

西南交通大学 2008 年硕士研究生招生入学考试试题

一、概念题（25 分，每题 5 分）

1、弥散强化（或沉淀强化）

许多材料由两相或多相构成，如果其中一相为细小的颗粒并弥散分布在材料内，则这种材料的强度往往会增加，称为弥散强化。

2、再结晶退火

通过再结晶，金属的显微组织发生了彻底的改变，故其强度和硬度显著降低，而塑性和韧性大大提高，加工硬化现象得以消除，变形金属的所有机械和物理性能全部恢复到冷变形以前的状态。因此，再结晶在工业上主要用于金属在冷变形之后或在变形过程中，使其硬度降低，塑性升高，以便于进一步加工，这样的热处理称为再结晶退火。

3、上坡扩散

溶质原子从低浓度向高浓度处扩散的过程称为上坡扩散。表明扩散的驱动力是化学位梯度而非浓度梯度。

4、晶体

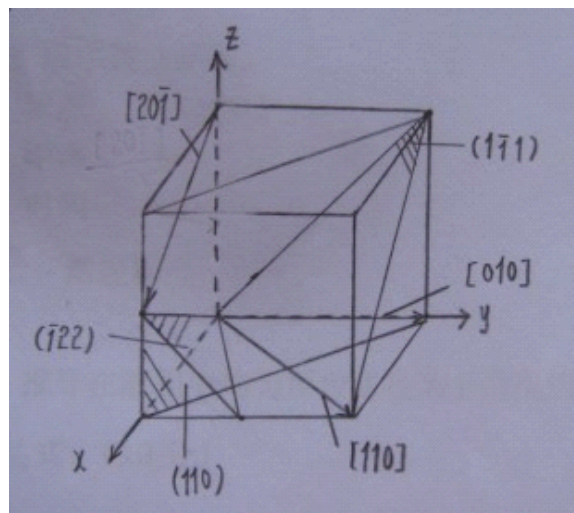
原子按一定方式在三维空间内周期性地规则重复排列，有固定熔点、各向异性。

5、一级相变

凡新旧两相的化学位相等，化学位的一次偏导不相等的相变。

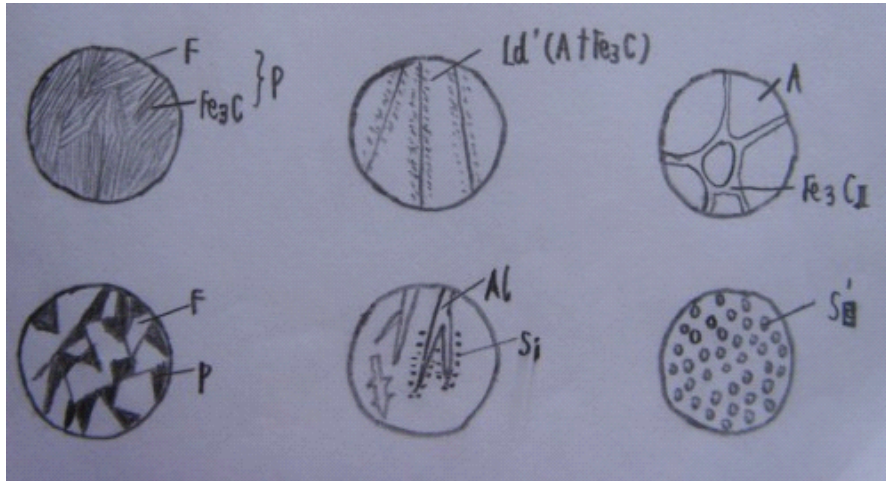
二、画图题（18 分）

- 1、在立方晶胞内画出 (111) 、 $(\bar{1}22)$ 、 (110) 晶面，以及 $[110]$ 、 $[010]$ 、 $[20\bar{1}]$ 晶向。（9 分）



- 2、画出下列合金及其热处理后的室温组织：（9 分，每题 1.5 分）

- （1）共析钢的平衡组织
- （2）共晶白口铸铁
- （3）T12 钢完全奥氏体化后的淬火组织
- （4）45#钢的平衡组织
- （5）铝硅共晶组织
- （6）45#调质处理的组织



三、公式题 (30 分)

1、给出下列各公式，说明公式中各物理量的含义及单位：(每题 5 分，共 10 分)

(1) Hall-petch 公式 (2) 一维形式的菲克第二定律

解：(1) $\sigma_y = \sigma_i + Kd^{-\frac{1}{2}}$

σ_y : 合金的屈服强度

σ_i : 与材料有关常数

K: 与材料有关常数

d: 晶粒的平均直径

(2) $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$

D: 扩散系数 (m^2/s)

C: 浓度 (kg/m^3)

x: 距离 (m)

t: 时间 (s)

$\frac{\partial C}{\partial x}$: 浓度梯度

2、推导在液相中均匀形成半径为 r 的奥氏体球形晶核的临界形核功 ΔG^* 和临界尺寸 r^* 的表达式。(10 分)

解：

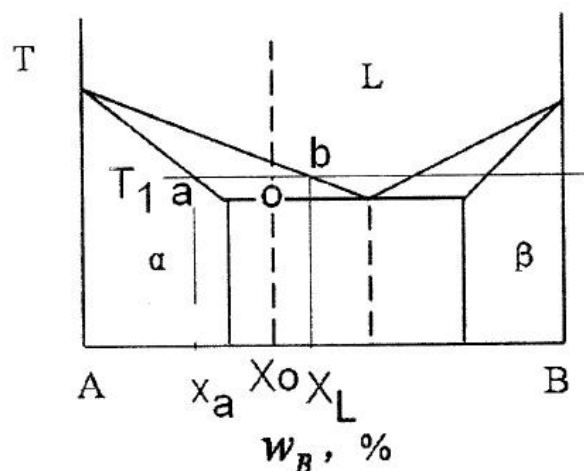
$$\Delta G = G_{\text{新相}} - G_{\text{旧相}} = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \cdot \sigma$$

$$\frac{\partial G}{\partial r} = 4\pi r^2 \Delta G_v + 8\pi r \sigma = 0$$

$$r^* = \frac{-8\pi r \sigma}{4\pi r \Delta G_v} = \frac{-2\sigma}{\Delta G_v}$$

$$\begin{aligned} \therefore G^* &= \frac{4}{3}\pi \frac{-8\sigma^3}{\Delta G_v^2} + 4\pi \frac{4\sigma^3}{\Delta G_v} \\ &= \frac{16\pi\sigma^3}{3\Delta G_v^2} \end{aligned}$$

3、根据下图所示，推导在 T_1 温度下成分为 X_0 合金在 $\alpha + L$ 两相区时，表示两相 α 和 L 的相对量（重量）的杠杆定律。（图中成分均为重量百分数）。（10 分）



解：设合金总量为 Q_0 ，则 $Q_0 = Q_L + Q_\alpha$ ，液相量为 $Q_L X_L$ ，固相量为 $Q_\alpha X_\alpha$ ，由此可得

$$Q_0 X_0 = Q_L X_L + Q_\alpha X_\alpha = (Q_0 - Q_\alpha) X_L + Q_\alpha X_\alpha$$

整理，得 $\frac{Q_\alpha}{Q_0} = \frac{X_0 - X_L}{X_\alpha - X_L} \times 100\% = \frac{ob}{ab} \times 100\%$

$$\frac{Q_L}{Q_0} = \frac{X_\alpha - X_0}{X_\alpha - X_L} \times 100\% = \frac{oa}{ab} \times 100\%$$

$$\frac{Q_\alpha}{Q_L} = \frac{X_0 - X_L}{X_\alpha - X_0} \times 100\% = \frac{ob}{oa} \times 100\%$$

四、简答题（45 分）

1、以低碳钢的拉伸曲线为例，运用位错理论说明屈服现象及加工硬化现象。（15 分）

答：由于金属中由间隙式原子形成的柯氏气团，将位错牢牢钉扎住，在拉应力小于 σ_{\max} ，

位错不能起动，变形是完全弹性的， σ - ϵ 成直线。当 $\sigma = \sigma_{\max}$ ，应力才足以使位错从柯氏气团钉扎中脱钉成为自由位错，便产生了塑性变形，脱钉后的位错在较低应力下便可以运动，屈服极限降至 $\sigma = \sigma_{\min}$ 之后，再遇到柯氏密度明显增大，运动中发生故应力又逐渐增大，气团重复上述过程，直到应变达到一定程度，位错交割相互作用。

金属发生塑性变形时，位错密度增加，位错间的交互作用增强，相互缠结，造成位错运动阻力的增大，引起塑性变形抗力的提高，称为加工硬化现象。

2、请简单说明层错能高低对螺型位错交滑移的影响，及其对金属加工硬化速率的影响。(10分)

答：层错能越低，位错的扩展宽度就越大，交滑移束集时要做的功也越大。因此，层错能越低，交滑移就越困难。

层错能越低，产生孪晶变形的孪晶应力也越低，也就更容易发生孪晶变形。孪晶变形能使材料产生强烈的加工硬化。同时，由于交滑移在抛物线硬化区会使应力暂时松弛，硬化速率减小。因此，层错能越低，交滑移越困难，金属的加工硬化速率增大。

3、请以 Al-4.5%wtCu 合金为例，说明 130℃时效过程（组织转变）及其性能（硬度）变化。(10分)

答：Al-4.5%wtCu 合金的时效过程是：在 130℃时效时，GP 区的形成使合金的硬度上升；长时间时效，GP 区开始溶解，从而硬度下降，但开始形成 θ'' ， θ'' 使硬度继续增加；当 θ'' 溶解而全部转变为 θ' ，则硬度开始下降。

4、说明马氏体相变的主要特征。(10分)

答：马氏体相变的基本特征表现为：（主要为 1-2 点）

(1) 无扩散性 $A \rightarrow M$

马氏体相变时无须原子的扩散，没有原子的混合与再混合过程。新相 M 与母相 A 的化学成分完全相同。

(2) 切变性，具体表现为：

(a) 相变的协调一致性： $A \rightarrow M$ (FCC \rightarrow BCC)

通过原子的整体协调运动（切变），晶体结构从 FCC 变成 BCC。原子的移动距离小于原子间距。

(b) 表面浮凸效应

在经过抛光的表面，若发生马氏体相变，在切变时，将产生表面浮凸效应。这是由于点阵形变在转变区域中产生形状改变。

(c) 惯析面

M 总是在母相的特定晶面上析出，伴随着 M 相变的切变，一般与此晶面平行，此晶面为基体与 M 相所共有，称为惯析面。

(d) 新相与母相之间存在确定晶体学位向关系

两种著名的取向关系（钢的 M 转变），即 K-S 关系和西山关系。实际材料的马氏体转变，一般与上述关系存在几度的偏差。

(3) 马氏体相变时伴随有点阵畸变。

(4) 马氏体转变存在开始温度 M_s 和终了温度 M_f (或 M_z)。

五、综合分析题 (32 分)

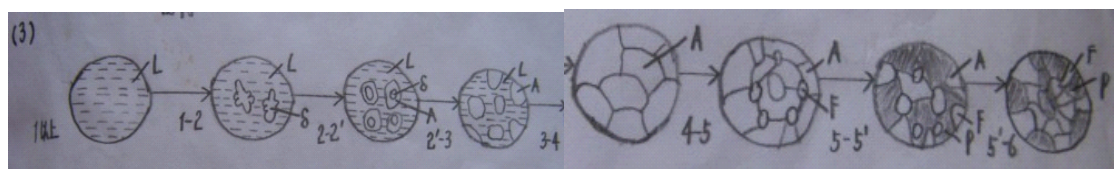
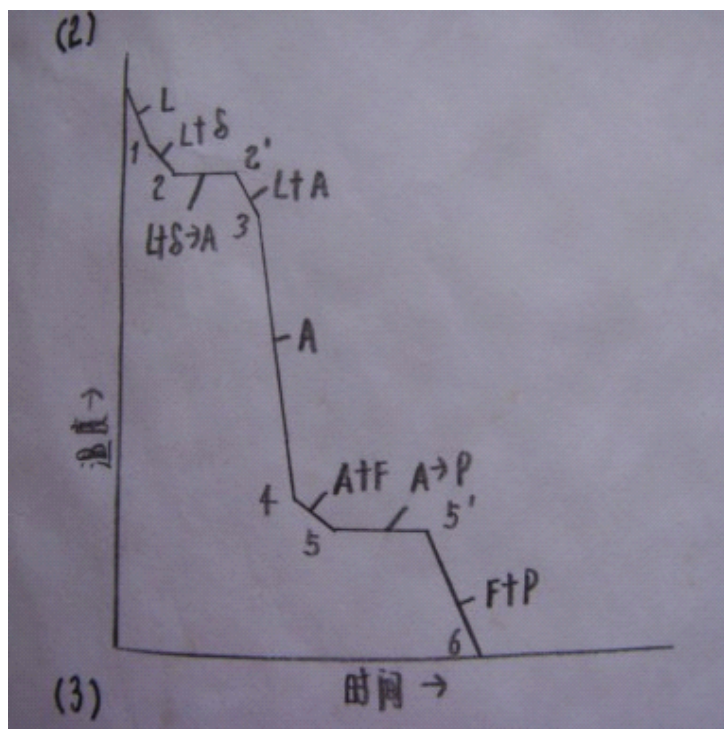
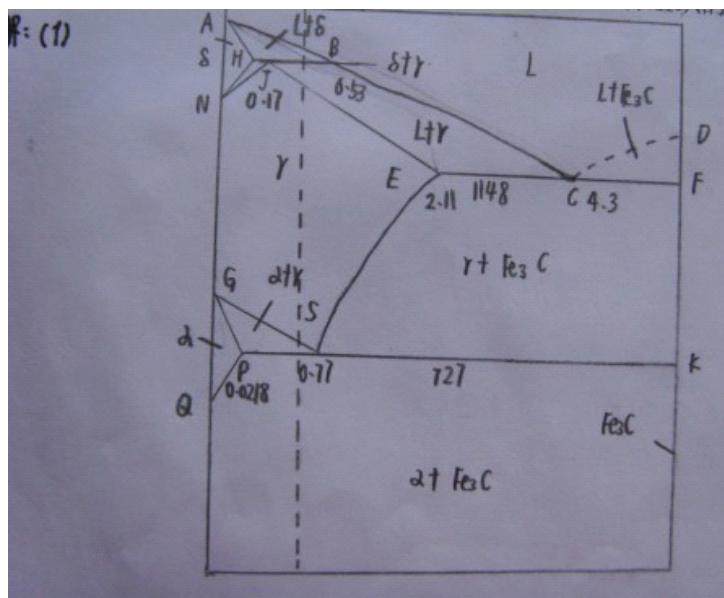
1、根据 Fe-Fe₃C 相图，完成下列工作：(20 分)

(1) 画出 Fe-Fe₃C 相图（可以忽略高温铁素体相变及包晶转变）；

(2) 画出 35#钢 (C%wt=0.35%，下同) 从高温液态到室温的平衡冷却曲线（不考虑铁素体的溶解度变化），并标明相的变化过程；

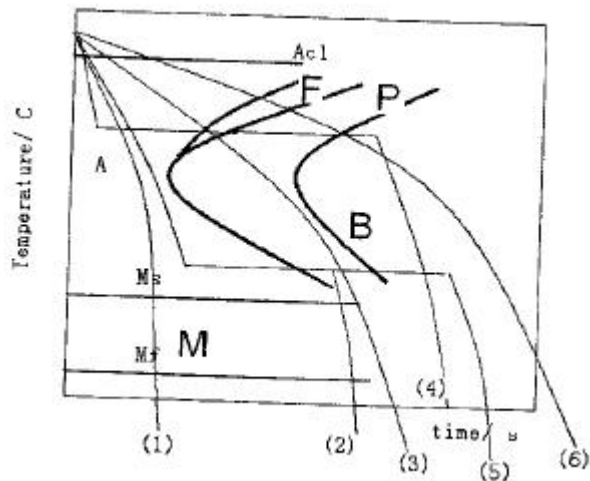
(3) 示意画出高温液态到室温的组织转变过程图。

(4) 说明 35#钢在室温下的平衡组织，给出每一种组织的成分，计算各组织的相对重量。



(4) 平衡组织为 F+P, $F = \frac{0.77 - 0.35}{0.77 - 0.0218} = 56\%$, $P = 1 - 56\% = 44\%$

2、某合金钢的过冷奥氏体转变 C 曲线 (TTT 曲线) (如下图所示), 请写出经过图中所示的 6 种不同工艺处理后材料的组织名称以及硬度排列 (从高到低)。(12 分)



答：(1) M+A'

(2) B_下+M+A'

(3) T+ M+A'

(4) S

(5) B_下

(6) P

硬度排列：(1) → (2) → (3) → (4) → (5) → (6)

说明：Mf：过冷奥氏体转变为马氏体的终了温度

Ms：过冷奥氏体转变为马氏体的开始温度

奥氏体从过冷到转变开始这段时间称为孕育期，孕育期的长短反映了过冷奥氏体的稳定性大小。在 C 曲线的“鼻尖”处，孕育期最短，过冷奥氏体的稳定性最小。

Acl~鼻尖区之间：珠光体转变区 A→P

鼻尖区~Ms 之间：贝氏体转变区

鼻尖~350℃之间：上贝氏体

350℃~Ms 之间：下贝氏体

过冷奥氏体冷却到 Ms 点以下后发生马氏体转变。

M：马氏体

B：贝氏体

T：屈氏体

S：索氏体

P：珠光体

A'：残余奥氏体