

# 南京航空航天大学

## 2017 年硕士研究生入学考试初试试题 ( A 卷 )

科目代码: 818

科目名称: 材料科学基础

满分: 150 分

注意: ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

### 一、晶体结构分析计算。(总共 30 分)

(1) 纯铁在  $912^{\circ}\text{C}$  由 bcc 结构转变为 fcc 结构, 体积减小 1.06%, 根据 fcc 结构的原子半径  $r_f$  计算 bcc 结构的原子半径  $r_b$ , 它们的相对变化是多少? (10 分)

(2) 测得 Au 的摩尔分数为 40% 的 Cu-Au 固溶体点阵常数为  $a = 0.3795\text{nm}$ , 密度为  $\rho = 14.213\text{g}/\text{cm}^3$ , 计算说明它是什么类型的固溶体。已知 Cu 的相对原子质量为 63.55, Au 的相对原子质量为 169.97, 阿伏加得罗常数为  $6.0238 \times 10^{23}$ 。(10 分)

(3) 已知 K 离子半径为  $r_{K^+} = 0.233\text{nm}$ , Cl 离子半径为  $r_{Cl^-} = 0.181\text{nm}$ , 试确定 KCl 晶体的结构并画图示意。(10 分)

### 二、计算分析纯铜的结晶。(总共 15 分)

(1) 计算均匀形核的临界晶核半径和晶核原子数。已知纯铜的熔点为  $1085^{\circ}\text{C}$ , 熔化潜热  $\Delta H_f = 1628\text{J}/\text{cm}^3$ , 液固界面能  $\sigma_{sl} = 177 \times 10^{-7}\text{J}/\text{cm}^2$ , 过冷度  $\Delta T = 236^{\circ}\text{C}$ , 晶格常数  $a_0 = 0.3615\text{nm}$ 。(10 分)

(2) 欲提高凝固后组织的晶粒度级别, 可采取那些工艺措施? (5 分)

### 三、相图计算分析题。(总共 30 分)

(1) 根据 Fe-C 相图计算  $w(\text{C}) = 0.1\%$  以及  $w(\text{C}) = 1.2\%$  的铁碳合金在室温时平衡状态下相的相对量, 计算共析体 (珠光体) 的相对量。计算  $w(\text{C}) = 3.4\%$  的铁碳合金在室温平衡状态下相的相对量, 计算刚凝固完毕时初生  $\gamma$  相 (奥氏体) 和共晶体的相对量。(20 分)

(2) 图 1 给出 V-Cr-C 三元系的液相面投影图, 列出所有的四相反应的反应式。图中各相线上的箭头是指示降温方向。(10 分)

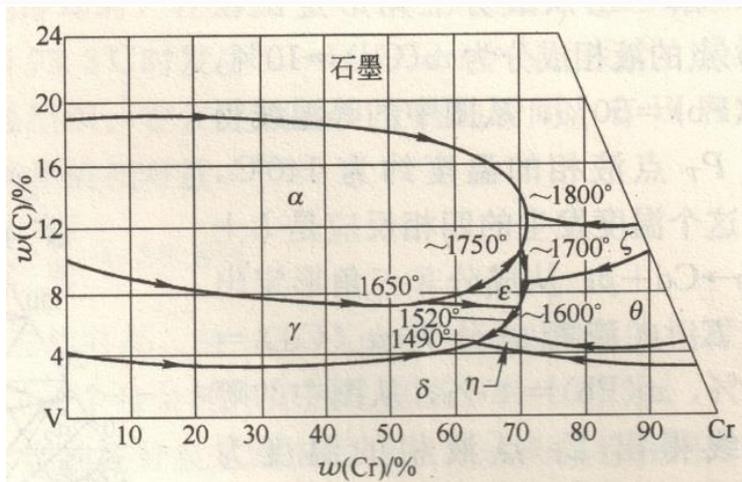


图 1 V-Cr-C 三元系的液相面投影图

#### 四、计算简答题（共 15 分）

- (1) 扩散第一定律是否适用于置换固溶体扩散问题？为什么？（4 分）
- (2) Fe-N 相图如图 2 所示，如果一块纯铁试样在 650°C 下进行表面渗 N，并测定渗 N 后表层 N 含量为 20at% (原子百分比)，问会得到什么样的表层组织？画出试样表面至心部的组织示意图和浓度分布曲线。（6 分）
- (3) 举一实例说明什么是上坡扩散？发生上坡扩散的驱动力是什么？（5 分）

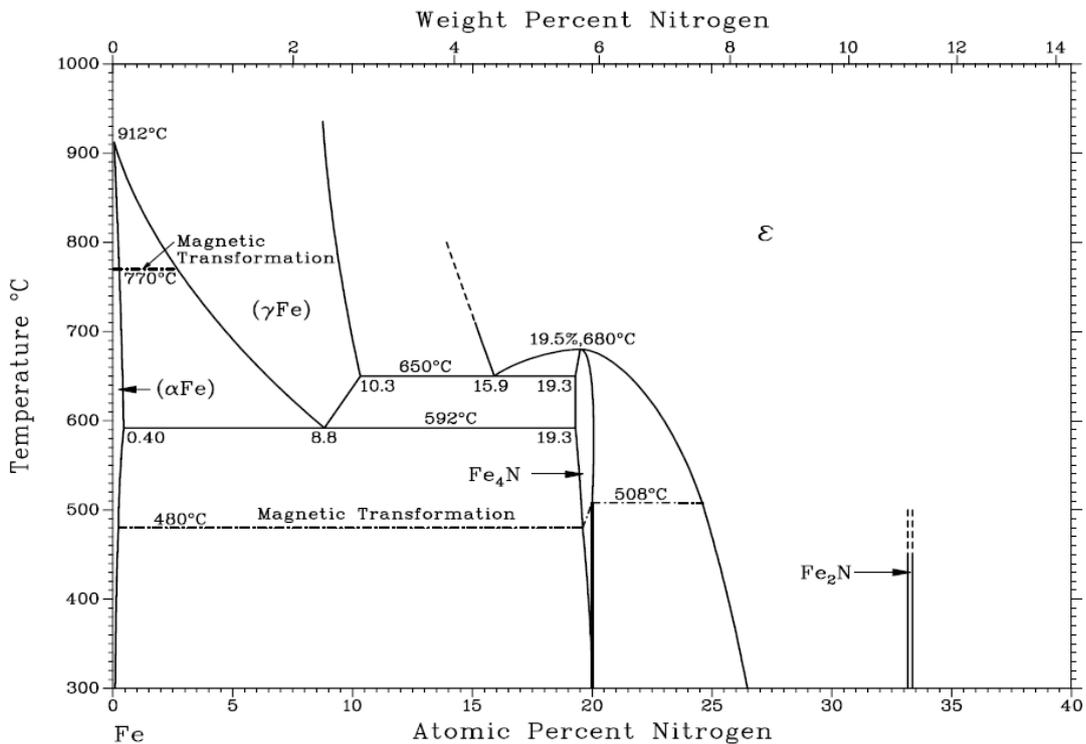


图 2 Fe-N 二元相图

五、单晶体的拉伸应力—应变曲线呈现出三个不同阶段，如图 3 (a) 所示；三种常见结构纯金属单晶体在处于软取向时的应力—应变曲线如图 3 (b) 所示。

(总共 20 分)

- (1) 简述图 3 (a) 三个阶段的各自特征并解释其机制。(6 分)
- (2) 试解释为什么与 Cu 和 Nb 相比, 纯 Mg 在软取向时曲线的第一阶段很长且几乎没有第二阶段。(5 分)
- (3) 若要将厚度为 1.8mm 的镁板冷轧成 0.9mm, 问需要经过多少次轧制才能实现? 并确定相应的热处理温度和工艺。已知镁的熔点为 648.8 °C, 伸长率为 8%, 断面收缩率为 9%。(9 分)

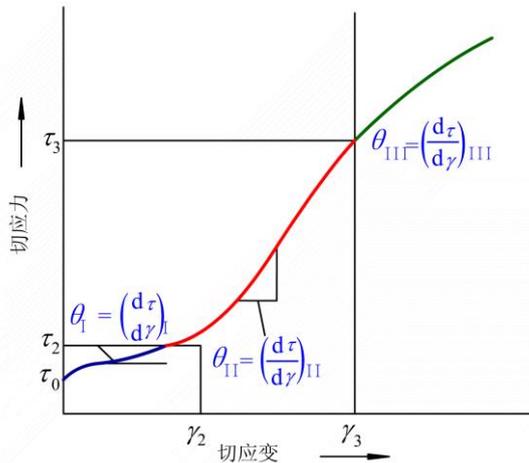


图 3 (a)

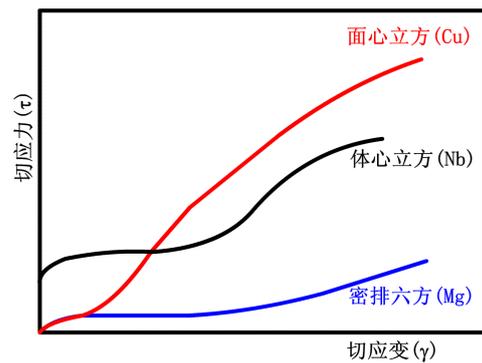


图 3 (b)

六、有一 bcc 晶体的  $(\bar{1}10)[111]$  滑移系的临界分切力为 60MPa, 其点阵常数  $a=0.2866\text{nm}$ 。(总共 20 分)

- (1) 试问在  $[001]$  和  $[010]$  方向必须施加多大的应力才会产生滑移?(6 分)
- (2) 若上述滑移的位错其位错线是  $(\bar{1}10)$  和  $(110)$  的交线, 求作用在该位错线上的力的大小和方向。(8 分)
- (3) 随着滑移的进行, 该拉伸试样中会发生什么现象? 它对随后进一步的变形有何影响?(6 分)

七、航空发动机涡轮叶片承受着复杂的交变载荷和很高的环境温度, 不允许变形、腐蚀、开裂和破断。铸造高温合金从 60 年代至今经历了由等轴晶走向定向凝固柱状晶直至单晶的三个过程。图 4 是这三种航空发动机涡轮叶片的宏观照片和显微组织情况。与普通铸造的等轴晶叶片相比, 定向凝固柱状晶组织更耐高温腐蚀, 可使工作温度提高约 50°C, 疲劳寿命提高数倍以上。目前最先进的航空涡轮发动机已开始采用单晶叶片, 其工作温度已超过 1000°C。(总共

20 分)

(1) 基于抗蠕变和持久强度的要求, 试提出改善发动机涡轮叶片用等轴晶高温合金高温强度的措施, 并解释其机理。(10 分)

(2) 试分析镍基高温合金铸造叶片从等轴晶发展到定向凝固柱状晶再发展至单晶的材料科学原理。(10 分)

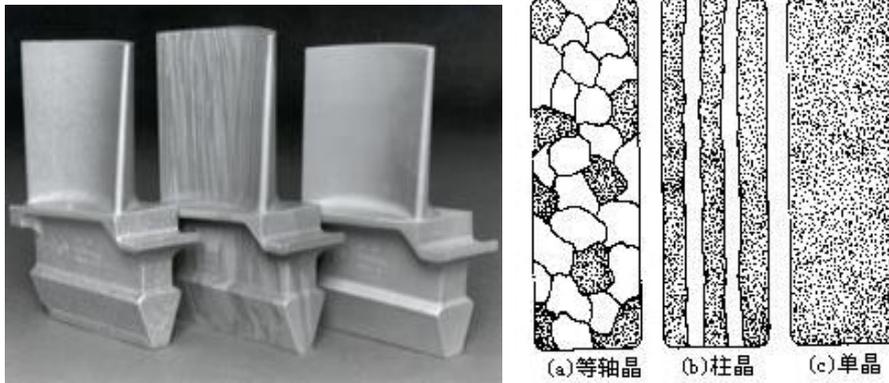


图 4 铸造镍基高温合金发动机叶片, 从左至右: 等轴晶、定向凝固柱状晶和单晶叶片。