

第五章：：1.材料：弹性变形；塑性变形：外形尺寸变化，内部组织性能变化

2. 弹性的不完整性：（1）包申格效应：经预先加载产生少量变形（ $<4\%$ ），而后同向加载则 σ_e ，反向加载则 σ_e （2）弹性后效：在弹性极限 σ_e 范围内，应变滞后于外加应力，并和时间有关的现象（3）弹性滞后：由于应变落后于应力，在 σ - ϵ 曲线上加载曲线与卸载线不重合，而形成一封闭回线

3. 单晶体的塑性变形：滑移、孪生、扭折、晶界滑动、扩散性蠕变

4. 滑移系：晶体中一个滑移面和该面上一个滑移方向组成

5. 滑移的不均匀性：沿一定晶面、一定方向进行。即滑移面、滑移方向

6. **Fcc**12个滑移系；**hcp**3个滑移系；**bcc**48个滑移系；一般滑移系愈多，滑移过程中可能采取的空间取向也就愈多，这种材料的塑性就愈好。**hcp**低温下或者当滑移受阻时会孪生。

7. 孪生是在切应力作用下沿特定的晶面与晶向产生的均匀切变。（成核、长大两个阶段）

8. 孪生的机制：孪生时每层晶面的位置是借助一个不全位错（肖克莱）的移动而成的，是借助位错增殖的极轴机制来实现的。

9. 滑移变形的特点：（1）滑移变形系不均匀切变，它只集中在某些晶面上；（2）滑移结果两部分晶体产生相对移动，移动的距离 $= nb$ ，仍保持晶体学的一致性；（3）沿着一定的晶面和晶向进行，滑移系较多的材料为（**fcc**）一般具有较好塑性；（4）在切应力作用下，且 $\tau > \tau_c$ ；（5）滑移同时，滑移面和滑移方向将发生转动；（6）实质位错沿滑移面的运动过程

10. 孪生的主要特点：（1）孪生是均匀切变；（2）相对移动距离不是孪生方向的原子间距的整数倍，孪生改变了晶体取向，面两边晶体位向不同成镜面对称；（3）每一层原子面均相对其邻面沿孪生方向位移了一定距离，且每一层原子相对于孪生面的切变量和它与孪生面的距离成正比；（4）在切应力作用下，且 $\tau > \tau_c$ 但 $\tau_c(\text{孪生}) > \tau_c(\text{滑移})$ （5）实质借助一个不全位错运动而成，存在形核与长大过程。

11. 晶粒大小对机械性能的影响：晶粒愈细、晶界愈多 强化效应 - 细晶强化

12. 塑性变形后组织与性能的变化 {13.14（性能变化）.15}

13. 晶粒形状变化：纤维状组织——强烈冷变形的特征；各向异性

14. 加工硬化：塑性变形后在性能上最为突出的是强度（硬度）显著提高，塑性迅速下降，这就是加工硬化现象（加工硬化现象与位错间的交互作用有关）

15. 变形织构：单向塑性变形时，多晶体中原为任意位向的各个晶粒经转动后会使各个晶粒的取向趋于一致，这个过程称为“择优取向”，择优取向后的晶体结构称为“织构”（**Texture**）——变形织构以区别退火织构和再结晶织构。

16. 陶瓷材料脆断机理：结合键：共价键、离子键；晶体结构复杂、滑移系少、 b 大、 $P-N$ 高，难于运动，难于满足多系滑移条件；显微裂纹 应力集中

17. 冷变形材料在加热时先后经历：回复和再结晶晶粒长大

18. 再结晶：将冷变形后的金属加热到一定温度后，会在原变形组织中生成新的无畸变、等轴的晶粒，新的晶粒会逐渐取代变形的组织，且金属性能也恢复到变形前的状态。（再结晶无晶体结构和化学成分的变化，不属于相变）

19. 再结晶的转变驱动力：晶体的弹性畸变能

20. 再结晶的形核机制：（1）晶界弓出形核：变形量较小（ $<20\%$ ）多晶体，其再结晶核心往往以晶界弓出方式形成或称应变导致的晶界迁移，凸出形核方式形成。（2）亚晶形核：当变形度较大（ $>20\%$ ）时，形成位错缠结组成的胞状结构 多边形化 亚晶，借助亚晶作为再结晶的核心

21. 再结晶温度：冷变形材料开始进行再结晶的最低温度称为再结晶温度

22. 再结晶后晶粒的长大：冷变形材料在完成再结晶后继续加热时会发生晶粒长大

23. 再结晶后晶粒再长大：正常长大：（1）晶粒长大过程就是“大吃小”和凹面变平的过程；（2）二维晶粒稳定形状的平衡条件：晶界为平直线，晶界夹角为120度，晶粒形状为六边形；异常长大二次再结晶：（1）晶粒的异常长大又称不连续晶粒长大或二次再结晶（2）驱动力是来自界面能或表面能的降低（3）不需要重新形核，严格说它是特殊条件下的晶粒长大过程（4）只有正常晶粒长大受阻的情况才产生二次再结晶
24. 再结晶温度是区分冷、热加工的分界线
25. 当金属材料的延伸率达到(500-2000%)或更高则称该材料具有超塑性。
26. 实现超塑性的条件：具有细小等轴晶粒的两相组织，晶粒直径 $<10\mu\text{m}$ ，而且在超塑性形变过程中不显著长大；超塑性形变要求在一定温度范围内，一般为 $0.5-0.65T_m$ ；变形速率应较小，通常在 $0.01-0.0001\text{S}^{-1}$ 范围内

{第六章}单组元相图及纯晶体的凝固

1. 组元：组成合金的最基本、独立的物质。可以是单一元素也可以是稳定的化合物。
2. 相：合金中结构相同、成分和性能均一并以界面分开的组成部分。
3. 相律 (phase rule) 是表示在平衡条件下，系统的自由度、组元数和相数之间的关系，是系统的平衡条件的数学表达式。 $f = c - p + 2$ p —平衡相数 c —体系的组元数 f —体系自由度 2—温度和压力
4. 位移型相变和重建型相变
5. 形核方式可以分为两类：（1）均匀形核：条件：过冷度；结构起伏，能量起伏（2）非均匀成核：非均匀形核所需的过冷度较均匀形核时小
6. 按相界面原子排布程度，把相界面结构分为粗糙界面和光滑界面两种；它们的宏观特征与微观特征是有差异的
7. 晶体长大方式：连续长大；二维成核；藉螺型位错生长
8. 纯晶体凝固时的生长形态：（1）在正的温度梯度下的情况：若是光滑界面结构的晶体，其生长形态呈台阶状；若是粗糙界面结构的晶体，其生长形态呈平面状（2）在负的温度梯度下的情况：晶体的生长方式为树枝状生长

第七章：二元系相图及其合金的凝固

1. 平衡凝固是指凝固过程中的每个阶段都能达到平衡，即在相变过程中有充分时间进行组元间的扩散，以达到平衡相的成分。
2. 共晶转变：在一定条件下（温度、成分），由均匀液体中同时结晶出两种不同固相的转变，所得到两固相的混合物称为共晶组织（体）。具有共晶转变的相图称为共晶相图。
3. 共晶系合金平衡凝固特点：共晶系合金的平衡凝固可分为两类：固溶体合金和共晶型合金。前者的结晶过程主要为匀晶相变+脱溶转变，组织为初生固溶体和次生组织；后者的结晶过程主要为匀晶相变、共晶相变和脱溶相变，组织为初生固溶体、共晶体和次生组织。
4. 在非平衡凝固条件下，某些亚共晶或过共晶成分的合金也能得全部的共晶组织，这种由非共晶成分的合金所得到的共晶组织称为伪共晶。
5. 离异共晶：由于非平衡共晶体数量较少，通常共晶体中相依附于初生相生长，将共晶体中另一相推到最后凝固的晶界处从而使共晶体两组成相间的组织特征消失，这种两相分离的共晶体称为离异共晶
6. 包晶转变：有些合金当凝固到一定温度时，已结晶出来的一定成分的固相与剩余液相（有确定成分）发生反应生成另一种固相的恒温转变过程称为包晶转变。
7. 试描述 $0=1.25$ ， $1=3.0$ ， $2=4.9$ 时，合金的平衡凝固过程，写出其随温度下降中

每一阶段中组织的变化，以及其降至 0 的室温组织

$W_0 = 1.25$: L L+ $3C+Fe$ P + Fe_3C 。室温组织为 P+ Fe_3C

$W_1 = 3.0$: L L+ L+ + Ld + Ld_3C + Ld_4Fe + Fe_3C + L' d+P Fe_3C + L' d₀+P
室温组织为 Fe_3C + L' d +P

$W_2 = 4.9$: L L+ Fe_3C Fe_3C + Ld Fe_3C + L' d 室温组织为 Fe_3C + L' d

8. 对于 $0=1.25$ 的合金，(1) 计算该合金在 727 平衡反应结束后，铁素体、二次渗碳体、珠光体各自所占的质量分数。(2) 该合金在 0 摄氏度时，铁素体与渗碳体分别所占的质量分数。

727 发生共析反应。平衡反应开始前组织为先共析渗碳体 (2 次) +奥氏体。平衡反应结束后组织为先共析渗碳体 (2 次) +珠光体【铁素体 +共析渗碳体 (2 次)】

故珠光体的质量百分数即共析反应前奥氏体的质量百分数。而共析反应后组织由铁素体 +二次渗碳体组成。

$$W_p = \frac{???}{???} = \frac{????-????}{????-????} = \frac{????}{????} = 91.89 \% W_a = \frac{???}{???} = \frac{????-????}{????-????} = \frac{????}{????} =$$

$$81.58 \% W_{Fe_3C} = \frac{???}{???} = \frac{????-????}{????-????} = \frac{????}{????} = 18.42 \%$$

$$W_a = \frac{???}{???} = \frac{????-????}{????-????} = \frac{????}{????} = 81.33 \%$$

$$W_{Fe_3C} = \frac{???}{???} = \frac{????-????}{????-????} = \frac{????}{????} = 18.67 \%$$

9. 对于 $1=3.0$ 的合金，(1) 计算该合金在 1154 反应开始前，奥氏体与液相分别所占的质量分数。(2) 计算 1154 平衡反应结束后，奥氏体、莱氏体、渗碳体分别所占的质量分数。(3) 该合金在 1154 反应结束后，先共晶奥氏体与莱氏体中的奥氏体的质量之比。(4) 该合金在 727 共析反应开始前，二次渗碳体在全部渗碳体中所占的质量百分比。

$$W = \frac{???}{???} = \frac{????-???}{????-???} = \frac{????}{????} = 59.36 \%$$

$$W_L = \frac{???}{???} = \frac{???-????}{????-????} = \frac{????}{????} = 40.64 \%$$

1148 反应开始前，组织为先共晶奥氏体 +液相

1148 平衡反应结束后，液相全部转化为莱氏体 (共晶奥氏体 +共晶渗碳体)。此时组织为 先共晶奥氏体 +莱氏体 (共晶奥氏体 +共晶渗碳体)

$$\text{故 } W_{Ld} = W_L = \frac{???}{???} = \frac{???-????}{????-????} = \frac{????}{????} = 40.64 \%$$

$$W = \frac{???}{???} = \frac{????-???}{????-???} = \frac{????}{????} = 80.57 \%$$

$$W_{Fe_3C} = \frac{???}{???} = \frac{???-????}{????-????} = \frac{????}{????} = 19.43 \%$$

$$\text{先共晶奥氏体: } W_{\text{先}} = \frac{???}{???} = \frac{????-???}{????-????} = \frac{????}{????} = 59.36 \%$$

$$\text{莱氏体中奥氏体: } W_{Ld} = W - W_{\text{先}} = 80.57 \% - 59.36 \% = 21.21 \%$$

$$\text{于是 } W_{\text{先}} / W_{Ld} = 59.36 / 21.21 = 2.8$$

727 共析反应开始前，组织为 奥氏体（先共晶） +二次渗碳体（先共晶奥氏体中析出） +莱氏体【共晶奥氏体 +共晶渗碳体（一次） +二次渗碳体（共晶奥氏体中析出）】

此时全部渗碳体：

$$W_{Fe_3C} = \frac{100 - 0.8}{0.8} = \frac{100 - 0.8}{0.8} = 37.67\%$$

此时渗碳体包括 【先共晶奥氏体中析出的二次渗碳体】，【共晶奥氏体中析出的二次渗碳体】和【共晶渗碳体（一次）】

故全部渗碳体 - 共晶渗碳体 即为此时的二次渗碳体。

$$W_{Fe_3C}^{次} = \frac{100 - 0.8}{0.8} - \frac{100 - 0.8}{0.8} = 19.43\%$$

$$\text{故 } W_{Fe_3C}^{次} / W_{Fe_3C} = (37.67 - 19.43) / 37.67 = 48.42\%$$

10. 平衡凝固：在凝固过程中固相和液相始终保持平衡成分，即冷却时固相和液相的整体成分分别沿着固相线和液相线变化。
11. 合金凝固中的成分过冷：（1）合金本身因素， w_0, m 越大以及 k_0 越小，则使合金凝固温度范围 T 增大，有利于成分过冷，另外， D 越小，边界层中溶质越容易聚集，也有利于成分过冷；（2）外界条件因素：温度梯度越小，成分过冷倾向越大，凝固速度增大，液体混合程度减小，边界层溶质聚集增大，有利于成分过冷。（过冷度越大，凝固速度越大，层片间距越小，共晶组织越细。）
12. 铸锭（件）的宏观组织：由表层细晶区，柱状晶区和中心等轴晶区三个部分组成：
13. 铸锭（件）的缺陷：缩孔：分为集中缩孔和分散缩孔两类。偏析：分为宏观偏析和显微偏析两类

第八章：三元相图：

1. 三元相图的基本特点为：（1）完整的三元相图是三维的立体模型。（2）二元系中可以发生 3 相平衡转变。由相律可以确定三元系中的最大平衡相数为 4。三元相图中的四相平衡区是恒温水平面。（3）根据相律得知，三元系三相平衡时存在一个自由度，所以三相平衡转变是变温过程，反映在相图上，三相平衡区必将占有一定空间，不再是二元相图中的水平线。
2. 规则：等含量规则，等比例规则，直线定律，杠杆定律，重心法则
3. 重心法则：假设合金 o 在某一温度由 i 、 j 和 k 三相组成，则合金 o 的成分点一定在 i 、 j 和 k 三相成分点 i 、 j 、 k 组成的三角形中，且 o 点位于该三角形的重心位置。

第九章：材料的亚稳态

稳态：体系自由能最低的平衡状态。

亚稳态：体系高于平衡态时自由能的状态的一种非平衡。

纳米材料：由至少在一个方向上尺寸小于 100 纳米的结构单元（主要是晶体）所构成。

纳米材料也可由非晶物质组成

准晶：不符合晶体的对称条件，但呈一定的周期性有序排列的类似于晶态的固体。

非晶态材料：不具有长程有序性，但在短程上也具有一定的化学序

非晶态（无定形）高分子可以按其力学性质区分为玻璃态、高弹态和粘流态三种状态。

高弹态的高分子材料随着温度的降低会发生由高弹态向玻璃态的转变，这个转变称为玻璃化转变。它的转变温度称为玻璃化温度 T_g

如果高弹态材料温度升高，高分子将发生由高弹态向粘流态的转变，其转变温度称为粘流温度 T_f 。