

西北工业大学 2005 考研真题

一、简答题

1 请简述晶界的分类以及晶界的特点。

答：晶界分为大角度晶界和小角度晶界，其中小角度晶界又可分为对称倾侧晶界、不对称倾侧晶界和扭转晶界；

特点：①晶界处点阵畸变大，存在着晶界能。因此晶粒长大和晶界的平直化都能减少界面的面积，从而降低晶界的总能量，这是一个自发的过程。然而晶粒的长大和晶界的平直化均通过原子的扩散来实现。因此，随温度升高和保温时间的延长，均有利于这两个过程的进行。

②晶界处原子排列不规则，因此在常温下晶界的存在会对位错运动起阻碍作用，致使塑性变形抗力提高，宏观表现为晶界具有较高的强度和硬度，晶粒越细，材料强度也越高，这就是细晶强化；而高温则相反，因高温下晶界存在一定的粘滞性，易使相邻晶粒产生滑动。

③晶界处原子偏离平衡位置，具有较高的动能，并且晶界处存在较多的缺陷，如空位、杂质原子和位错等，故晶界处原子扩散速度比在晶内快得多。

④在相变过程中，由于晶界能量较高且原子活动能力较大，所以新相易在晶界处优先形核。显然，原始晶粒越细，晶界越多，则新相形核率也相应较高。（相变的首发地）

⑤由于成分偏析和内吸附现象，特别是晶界富集杂质原子的情况

下，往往晶界熔点比较低，故在加热过程中，因温度过高，将引起晶界熔化和氧化，导致过烧现象的出现。

⑥由于晶界能量较高，原子处于不稳定状态，以及富集杂质原子的缘故，与晶内相比，晶界的腐蚀速度一般比较快。这就是用腐蚀剂显示金相样品组织的依据，也是某些金属材料在使用过程中发生晶间腐蚀的原因。

2 何谓晶体结构和空间点阵，两者之间的区别和关系？

答：晶体点阵：由实际原子，离子，分子或各种原子集团按照一定规律的具体排列方式；

空间点阵：每个阵点周围有相同的环境，这种周围环境相同的阵点在空间排列的三维列阵称为空间点阵；

两者不同之处在于：空间点阵是对晶体的抽象表达，每个阵点周围环境相同，因此只有 14 种可能；而晶体点阵是对晶体的直接表达，不同晶体的不同阵点位置上原子周围环境不同，有无限种可能；

两者具体关系可表述为：晶体结构=空间点阵+基元

3、请简述偏析的定义和分类。

答：偏析：合金中各组成元素在结晶时分布不均匀的现象称为偏析。

偏析的分类

微观偏析---晶粒尺寸范围里的化学成分不均匀；

宏观偏析---工件尺寸范围里的化学成分不均匀；

其中微观偏析又可分为晶内偏析（枝晶偏析），晶界偏析；而宏观偏

析又可分为正常偏析、反常偏析、比重偏析三类；（也可分为正偏析、逆偏析、带状偏析、重力偏析）

4 请简述相变的特点，固态相变的特点。

答：相变特点：①方向：相变过程沿能量降低、熵增大的方向进行；②路径：相变路径沿阻力最小的方向进行；③相变过程中结构、物性以及成分会发生突变。

固态相变：①转变阻力大：固态相变时的应变能和表面能均为相变的阻力。共格和半共格新相晶核形成时的相变的阻力主要是应变能，而非共格新相形成时的相变阻力主要是表面能。因此要在较大的过冷度下提供足够的相变驱动力才能形核；

②易出现过渡相：过渡相是指成分和结构，或者两者都处于新旧两相之间的亚稳过渡相。这种情况通常发生在亚稳过渡相的成分与母相相差较大，转变温度较低，原子扩散慢，稳定相的形核困难。形成亚稳过渡相可以减小形核的阻力，并且过渡相可以长期存在；

③母相的晶体缺陷对相变起促进作用：这是由于缺陷处晶格畸变，该处的原子自由能较高。形核时，减少形核功，故新相易在母相的空位、位错、晶界等缺陷处形核。此外缺陷还对组元的扩散和新相的生长也有很大的影响；

④新相与母相之间存在一定的晶体学位向关系：固态相变时新相往往沿母相的一定晶面优先形成，该晶面被称为惯习面。固态相变时为了减小界面能，相邻的新旧两晶体之间的晶面和晶向往往具有明确的晶体学位向关系；

⑤扩散过程对相变影响较大：对于扩散型相变，新旧两相的成分不同，相变必须通过组元的扩散才能进行。在这种情况下，扩散就成为相变的主要控制因素。随着过冷度的增加，相变的驱动力也增加，转变速度加快。但当过冷度增加到一定程度时，扩散成为决定性因素，在增大过冷度会使速度减慢，甚至原来的高温转变被抑制，在更低温度下发生无扩散相变。

5、请分析凝固形核长大和再结晶形核长大有什么区别？

答：凝固时形核和长大的驱动力是新、母相化学位差，再结晶形核和长大的驱动力只是形变储存能。

凝固时的形核常为均匀形核；再结晶形核常在现有的形变不均匀区中，如晶界附近、切变带、形变带、第二相粒子周围；

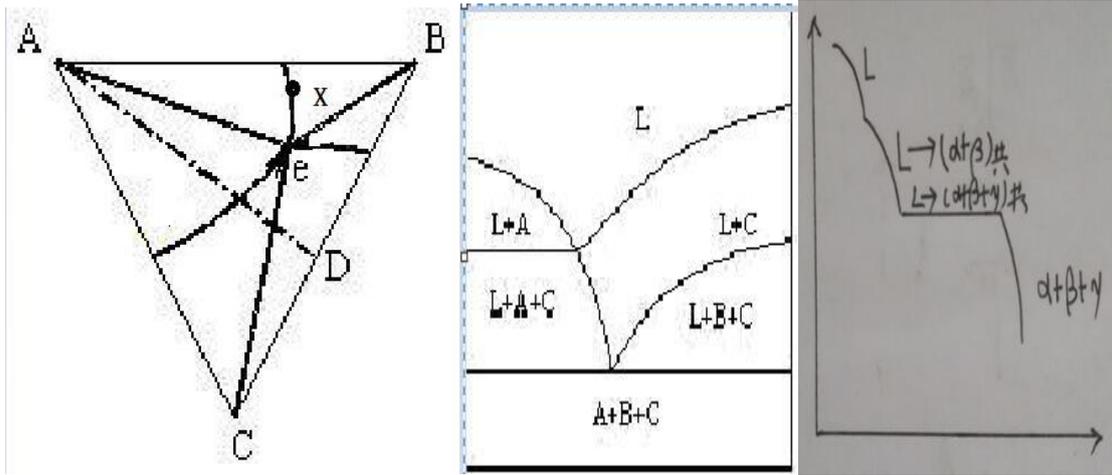
凝固长大时与母相不会有取向关系，再结晶长大时可能有一定的取向关系。

二、计算题

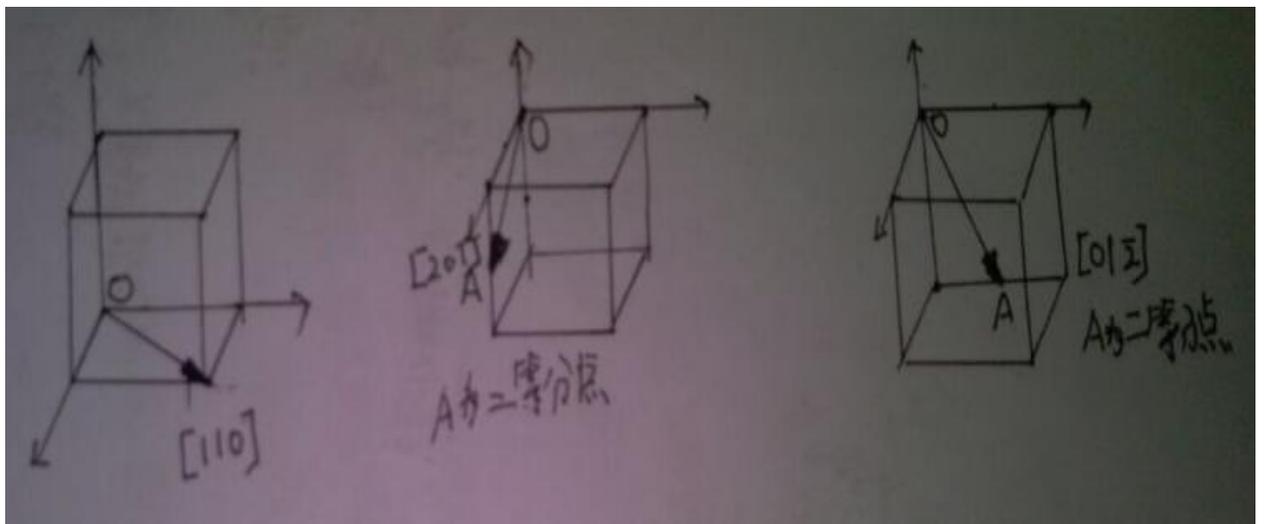
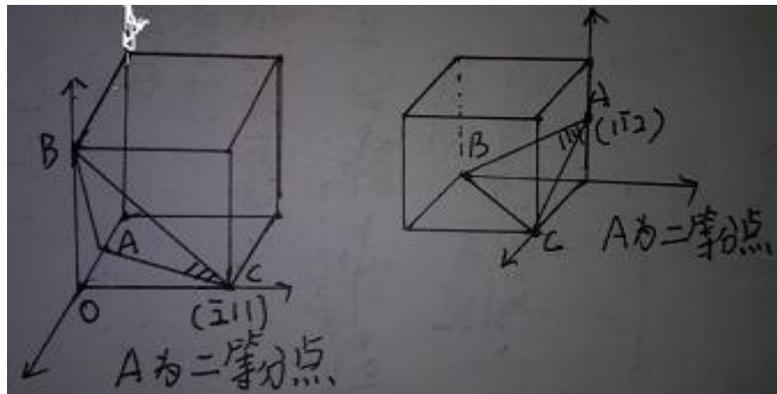
1、已知三元简单共晶的投影图，见附图，

1) 画出 AD 代表的垂直截面图及各区的相组成；

2) 请画出 X 合金平衡冷却时的冷区曲线，及各阶段相变反应；



2、请画出晶面 $(\bar{2}11)$ 、 $(1\bar{1}2)$ ，晶向 $[110]$ 、 $[20\bar{1}]$ 、 $[01\bar{2}]$



3、已知某晶体在 500°C 时，每 10^{10} 个原子中可以形成有 1 个空位，请问该晶体的空位形成能是多少？（已知该晶体的常数 $A=0.0539$ ，波耳兹曼常数 $K=1.381 \times 10^{-23} \text{J/K}$ ）

答：

$$c = A \exp\left(-\frac{\Delta E_v}{kT}\right)$$

$$\Delta E_v = -kT \ln \frac{c}{A} = -[1.381 \times 10^{-23} \times (500 + 273)] \ln \frac{10^{-10}}{0.0539}$$

$$= 1.068 \times 10^{-20} \times 17.8 = 1.9 \times 10^{-19} \quad J$$

4、判断位错反应 $\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}1] + \frac{a}{2}[111] \rightarrow a[001]$ 是否能进行？若能进行，试在晶胞中做出矢量关系图。

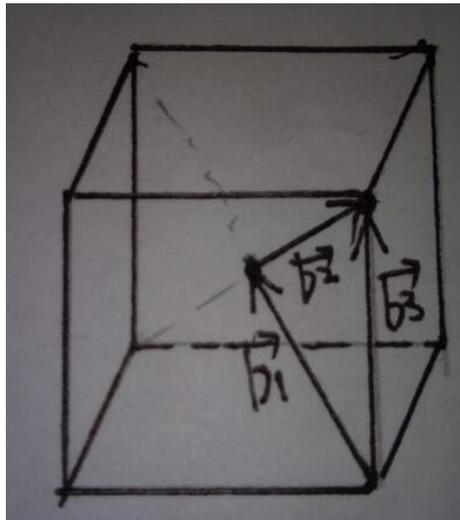
答：几何条件： $\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}1] + \frac{a}{2}[111] = a[001]$ ，满足几何条件

能量条件：

$$b_1^2 + b_2^2 = \left(\frac{a}{2}\sqrt{(-1)^2 + (-1)^2 + 1^2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2}\right)^2 = \frac{3}{2}a^2$$

$$b_3^2 = a^2$$

满足能量条件

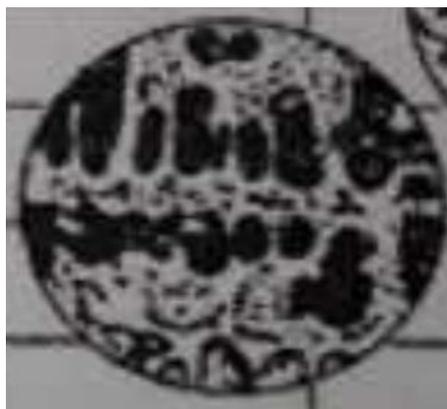


三、分析题

1、根据铁碳相图，请分析碳含量为 3% 的铁碳合金组织，并画出冷却至室温的组织示意图，计算组织组成物含量，画出其冷却曲线。

答：1) 组织组成为 $Ld' + P + Fe_3C_{II}$

2)

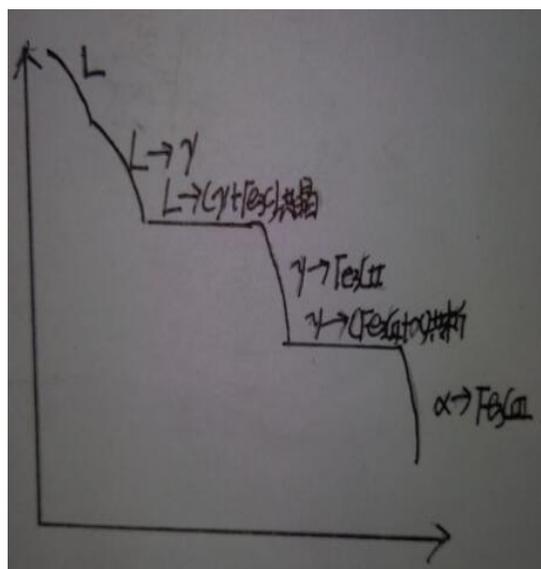


3) 组织组成: $W_{Ld'} = \frac{3-2.11}{4.3-2.11} = 40.6\%$

$W_{Fe_3C_{II}} = (1-40.6\%) \times \frac{2.11-0.77}{6.69-0.77} = 13.4\%$

$W_P = (1-40.6\%) \times \frac{6.69-2.11}{6.69-0.77} = 46\%$

4)



2、请分析纯金属和固溶体凝固时得到哪些典型的形态？分析产生的原因和机制的异同点。

答：对纯金属来说可能得到平面长大形态和树枝状长大形态，而固溶体除了可得到平面状长大形态和树枝状长大形态外，还可获得胞状结构；对纯金属来说，影响因素为液固界面结构的类型和界面前

沿液相中温度分布，而对固溶体而言，除了液固界面结构的类型和界面前沿液相中温度分布外，液固界面前由于溶质原子再分配而产生的成分过冷也会对产生影响；由于固溶体合金凝固时，液固界面前沿的溶质再分配，使得过冷度发生变化，从而使固溶体即使在正的温度梯度下，仍然可以以树枝状长大。按照成分过冷区的大小，又会依次呈现平面状、胞状、树枝状长大形态。

对于纯金属：①平面长大形态：在正的温度梯度下，具有粗糙界面结构的晶体都具有这种平面状长大形态；造成平面长大形态主要原因，由于粗糙界面上空位较多，界面推进，没有择优取向，其界面与熔点 T_m 等温线平行。在正的温度梯度下，当界面上局部微小区域偶然冒出而伸入到过冷度较小的液体中时，它的长大整个就会慢下来甚至停止，周围部分就会赶上去，冒出的部分就会消失，并保持等温，液固界面始终保持平面的稳定状态。长大中的晶体沿平行温度梯度的方向生长或沿散热的反方向生长，其它生长方向均受到抑制；同样对于光滑界面结构的晶体也具有相似平面形态特征。

②树枝长大形态：在负的温度梯度下，一般具有粗糙界面的晶体，都具有这种树枝长大的形态。造成树枝长大的形态的主要原因是在负的温度梯度小，液固界面不再保持稳定状态。当界面上微小区域偶然凸出而伸入到过冷液体中时， $\frac{dT}{dx} < 0$ ，对其生长有利，长大速度越来越大；而它本身生长时要放出结晶潜热，不利于近旁的晶体生长，只能在较近处形成另一凸起。通常把首先长出品枝称为一次轴，在一次轴生长的同时，由于结晶潜热的释放，使晶枝侧旁液体

中也呈现负的温度梯度，于是在一次轴上长出二次轴，在二次轴上长出三次轴……，由此形成树枝状骨架而形成树枝晶；对于光滑界面，尽管也出现树枝长大倾向，一般不明显。

对于固溶体：成分过冷的存在对晶体长大形态的影响：平面状→胞状→树枝状

在 I 区不产生成分过冷，离开界面，过冷度减小，液相内部处于过热状态，此时固溶体以平面方式生长，界面上的小凸起进入过热区，会使其生长减慢或停止，周围部分就会赶上，故保持稳定的平面界面。(a)

在 II 区，产生小的成分过冷区，此时界面不稳定，界面上偶然凸起，进入过冷液体可以长大，但因过冷区窄，凸出距离不大，不产生侧向分枝，发展不成枝晶而形成胞状共晶，最后出现胞状结构。

(b)

在 III 区，成分过冷程度很大，液相很大范围处于过冷状态，晶体以树枝状方式生长，界面上偶然的凸起，进入到过冷液体得到大的生长速度，并不断分枝，形成树枝骨架。(c)

