

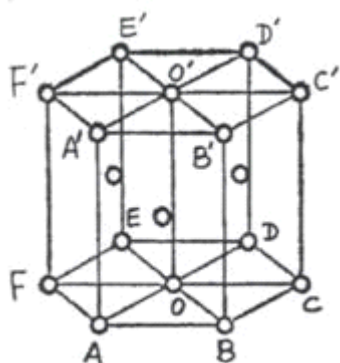
2001 —— 2002 学年第二学期 时间 110 分

一、名词解释 (5 分×8)

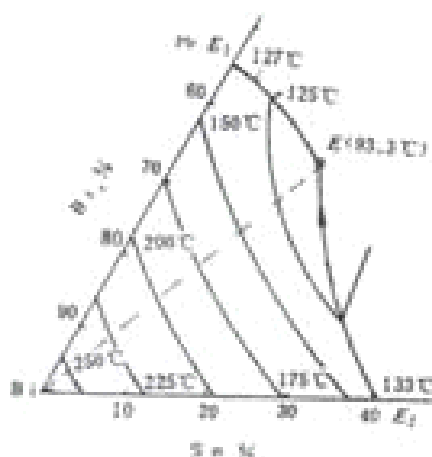
- 1、金属玻璃
- 2、金属间化合物
- 3、离异共晶
- 4、晶界偏聚
- 5、科垂尔气团 (Cottrell Atmosphere)
- 6、孪生
- 7、反应扩散
- 8、变形织构

二、问答题

- 1、(10 分) 标出 hcp 晶胞中晶面 ABCDEF 面、ABO 面的晶面指数，OC 方向、OC 方向的晶向指数。这些晶面与晶向中，那些可构成滑移系？指出最容易产生滑移的滑移系。

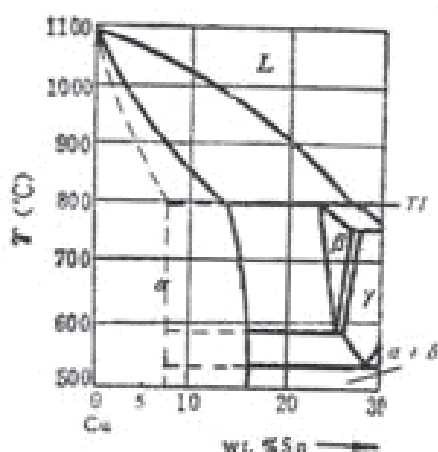


- 2、(10 分) 判断 $\frac{a}{6}[2\bar{1}\bar{1}] + \frac{a}{6}[\bar{1}2\bar{1}] \rightarrow \frac{a}{6}[1101]$ 位错反应在面心立方晶体中能否进行？若两个扩展位错的领先位错发生上述反应，会对面心立方金属性能有何影响。
- 3、(10 分) 写出非稳态扩散方程的表达式，说明影响方程中扩散系数的主要因素。
- 4、(10 分) 指出影响冷变形后金属再结晶温度的主要因素。要获得尺寸细小的再结晶晶粒，有那些主要措施，为什么？
- 5、(15 分) 试述针对工业纯铝、Al-5%Cu 合金、Al-5%Al₂O₃ 复合材料分别可能采用那些主要的强化机制来进行强化。
- 6、(15 分) 请在如下 Pb-Bi-Sn 相图中
 - (1) 写出三相平衡和四相平衡反应式；
 - (2) 标出成分为 5%Pb, 65%Bi 与 30%Sn 合金所在位置，写出该合金凝固结晶过程，画出并说明其在室温下的组织示意图。



7、（20分）Cu—Sn 合金相图如图所示。

- （1） 写出相图中三条水平线的反应式，并画出 T1 温度下的成分—自由能曲线示意图；
- （2） 说明 Cu—10wt%Sn 合金平衡和非平衡凝固过程，分别画出室温下组织示意图；
- （3） 非平衡凝固对 Cu—5wt%Sn 合金的组织性能有何影响，如何消除？



8、（20分）低层错能的工业纯铜铸锭采用 $T=0.5T_{\text{熔点}}$ 温度热加工开坯轧制。

- （1） 画出该材料分别在高、低应变速率下热加工时的真应力—真应变曲线示意图，并说明影响曲线变化的各种作用机制；
- （2） 开坯后该金属在室温下继续进行轧制，画出此时的真应力—真应变曲线示意图，并说明影响曲线变化的机制；
- （3） 开坯后该金属要获得硬态、半硬态和软态制品，最后工序中可采用那些方法，为什么？

中南大学考试试卷

2002 ——— 2003 学年第二学期 时间 110 分钟
材料科学与工程 课程 64 学时 4 学分 考试形式：闭卷
专业年级材料 2000 级 总分 100 分，占总评成绩 70%

一、填空（0.5X30=15分）

- 1、fcc 结构的密排方向是____，密排面是____，密排面的堆垛顺序是____，致密度为____，配位数是____，晶胞中原子数为____，把原子视为半径为 r 的刚性球时，原子的半径是点阵常数 a 的关系为_____。
- 2、形成有序固溶体的必要条件是：（1）____，（2）____，（3）_____。
- 3、无序固溶体转变为有序固溶体时，合金性能变化的一般规律是：强度和硬度____，塑性____，导电性_____。
- 4、Fe-Fe₃C 相图中含碳量小于__为钢，大于__为铸铁；铁碳合金室温平衡组织均由____和__两个基本相组成；奥氏体其晶体结构是____，合金平衡结晶时，奥氏体的最大含碳量是____；珠光体的含碳量是____；莱氏体的含碳量为____；在常温下，亚共析钢的平衡组织是____，过共析钢的平衡组织是____；Fe₃C_I 是从____中析出的，Fe₃C_{II} 是从____中析出的，Fe₃C_{III} 是从____中析出的，它们的含碳量为_____。
- 5、图 1 为简单立方点阵晶胞，其中 ABC 面的面指数是____，AD 的晶向指数是_____。
- 6、图 2 是 A-B-C 三元系成分三角形的一部分，其中 X 合金的成分是_____。

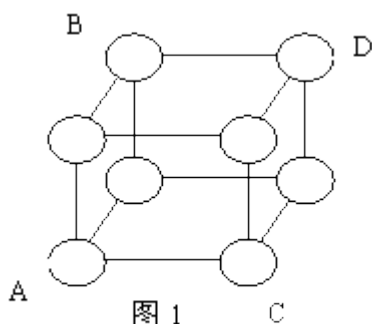


图 1

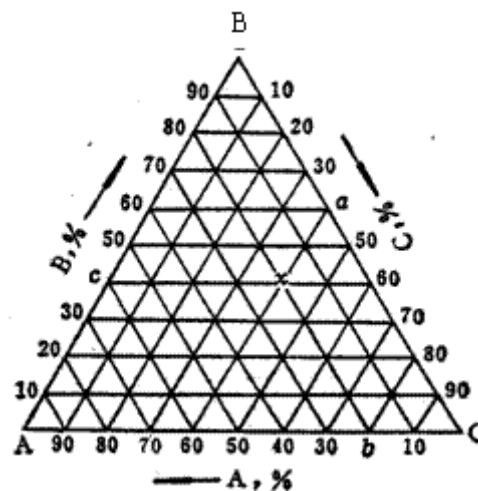


图 2

二、名词解释（6X5=30分）

- 1.晶带和晶带轴
- 2.柱状晶和等轴晶
- 3.包析反应和共析反应
- 4.割阶和扭折

5.冷加工与热加工

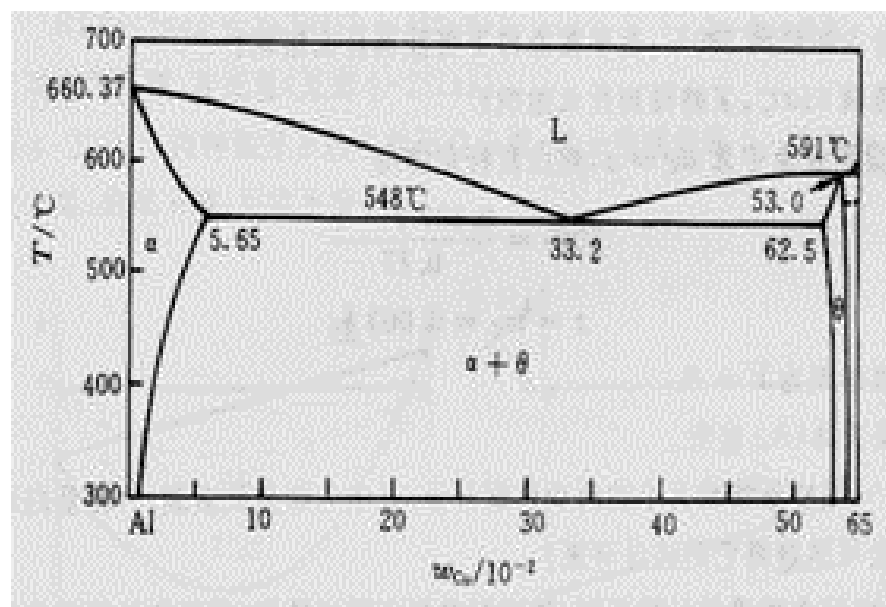
三、(10分) 试根据凝固理论, 分析通常铸锭组织的特点。

根据冷却速度对金属组织的影响, 现要获得非晶, 亚稳相, 请指出其凝固时如何控制。

试说明在正温度梯度下为什么固溶体合金凝固时可以呈树枝状方式成长, 而纯金属则得不到树枝状晶。

四、(20分) 如图3的二元合金相图,

- (1) 分析 5.6%Cu 合金和 5.7%Cu 合金在平衡结晶和快速冷却不平衡结晶时室温组织特点;
- (2) Al 为 fcc 结构, 图中的 α 相为何种晶体结构?
- (3) 指出此二元系中比较适合做变形合金何铸造合金的成分范围。
- (4) 计算出亚共晶合金在温度为 T_E (共晶反应前) 时的平衡分配系数。
- (5) 设 X 合金平衡凝固完毕时的组织为 α 初晶+($\alpha+\theta$)共晶, 其中 α 初晶占 80%, 则此合金中刚凝固完毕时 θ 组元的含量是多少?
- (6) 绘出 $T=560^\circ\text{C}$ 温度时各相的自由能-成分曲线示意图。



五、(10分) 图4为 Fe-W-C 三元系的液相面投影图。写出 1700°C , 1200°C , 1085°C 的四相平衡反应式。选择一个合金成分其组织在

刚凝固完毕时只有三元共晶。

图4

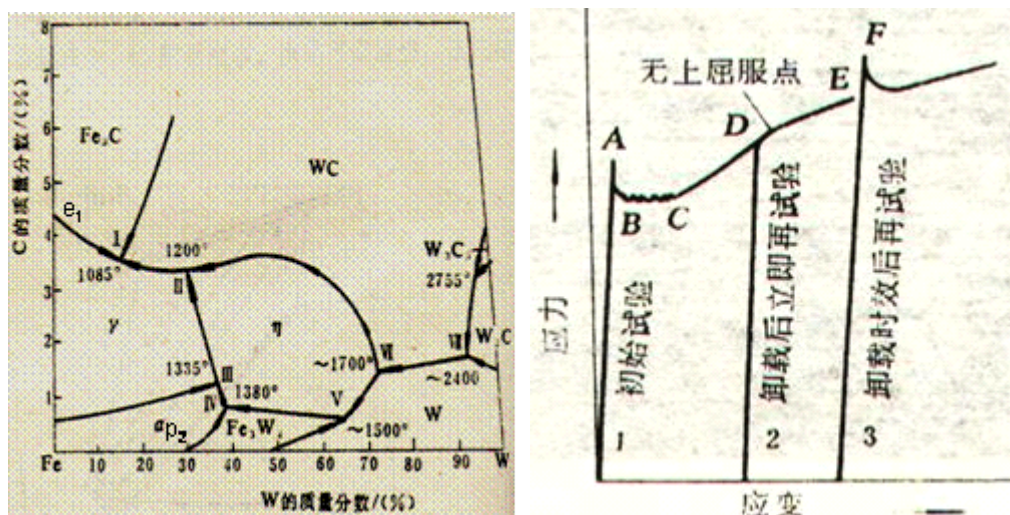


图 5

六、(10 分) 图 5

所示低碳钢的三条拉伸曲线，A、塑性变形；B、去载后立即再行加载；C、去载后时效后再加载。试回答下列问题：

- 1 解释图示三曲线的屈服现象及 B、C 中屈服点上升的原因。
- 2 屈服现象对冲压制件表面质量有何不利影响。

七、(10 分) 户外用的架空铜导线（要求一定的强度）和户内电灯用花线，在加工之后可否采用相同的最终热处理工艺？为什么？

八、(10 分) 如何提高固溶体合金的强度

九、(10 分) 试说明晶界对材料性能及变形的影响。

十、(10 分) 简单说明原子扩散对材料的影响；举两个实例说明金属中的上坡扩散现象。

十一、(15 分) 工业纯铜的熔点为 1083℃，在剧烈冷变形后的工业纯铜板上取三个试样，第一个试样加热到 200℃，第二个试样加热到 500℃，第三个试样加热到 800℃，各保温一小时，然后空冷。试画出各试样热处理后的显微组织示意图，说明它们在强度和塑性方面的区别及原因。

中南大学考试试卷

2003 ——— 2004 学年第二学期 时间 110 分钟
材料科学与工程 课程 64 学时 4 学分 考试形式：闭卷
专业年级材料 2001 级 总分 100 分，占总评成绩 70%

一.名词解释（3分/个=18分）

- 1.变温截面
- 2.过冷度
- 3.偏析反应
- 4.固溶体
- 5.成分过冷
- 6.形核功。

二.写出固溶体的分类（10分）：

三.试根据凝固理论，分析通常铸锭组织的特点及成因。（12分）

四.根据 Fe-Fe₃C 亚稳平衡相图回答下列问题：（40分）

- 1) 画出 Fe-Fe₃C 亚稳平衡相图；
- 2) 写出下列 Fe₃C_{II} 含量最多的合金；珠光体含量最多的合金；莱氏体含量最多的合金。
- 3) 标注平衡反应的成分及温度，写出平衡反应式。
- 4) 分析 Fe-1%C 合金的平衡凝固过程，并计算室温下其中相组成物和组织组成物的百分含量，
- 5) 根据 Fe-Fe₃C 状态图确定下列三种钢在给定温度下的显微组织（填入表中）

含碳量	温度	显微组织	温度	显微组织
0.4	770℃停留一段时间		900℃	
0.77	680℃		刚达到 770℃	
1.0	700℃		刚达到 770℃	

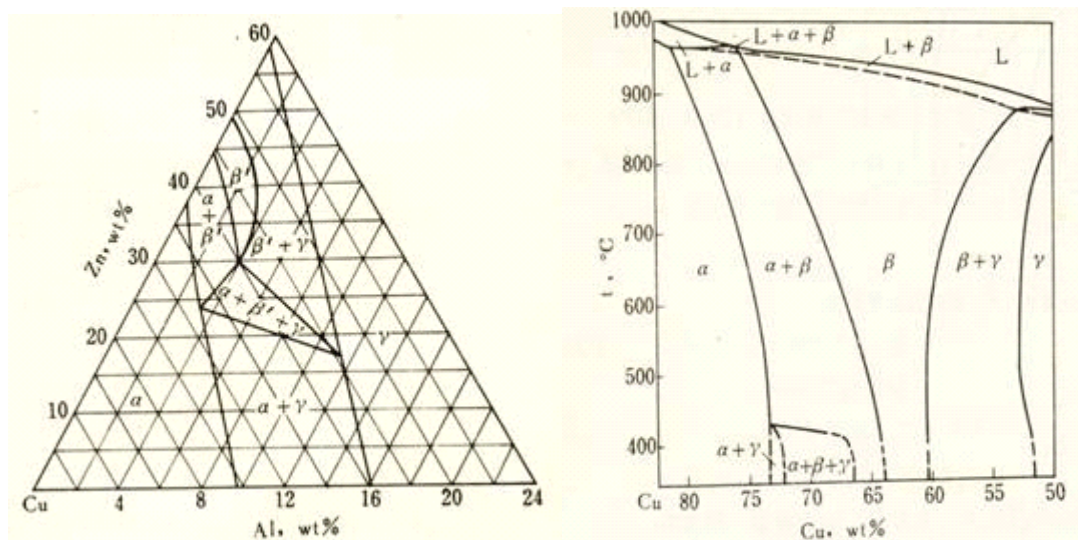
- 6) 画出 1200℃时各相的自由能---成分曲线示意图。

五.图为 Cu-Zn-Al 合金室温下的等温截面和 2%Al 的垂直截面图，回答下列问题：（20分）

- 1) 在图中标出 X 合金（Cu-30%Zn-10%Al）的成分点。

Y

- 2) 计算 Cu-20%Zn-8%Al 和 Cu-25%Zn-6%Al 合金中室温下各相的百分含量，其中 α 相成分点为 Cu-22.5%Zn-3.45%Al，γ 相成分点为 Cu-18%Zn-11.5%Al。
- 3) 分析图中 Y 合金的凝固过程。



中南大学考试试卷

2004 — 2005 学年第二学期 时间 110 分钟
材料科学与工程 课程 64 学时 4 学分 考试形式: 闭卷
专业年级材料 2002 级 总分 100 分, 占总评成绩 70%

1. (10 分) 画出 fcc 晶胞中 (111) 晶面上的所有 [110] 晶向；在 hcp 晶胞中画出 $[11\bar{2}0]$ 晶向和 $(1\bar{1}00)$ 晶面。

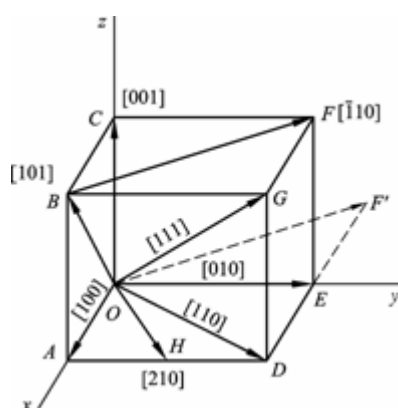


图 1 fcc 晶胞

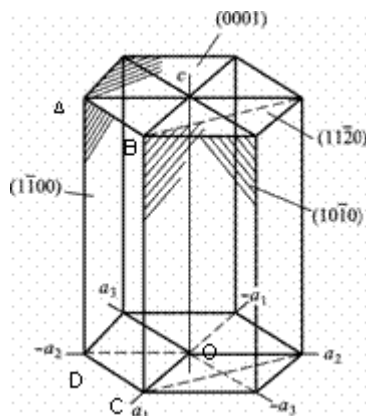


图 2 hcp 晶胞

2. (10 分) 举出凝固理论在金属材料结晶中的几个应用, 加以简单说明。
3. (10 分) 画出 Fe-Fe₃C 亚稳平衡相图, 根据相图回答下列问题:
 - a. 标出合金在室温下的组织组成;
 - b. 写出相图中三个等温反应式;
 - c. 分析含碳量为 0.45% 的合金的平衡冷却过程; 计算其在室温下的组织组成物的相对百分含量;
 - d. 画出 0.45% C 的合金在 1148℃ 时的成分-自由能曲线示意图;
 - e. 试分析元素 C 及 Cr 在 Fe 中的可能存在形式及其作用。

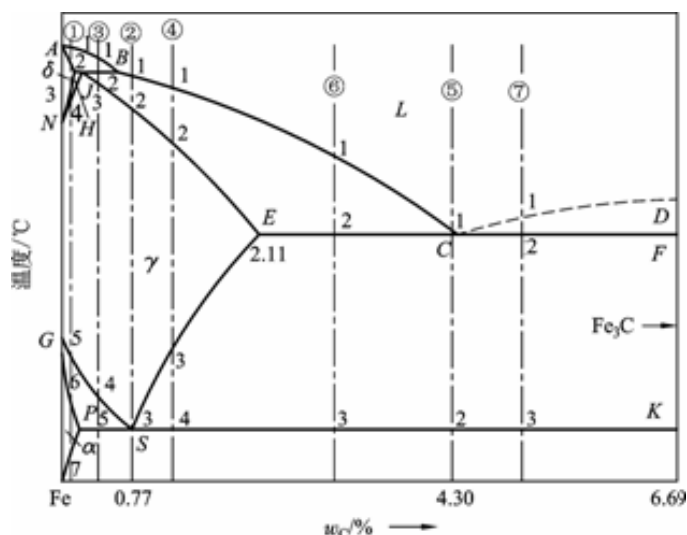
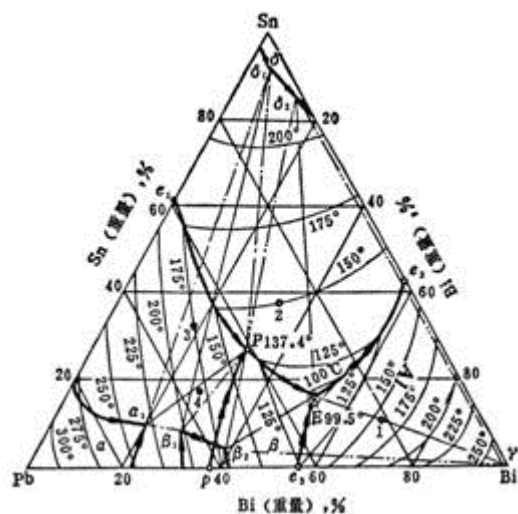


图3 Fe-Fe₃C 亚稳平衡相图

4. (10分) 试总结位错在金属材料中的作用。
5. (10分) 分析原子扩散在金属材料中的作用。
6. (10分) 分析多晶体金属的变形过程及影响多晶体金属变形的因素。
7. (10分) 分析层错能对金属热塑性变形的影响。
8. (10分) 提高金属材料强度的途径有哪些?
9. (10分) 解释下列名词: 成分过冷; 离异共晶; 反应扩散; 面角位错; 晶界偏聚
10. (10分) 如图 Pb-Sn-Bi 三元合金相图, 试写出图中五条单变量线及 P 点、E 点反应的
反应式; 分析图中合金 2 的平衡结晶过程, 指出它的开始凝固温度。



中南大学考试试卷

2005 ——— 2006 学年第二学期 时间 110 分钟

一、名词解释：（本题 28 分，每小题 4 分）

1. 螺型位错
2. 非平衡偏聚
3. 小角晶界
4. 滑移系
5. 变形织构
6. 再结晶起始温度
7. 动态再结晶

二、简答题

- 1.（12 分）铜的熔点为 1083e，在冷变形后的工业纯铜板上取三个试样，第一个试样加热到 200e，第二个试样加热到 500e，第三个试样加热到 800e，各保温一小时，然后空冷。试画出各试样热处理后的显微组织示意图（3×2 分/个=6 分），说明它们在强度和塑性方面的区别及原因（6 分）。
- 2.（10 分）户外用的架空铜导线（要求一定的强度）和户内电灯用花线，在加工之后可否采用相同的最终热处理工艺？为什么？
- 3.（10 分）说明塑性变形后的组织、性能的变化。
- 4.（10 分）什么是屈服，解释其产生原因。
- 5.（15 分）制定一种测定再结晶温度的方案。
- 6.（15 分）试分析在 fcc 中，下列位错反应能否进行？并指出其中三个位错的性质类型？反应后生成的新位错能否在滑移面上运动？

$$\frac{\alpha}{2}[10\bar{1}] + \frac{\alpha}{6}[\bar{1}21] \rightarrow \frac{\alpha}{3}[11\bar{1}]$$

第一章 原子排列与晶体结构

1. fcc 结构的密排方向是__，密排面是__，密排面的堆垛顺序是__，致密度为__，配位数是__，晶胞中原子数为__，把原子视为刚性球时，原子的半径 r 与点阵常数 a 的关系是__；bcc 结构的密排方向是__，密排面是__，致密度为__，配位数是__，晶胞中原子数为__，原子的半径 r 与点阵常数 a 的关系是__；hcp 结构的密排方向是__，密排

- 面是__，密排面的堆垛顺序是__，致密度为__，配位数是__，晶胞中原子数为__，原子的半径 r 与点阵常数 a 的关系是__。
- Al 的点阵常数为 0.4049nm ，其结构原子体积是__，每个晶胞中八面体间隙数为__，四面体间隙数为__。
 - 纯铁冷却时在 912°C 发生同素异晶转变是从__结构转变为__结构，配位数__，致密度降低__，晶体体积__，原子半径发生__。
 - 在面心立方晶胞中画出 $(11\bar{2})$ 晶面和 $[11\bar{2}]$ 晶向，指出 $\langle 110 \rangle$ 中位于 (111) 平面上的方向。在 hcp 晶胞的 (0001) 面上标出 $(\bar{1}2\bar{1}0)$ 晶面和 $[\bar{1}2\bar{1}0]$ 晶向。
 - 求 $[11\bar{1}]$ 和 $[20\bar{1}]$ 两晶向所决定的晶面。
 - 在铅的 (100) 平面上， 1mm^2 有多少原子？已知铅为 fcc 面心立方结构，其原子半径 $R=0.175\times 10^{-6}\text{mm}$ 。

第二章 合金相结构

一、填空

- 随着溶质浓度的增大，单相固溶体合金的强度__，塑性__，导电性__，形成间隙固溶体时，固溶体的点阵常数__。
- 影响置换固溶体溶解度大小的主要因素是（1）__；（2）__；（3）__；（4）__和环境因素。
- 置换式固溶体的不均匀性主要表现为__和__。
- 按照溶质原子进入溶剂点阵的位置区分，固溶体可分为__和__。
- 无序固溶体转变为有序固溶体时，合金性能变化的一般规律是强度和硬度__，塑性__，导电性__。
- 间隙固溶体是__，间隙化合物是__。

二、问答

- 分析氢，氮，碳，硼在 $\alpha\text{-Fe}$ 和 $\gamma\text{-Fe}$ 中形成固溶体的类型，进入点阵中的位置和固溶度大小。已知元素的原子半径如下：氢： 0.046nm ，氮： 0.071nm ，碳： 0.077nm ，硼： 0.091nm ， $\alpha\text{-Fe}$ ： 0.124nm ， $\gamma\text{-Fe}$ ： 0.126nm 。
- 简述形成有序固溶体的必要条件。

第三章 纯金属的凝固

1. 填空

- 在液态纯金属中进行均质形核时，需要__起伏和__起伏。

- 2 液态金属均质形核时，体系自由能的变化包括两部分，其中____自由能是形核的阻力，____是形核的动力；临界晶核半径 r_K 与过冷度 ΔT 关系为____，临界形核功 ΔG_K 等于____。
- 3 动态过冷度是指_____。
- 4 在工厂生产条件下，过冷度增大，则临界晶核半径____，金属结晶冷却速度越快， N/G 比值____，晶粒越_____。
5. 获得非晶合金的基本方法是_____。

二、问答

- 1 根据凝固理论，试述细化晶粒的基本途径。
- 2 试根据凝固理论，分析通常铸锭组织的特点。
- 3 简述液态金属结晶时，过冷度与临界晶核半径，形核功及形核率的关系。
- 4 铜的熔点 $T_m=1356K$ ，熔化热 $\Delta H_m=1628J/cm^2$ ， $\sigma=177 \times 10^{-7}J/cm$ ，点阵常数 $a=0.3615nm$ 。求铜 $\Delta T=100e$ 时均匀形核的临界核心半径。
- 5: 何谓过冷，过冷度，动态过冷度，它们对结晶过程有何影响？
- 6 根据冷却速度对金属凝固后组织的影响，现要获得微晶，非晶，亚稳相，请指出其凝固时如何控制。
- 7、简述纯金属凝固时润湿角 θ 、杂质颗粒的晶体结构和表面形态对异质形核的影响。

第四章 二元合金相图与合金凝固

一、填空

1. 固溶体合金凝固时，除了需要结构起伏和能量起伏外，还要有____起伏。
2. 按液固界面微观结构，界面可分为____和____。
3. 液态金属凝固时，粗糙界面晶体的长大机制是____，光滑界面晶体的长大机制是____和____。
- 4 在一般铸造条件下固溶体合金容易产生____偏析，用____热处理方法可以消除。
- 5 液态金属凝固时，若温度梯度 $dT/dX > 0$ （正温度梯度下），其固、液界面呈____状， $dT/dX < 0$ 时（负温度梯度下），则固、液界面为____状。
6. 靠近共晶点的亚共晶或过共晶合金，快冷时可能得到全部共晶组织，这称为____。
- 7 固溶体合金凝固时，溶质分布的有效分配系数 $k_e = \frac{C_s}{C_l}$ ，当凝固速率很大时 k_e 趋于____。
8. 在二元相图中， $L_1 \rightarrow \alpha + L_2$ 叫____反应， $\beta \rightarrow L + \alpha$ 称为____转变，而反应 $\alpha_1 - \alpha_2 + \beta$ 称为____反应， $\alpha + \beta \rightarrow \gamma$ 称为____反应。
- 9 Fe-Fe₃C 相图含碳量小于____为钢，大于____为铸铁；铁碳合金室温平衡组织均由____和____两个基本相组成；根据溶质原子的位置，奥氏体其晶体结构是____，是____固溶体，铁素体是____，其晶体结构是____，合金平衡结晶时，奥氏体的最大含量是____；珠光体的含碳量是____，它是由____和____组成的两相混合物；莱氏体的含碳量是____；在常温下，亚共析钢的平衡组织是____，过共析钢的平衡组织是____，亚共晶白口铸铁的平衡组织是____，莱氏体的相组成物是____，变态莱氏体的相组成物

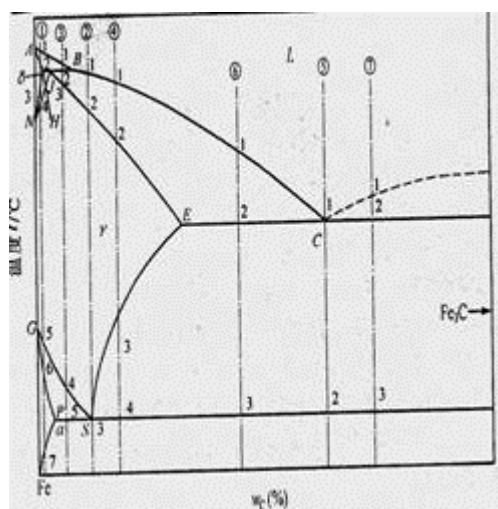


图 4-3

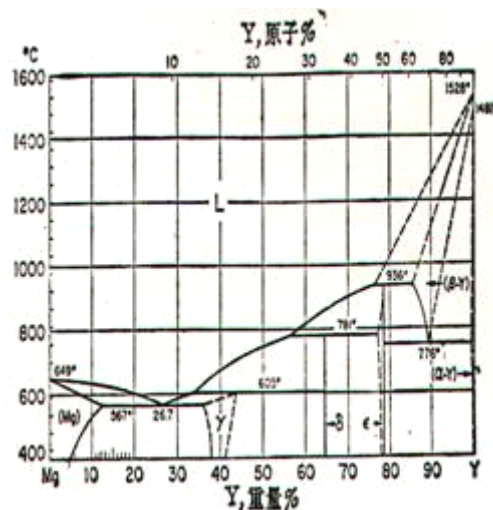


图 4-4

3 如图 4-3 为 Mg-Y 相图

- 1) 填相区组成, 写出相图上等温反应及 Y=5%wt 时的合金 K 在室温时的平衡组织。
- 2) 已知 Mg 为 hcp 结构, 试计算 Mg 晶胞的致密度;
- 3) 指出提高合金 K 强度的可能方法
- 4) 简述图中 Y=10%wt 之合金可能的强化方法。

4 试说明纯 Al 和铝-铜单相固溶体结晶的异同。

5 根据 4-4 的铁碳亚稳平衡相图回答下列问题:

- 1) 写出下列 Fe_3C_{II} 含量最多的合金; 珠光体含量最多的合金; 莱氏体含量最多的合金。
- 2) 指出此二元系中比较适合做变形合金和铸造合金的成分范围。
- 3) 如何提高压力加工合金的强度。
- 4) 标注平衡反应的成分及温度, 写出平衡反应式。
- 5) 分析 Fe-1%C 合金的平衡凝固过程, 并计算室温下其中相组成物和组织组成物的百分含量,
- 6) 分析 Fe-1%C 合金在亚稳冷却转变和淬火冷却转变后组织的差异。
- 7) 根据 Fe-Fe₃C 状态图确定下列三种钢在给定温度下的显微组织 (填入表中)

含碳量	温度	显微组织	温度	显微组织
0.4	770°C 停留一段时间	P+F	900°C	A+F
0.77	680°C	P	刚达到 770°C	A
1.0	700°C	P+Fe ₃ C _{II}	刚达到 770°C	A+Fe ₃ C

- 8) 画出 1200°C 时各相的自由能---成分曲线示意图。

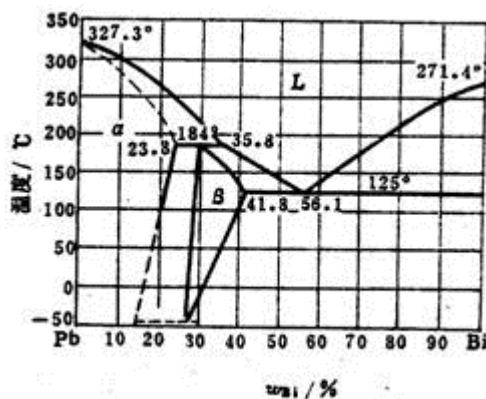


图 4-5

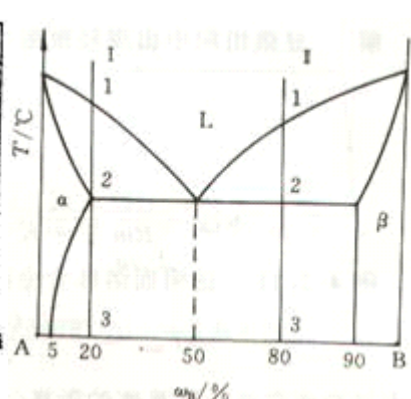


图 4-6

6: A 为金属元素, B 为非金属元素, 形成二元相图如图 4-5:

1) 画出 II 合金平衡冷却曲线以及平衡结晶后组织示意图, 计算其室温下相组成物及组织组成物相对含量。

2) 试分析不同冷却速度对下图中 I 合金凝固后显微组织的影响。

3) I 合金在工业条件凝固后如合金进行扩散退火, 应如何确定退火温度。

7: 简述典型金属凝固时, 固/液界面的微观结构, 长大机制, 晶体在正温度梯度下、负温度梯度下成长时固/液界面的形态。

8: 根据 Pb-Bi 相图 (图 4-6) 回答下列问题:

1) 把空相区填上相的名称。

2) 设 X 合金平衡凝固完毕时的相组成物为 β 和 (Bi), 其中 β 相占 80%, 则 X 合金中 Bi 组元的含量是多少?

3) 设 Y 合金平衡凝固完毕时的组织为 (Bi) 初晶 + [β + (Bi)] 共晶, 且初晶与共晶的百分含量相等, 则此合金中 Pb 组元的含量是多少?

4) Pb-30%B i 合金非平衡凝固后室温下组织与平衡凝固组织有何不同。

第五章 三元合金相图

1 根据 Fe-C-Si 的 3.5%Si 变温截面图 (5-1), 写出含 0.8%C 的 Fe-C-Si 三元合金在平衡冷却时的相变过程和 1100°C 时的平衡组织。

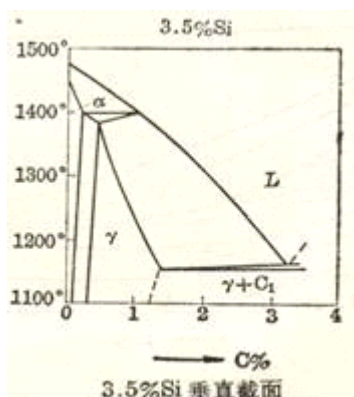


图 5-1

2 图 5-2 为 Cu-Zn-Al 合金室温下的等温截面和 2%Al 的垂直截面图，回答下列问题：

- 1) 在图中标出 X 合金 (Cu-30%Zn-10%Al) 的成分点。
- 2) 计算 Cu-20%Zn-8%Al 和 Cu-25%Zn-6%Al 合金中室温下各相的百分含量，其中 α 相成分点为 Cu-22.5%Zn-3.45%Al， γ 相成分点为 Cu-18%Zn-11.5%Al。
- 3) 分析图中 Y 合金的凝固过程。

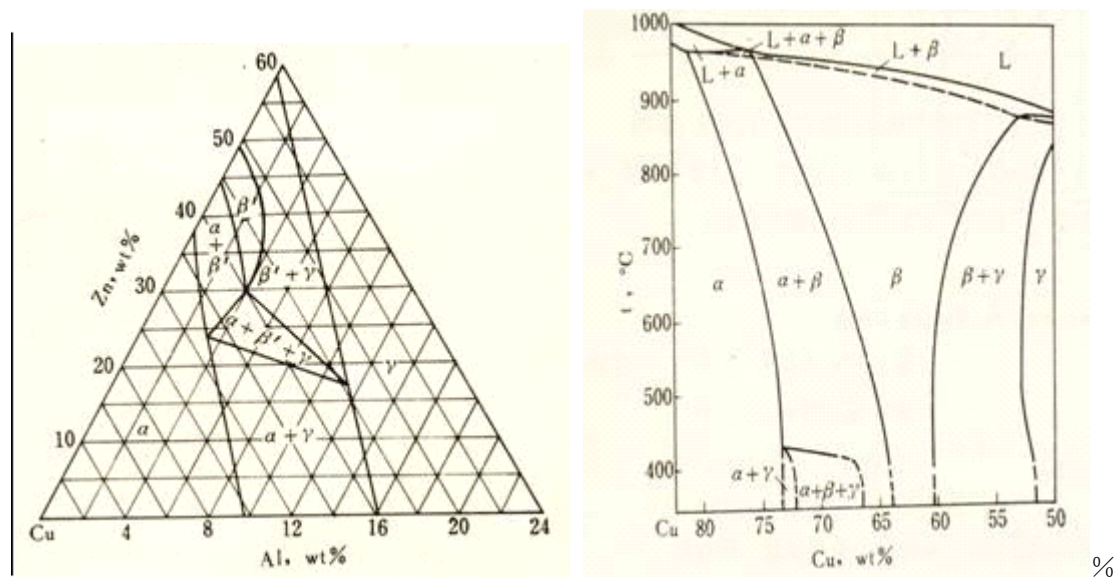


图 5-2

3 如图 5-3 是 A-B-C 三元系合金凝固时各相区，界面的投影图，A、B、C 分别形成固溶体 α 、 β 、 γ 。

- 1) 写出 P^tP^t ， E_1P^t 和 E_2P^t 单变量线的三相平衡反应式。
- 2) 写出图中的四相平衡反应式。
- 3) 说明 O 合金凝固平衡凝固所发生的相变。

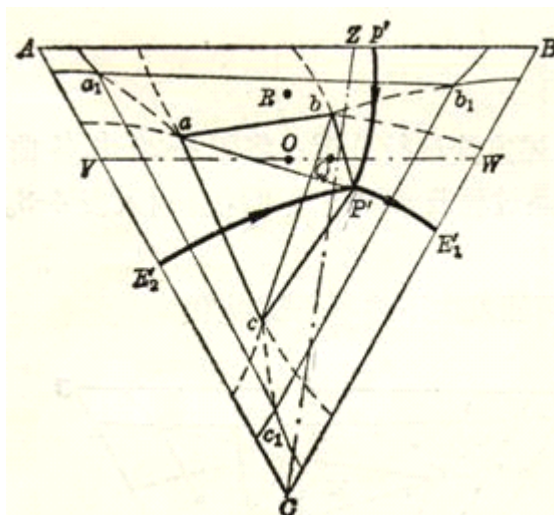


图 5-3

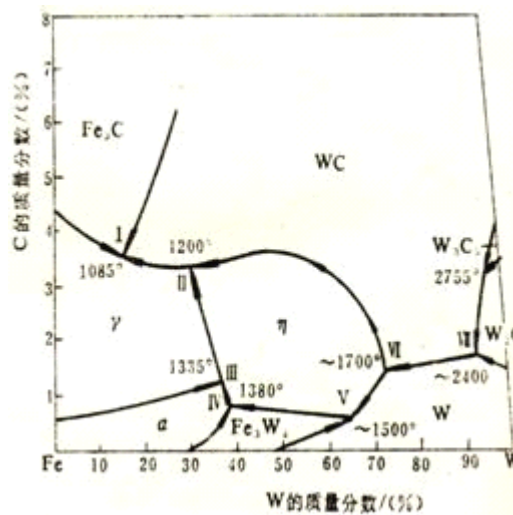


图 5-4

4 图 5-4 为 Fe-W-C 三元系的液相面投影图。写出 $e_1 \rightarrow 1085^\circ\text{C}$, $P_1 \rightarrow 1335^\circ\text{C}$, $P_2 \rightarrow 1380^\circ\text{C}$ 单变量线的三相平衡反应和 1700°C , 1200°C , 1085°C 的四相平衡反应式。I, II, III 三个合金结晶过程及室温组织, 选择一个合金成分其组织只有三元共晶。

5 如图 5-5 为 Fe-Cr-C 系含 13%Cr 的变温截面

- 1) 大致估计 2Cr13 不锈钢的淬火加热温度 (不锈钢含碳量 0.2%, 含 Cr 量 13%)
- 2) 指出 Cr13 模具钢平衡凝固时的凝固过程和室温下的平衡组织 (Cr13 钢含碳量 2%)
- 3) 写出 (1) 区的三相反应及 795°C 时的四相平衡反应式。

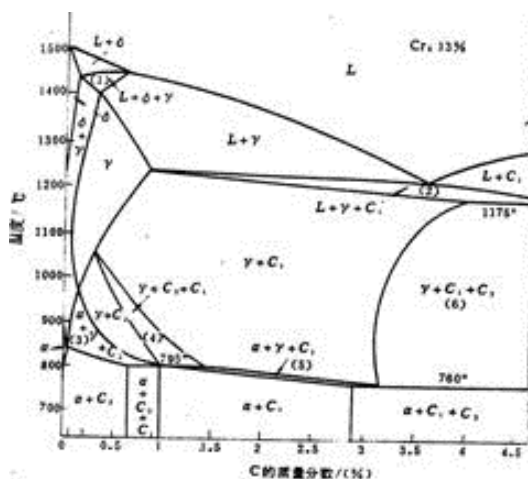


图 5-5

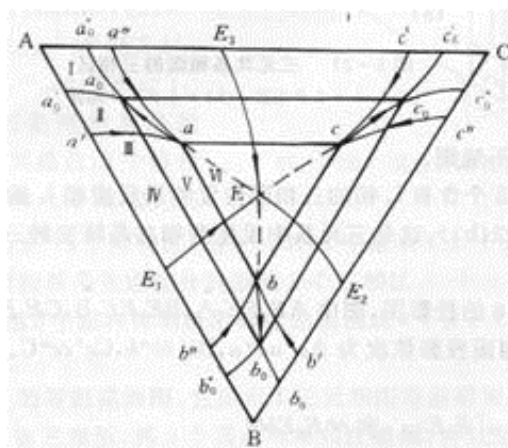


图 5-6

6 如图 5-6 所示, 固态有限溶解的三元共晶相图的浓度三角形上的投影图, 试分析 IV 区及 VI 区中合金之凝固过程。写出这个三元相图中四相反应式。

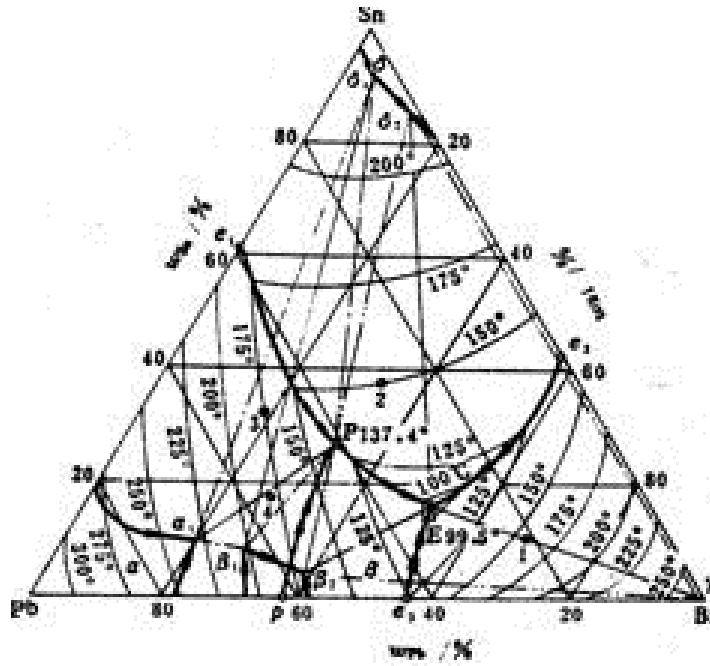


图 5-7

7 分析如图 5-7 所示的三元相图，该合金中 E 点成分为 27Pb18Sn55Bi， γ 相成分取 100%Bi。

- 1) 指出这个三元系的初晶面，写出四相平衡反应式；
- 2) 分析该三元合金系中 1, 2, 3, 4 合金平衡结晶过程；
- 3) 要配制一个初晶为 γ ，具有三元共晶而无二元共晶且 γ /三元共晶=0.5 的合金，计算该合金的成分。