应力
      - 定义（14名词解释）
      - 取决因素
      - 取向因子
      - 软取向
      - 硬取向
    - 4.滑移时晶体的转动
      - 力求与外力轴平行
      - 力求与最大切应力方向平行
    - 5.多系滑移
      - 晶体转动
      - 多系同时或交替滑移
    - 6.交滑移
  - 6.2.2滑移的位错机制
    - 1.位错运动与晶体滑移
      - 滑移线实质
      - 实际滑移τ_k低于理论τ_k原因
    - 2.位错增殖：FR位错增殖机制描述
      - 固定节点阻碍
      - 角速度不同
      - 线张力作用
    - 3.位错交割塞积
      - 滑移实质
      - 割阶：多系滑移加工硬化大的原因
      - 应力集中：$\tau=n\tau_0$
  - 6.2.3孪生
    - 定义
    - 切变过程
    - 主要特点
      - 临界切应力大
      - 声响
      - 速度快
      - 改变晶体位向
      - 激发进一步滑移

- 6.3多晶体的塑性变形
  - 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
  - 6.3.2晶粒大小对塑性变形的影响
    - $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}}$
    - σ_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
    - 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
    - 塑性
      - 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

- 6.4.1组织结构影响
  - 1.显微组织的变化：出现纤维组织
  - 2.亚结构的细化：变形亚晶的出现（加工硬化的主原因）
  - 3.变形织构
    - 定义
      - 滑移面滑移方向转动
      - 取向一致，择优取向
    - 丝织构
    - 板织构
  - 4.残余应力
    - 宏观内应力（第一类内应力）
    - 微观内应力（第二类内应力）
      - 晶粒之间
      - 显微裂纹
    - 点阵畸变（第三类内应力）
    - 影响
      - 导致材料变形开裂产生应力腐蚀
      - 喷完化学热处理产生压应力提高工件疲劳抗力
- 6.4.2性能影响
  - 机械性能
    - 加工硬化
      - 产生原因
      - 实际意义
        - 提高材料强度
        - 加工成型的基础
      - 中间退火（再结晶退火）进行消除
  - 物理化学性能
    - 比电阻增加
    - 电阻温度系数下降
    - 导热系数下降
    - 导磁率、磁饱和度下降
    - 磁滞、矫顽力增加
    - 金属内能增加、腐蚀速度加快
    - 扩散激活能增加

- 6.5冷变形金属的回复与再结晶
  - 回复
    - 定义
    - 温度不高
      - 显微组织无明显变化
      - 机械性能变化不大
      - 物理化学性能明显变化
        - 电阻减小
        - 抗应力腐蚀能力提高
        - 第一类内应力基本消除
      - 点缺陷和位错在加热时的运动
        - 点缺陷密度下降
        - 位错滑移
    - 温度增加
      - 位错攀移，形成回复亚晶
      - 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
    - 生产实际
      - 去应力退火
        - 回复处理
        - 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
        - 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
        - 铸件焊接件加工后及时进行去应力退火防止变形和开裂

- 再结晶
  - 定义
  - 形核方式
    - 亚晶形核（变形量大）
      - 亚晶界迁移
      - 亚晶界消失
    - 晶界突出形核
    - 大角度晶界扫除移过区域的位错

6.5.3再结晶温度及其影响因素
- 定义
- 1.变形程度↑$T_{再}$↓
- 2.金属的纯度↑$T_{再}$↑
- 3.原始晶粒尺寸↑$T_{再}$↑
- 4.加热时间↑$T_{再}$↓和加热速度↑$T_{再}$↑

6.5.4再结晶晶粒大小的控制
- 1.变形程度
- 2.原始晶粒尺寸
- 3.杂质与合金元素
- 4.变形温度
- 5退火温度

6.5.5晶粒长大（界面能差）
- 1.晶粒长大主要靠晶界迁移
  - 移动方向指向曲率中心
  - 大吃小
  - 平直化
  - 交角120°c
- 2.出现二次再结晶
  - 定义
  - 原因
    - 夹杂物第二相不均匀
    - 温度很高长时间保温弥散质点聚集溶解
    - 晶粒脱离杂质约束突然长大
  - 晶粒粗大，导磁率高

6.6金属的热加工
- 6.6.1金属的热加工与冷加工
  - 动态回复动态再结晶
  - 加工温度
    - 固相线以下
    - 再结晶温度范围以上
- 6.6.2热加工对金属组织的与性能的影响

- 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

- 7.1.1热处理及其作用
  - 热处理定义
  - 热处理的作用
    - 改变钢的内部组织结构
      - 改善工艺性能
      - 改善使用性能
    - 充分挖掘钢材的潜力
    - 延长使用寿命提高质量节约材料和能源
  - 分类
    - 最终热处理
      - 形状尺寸确定
      - 赋予使用性能
    - 预备热处理：做组织准备
  - 热处理原理
    - 钢中组织转变规律
    - 钢加热转变
    - 珠光体转变
    - 马氏体转变
    - 贝氏体转变
    - 回火转变
- 7.1.2钢的临界温度
  - 固态相变是热处理的基础
  - A_{c1}
  - A_{r1}
  - A_{c3}
  - A_{r3}
  - A_{ccm}
  - A_{rcm}

- 7.2钢在加热时的转变
  - 7.2.1奥氏体形成的热力学条件
    - 界面能
    - 应变能
    - 体积自由能
  - 7.2.2奥氏体的形成过程
    - 碳原子扩散重新分布
    - 铁原子扩散晶格重组
  - 7.2.2
    - 1.奥氏体形核
      - 铁素体渗碳体相界面（三起伏）
      - 珠光体群边界
      - 铁素体亚晶界
    - 2.奥氏体长大
      - 相界面存在浓度差
      - 碳原子扩散
      - 铁素体转变速度大于渗碳体转变速度
    - 3.剩余渗碳体溶解
      - 碳原子扩散
      - 趋于共析成分
    - 4.奥氏体成分均匀化
      - 原始相区域碳成分均匀化
      - 亚（过）共析钢
        - 仅超过A_{c1}时
        - 珠光体变为奥氏体
        - 保留先共析相

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

- 7.2.5奥氏体的晶粒大小
  - 1.奥氏体的晶粒度
    - 起始晶粒度
    - 实际晶粒度
    - 本质晶粒度
      - 1-4本质粗（定义）Si、Mn
      - 5-8本质细（定义）Al
  - 2.影响奥氏体晶粒长大的因素
    - 1.加热温度和保温时间
    - 2.加热速度
    - 3.含碳质量分数（有极值）
    - 4.合金元素
      - Ti、V细化
      - Mn、P、N粗化

- 7.3钢的过冷奥氏体转变曲线
  - 1.影响等温曲线的因素
    - 1.含碳质量分数
      - 亚共析钢：右移
      - 过共析钢：左移
      - 贝氏体：右移
      - M_s、M_f：降低
    - 2.合金元素
      - Co、*Al*左移
      - 其他右移
      - 碳化物形成元素改变其形状
      - 必须溶入，否则左移
    - 3.奥氏体状态
      - 晶粒大小（左移）
      - 均匀程度（右移）
      - 奥氏体化温度（右移）
      - 保温时间（右移）
    - 4.形变（左移）
  - 2.CCT、TTT曲线比较
    - 1.CCT位于TTT右下方
    - CCT转变温度低，孕育期长
    - 2.TTT转变组织单一，CCT转变组织混合
    - 3.(过）共析钢连续冷却不发生贝氏体转变

- 7.4珠光体转变
  - 定义
    - 过冷奥氏体于A_1温度以下
    - 珠光体分解
      - 单相奥氏体
      - 铁素体
    - 扩散性
  - 7.4.1组织形态与机械性能
    - 1.片状珠光体
      - A_1-650珠光体
      - 650－600索氏体
      - 600-650屈氏体
    - 机械性能
      - 片间距
      - 珠光体团直径
      - 强度硬度
        - 相界面多，阻碍位错运动
        - 塑性变形抗力大
      - 塑性
        - 滑移，弯曲
        - 渗碳体不连续
      - 连续转变时性能不好（片间距不等）
- 2.粒状珠光体
  - 形成途径
    - 球化退火
    - 蘸火＋高温回火
  - 机械性能
    - 成分相同时
      - 与片状比
      - 硬度低塑性好
      - （对位错阻碍少）
    - 硬度相同时
      - 与片状相比
      - 良好的拉伸性能
      - （回火索氏体组织）
    - 较好的切削加工性能
    - 冷成型性能
    - 蘸火工艺性能

- 7.4.2珠光体的形成
  - 1.片状珠光体的形成
    - 成片形成
    - 分枝形成（单晶体搭桥）
  - 2.粒状珠光体的形成
    - 过冷奥氏体直接分解
      - 第二相曲率半径均等化
      - 颗粒状渗碳体非自发形核
      - 影响因素
        - 冷速
        - 等温温度

- 7.5马氏体转变
  - 定义（06、14名词解释）
    - 过冷奥氏体快速冷却
    - 抑制其扩散性分解
    - M_s以下发生马氏体转变
    - 非扩散型
  - 7.5.1马氏体的组织形态和晶体结构
    - 板条
    - 片状
    - 影响因素
      - 碳含量
      - 形成温度
      - 合金元素
        - A*l*促进板条马氏体
        - 其他元素促进片状马氏体
    - 晶体结构
      - 正方度$\frac{c}{a}$
      - 体心正方结构

- 7.5.2马氏体性能
  - 1.马氏体的硬度和强度
    - 取决于碳含量（有极值）
    - 原因
      - 固溶强化
        - 正方畸变
        - 应力场
        - 位错交互
      - 相变强化
        - 亚结构
        - 阻碍位错
      - 时效强化
        - 自回火
        - 钉扎位错
      - 晶界强化
        - 相界阻碍位错
  - 2.塑性韧性
    - 片状马氏体
      - 高强度、高硬度
      - 韧性很差、特点是硬而脆
    - 板条马氏体
      - 相同屈服强度下韧性高
      - 具有高强度、硬度的同时具有相当高的塑性和韧性
      - 脆性转折温度低缺口敏感性和过载敏感性小
    - 原因
      - 片状
        - 1.孪晶减少滑移系
        - 2.碳化物不均匀析出，脆性增大
        - 3.含碳量高，晶格畸变大，蘸火应力大
        - 4.存在大量的显微裂纹，韧性差
      - 板条状
        - 自回火，碳化物分布均匀
        - 胞状亚结构分布不均匀，延缓裂纹，削减应力峰
        - 蘸火应力小，不存在显微裂纹
        - 裂纹不易通过马氏体条扩展
  - 物理性能
    - 比容大
    - 铁磁性
    - 高矫顽力
    - 磁饱和度强度低
    - 电阻高

- 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
        - ω（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

- 7.6贝氏体转变
  - 定义
    - 中温转变转变特点
    - 转变产物
  - 7.6.1贝氏体的组织形态
    - 上贝氏体
      - 形成温度:350-550
      - 形态
        - 铁素体平行排列
        - 自晶界伸向晶内
        - 具有羽毛状特征
        - 渗碳体断续
      - 性能
        - 强度硬度低
        - 具有方向性，易于脆断，冲击韧性低
    - 下贝氏体
      - 形成温度350-M_f
      - 形态
        - 透镜
        - 含碳过饱和的片状铁素体
        - 内部沉淀碳化物
      - 性能
        - 铁素体细小均匀、碳化物弥散
        - 高强度、韧性、良好的综合机械性能
        - 缺口敏感性和脆性转折温度低
      - 获得方法：等温蘸火
    - 粒状贝氏体
      - 形成温度：上贝氏体转变区上限
      - 形态
        - 粗大块状、针状铁素体
        - 内分布孤立小岛
          - 珠光体
          - 马氏体
          - 富碳奥氏体
      - 性能
        - 复相强化
        - 较好的强韧性

- 贝氏体转变特点
  - 1.热力学
    - 碳原子扩散增大自由能差
    - 碳原子脱溶减少比容差
    - 在M_s以上发生
  - 2.晶体学
    - 切变
    - 位向关系
  - 3.动力学
- 魏氏组织
  - 定义
    - 高温快冷
    - 先共析相呈针片状析出
    - 铁素体渗碳体平行，呈羽毛状或三角形
    - 其间存在珠光体
  - 形成机理：切变
  - 影响因素
    - 碳分数
    - 晶粒度
    - 冷速
    - (过热钢，晶粒粗大钢空冷后形成)
  - 消除方法
    - 正火退火锻造
    - 二次正火

第八章钢的回火转变及合金时效

- 8.1钢的回火转变
  - 回火定义
    - 蘸火钢加热到低于临界点A_1某一温度
    - 保温一定时间
    - 获得稳定的回火组织
    - 以适当方式冷却到室温
  - 回火后的组织
    - 马氏体
    - 马氏体＋残余奥氏体（未溶碳化物）
  - 8.1.1回火转变及组织
    - 1.马氏体中的碳偏聚
    - 2.马氏体分解
      - 片状马氏体
        - 80-150二相式分解
        - 150-350连续式分解
      - 板条马氏体200℃以下无ξ-碳化物析出
      - 高碳钢
        - 350℃以下回火
        - α相+（共格）ξ-碳化物→
        - 回火马氏体（复相组织）
    - 3.残余奥氏体转变
      - 不同区间等温生成物不同
      - 200-300℃回火：α相＋碳化物
      - →回火马氏体（下贝氏体）

- 4.碳化物转变
  - 250-400回火，碳脱溶
  - 回火温度≥400℃碳化物转变为θ-碳化物
  - 即生成回火屈氏体（00、03名词解释）
  - 针状α相＋无共格联系的粒状或片状渗碳体

5.渗碳体长大、α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 → 粒状渗碳体
  - α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

8.1.2回火脆性
- 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
- 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合金的时效
  - 脱溶
    - 脱溶定义
      - 过饱和固溶体
      - 析出第二相、形成溶质原子偏聚区、亚稳过度相
    - 分类
      - 形核长大
      - 调幅分解
  - 时效
    - 时效的定义：脱溶过程中发生
      - 机械性能
      - 物理性能变化的现象
      - 化学性能
    - 表达方法：过饱和α固溶体 $\rightarrow$ 饱和固α溶体 + 析出相
    - 时效强化定义（06名词解释）
    - 人工时效（室温以上）
    - 自然时效定义（室温放置）
  - 固溶处理定义
- 8.2.1脱溶过程及影响脱溶动力学因素
  - 1.脱溶过程
    - 形成G.P.1区
    - 形成G.P.2区
    - θ'相形成
    - 平衡相生成
  - 2.动力学因素
    - 时效温度
    - 合金成分
    - 晶体缺陷
- 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θ''相
  - θ''相出现硬化效果达到极值
  - 出现θ'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