

## 西南交通大学 2009 年硕士研究生招生入学考试试题

### 一、简答题（每题 3 分，共 30 分）

#### 1、珠光体转变

珠光体转变是过冷奥氏体在临界温度  $A_1$  以下比较高的温度范围内进行的转变, 共析碳钢约在  $A_1 \sim 500^\circ\text{C}$  温度之间发生, 又称高温转变, 是单相奥氏体分解为铁素体和渗碳体两个新相的机械混合物的相变过程。

#### 2、中间相

两组元 A 和 B 组成合金时, 除了形成以 A 为基或以 B 为基的固溶体外, 还可能形成晶体结构与 A, B 两组元均不相同的新相。由于它们在二元相图上的位置总是位于中间, 故通常把这些相称为中间相。

#### 3、固溶强化

由于合金元素（杂质）的加入, 导致的以金属为基体的合金的强度得到加强的现象。

#### 4、配位数

晶体结构中任一原子周围最近邻且等距离的原子数。

#### 5、扩展位错

通常指一个全位错分解为两个不全位错, 中间夹着一个堆垛层错的整个位错形态。

#### 6、共晶转变

由一个液相生成两个不同固相的转变。

#### 7、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。

#### 8、铝合金的时效

经淬火后的铝合金强度、硬度随时间延长而发生显著提高的现象称之为时效, 也称铝合金的时效。

#### 9、再结晶

冷变形后的金属加热到一定温度之后, 在原变形组织中重新产生了无畸变的新晶粒, 而性能也发生了明显的变化并恢复到变形前的状态, 这个过程称为再结晶。（指出现无畸变的等轴新晶粒逐步取代变形晶粒的过程）

#### 10、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、给出下列公式, 说明公式中各物理量的含义及单位（每题 5 分，共 15 分）

(1) Hall-Petch (霍尔-佩奇) 公式

(2) 晶界偏聚公式

(3) 菲克第二定律（一维）

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

$\sigma_y$ : 合金的屈服强度

$\sigma_i$ : 与材料有关常数

K: 与材料有关常数

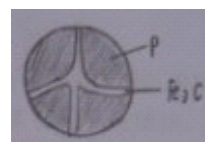
d: 平均晶粒直径

(2)  $C = C_0 \exp\left(\frac{\Delta E}{RT}\right)$

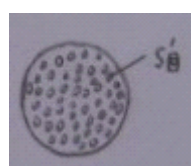
T: 温度 (K)

D: 扩散系数

答: (1) (2) (3)



(6)



3、画出立方晶系的 $[100]$ 、 $[101]$ 晶向和 $(111)$ 、 $(1-11)$ 晶面和六方晶系的 $[11-20]$ 晶向、 $(0001)$ 晶面。(6分)

4、推导从液相中均匀形核形成奥氏体的临界形核功的表达式。(假定奥氏体晶核为球体, 球的表面积= $4\pi r^2$ , 球的体积= $\frac{4}{3}(\pi r^3)$ ,  $r$ —球的半径)(10分)

解:

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

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

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

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

5、简述形变金属在加热时的回复和再结晶过程及其组织与性能的变化。(8分)

答: 冷变形金属在较低温度下加热时发生回复过程, 特点:

①回复过程中组织不发生变化, 仍保持变形状态伸长的晶粒;

②回复过程使变形引起的宏观(一类)应力全部消除, 微观(二类)应力大部消除。

③回复过程中一般力学性能变化不大, 硬度、强度仅稍有降低, 塑性稍有提高, 某些物理性能有较大变化, 电阻率显著降低, 密度增大。

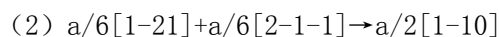
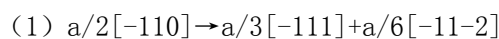
再结晶是冷变形金属加热时, 继回复之后发生再结晶, 连续加热时, 低温下发生回复, 超过一定温度, 发生再结晶; 一定温度下等温加热时, 短时发生回复, 长时间加热, 也发生再结晶。特点:

①组织发生变化, 由冷变形的伸长晶粒变为新的等轴晶粒。

②力学性能发生急剧变化, 强度、硬度急剧降低, 塑性提高, 恢复至变形前状态。

③变形错能在再结晶过程中全部释放, 点阵畸变(三类应力)消除, 位错密度降低。

6、判断下列位错反应能否进行, 并说明理由(6分):



解: (1) 几何条件: 反应后  $a/3[-111] + a/6[-11-2] = a/2[-110]$

$$\text{能量条件: 反应前 } \sum b^2 = \left(\frac{a}{2}\sqrt{(-1)^2 + 1^2 + 0^2}\right)^2 = \frac{a^2}{2}$$

$$\text{反应后 } \sum b^2 = \left(\frac{a}{3}\sqrt{(-1)^2 + 1^2 + 1^2}\right)^2 + \left(\frac{a}{6}\sqrt{(-1)^2 + 1^2 + (-2)^2}\right)^2 = \frac{a^2}{2}$$

$$\text{反应前 } \sum b^2 = \text{反应后 } \sum b^2$$

此反应既满足几何条件又满足能量条件, 故反应能够进行。

(2) 几何条件: 反应前  $a/6[1-21] + a/6[2-1-1] = a/2[1-10]$

$$\text{能量条件: 反应前 } \sum b^2 = \left(\frac{a}{6}\sqrt{1^2 + (-2)^2 + 1^2}\right)^2 + \left(\frac{a}{6}\sqrt{2^2 + (-1)^2 + (-1)^2}\right)^2 = \frac{a^2}{3}$$

$$\text{反应后 } \sum b^2 = \left( \frac{a}{2} \sqrt{1^2 + (-1)^2 + 0^2} \right)^2 = \frac{a^2}{2}$$

$$\text{反应前 } \sum b^2 < \text{反应后 } \sum b^2$$

此反应满足几何条件，但不满足能量条件故反应不能进行。

7、简述马氏体相变的基本特征。(8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  $M_z$ )。

#### 四、综合分析题(45分)

1、举例说明材料的基本强化形式有哪几种，并详细说明其中一种的强化机制。(13分)

答：材料的基本强化形式有固溶强化、形变强化(加工硬化)、细晶强化、第二相强化等。

(1) 固溶强化：由于合金元素(杂质)的加入，导致的以金属为基体的合金的强度得到加强的现象。在位错线附近存在溶质原子偏聚，位错的滑移受到约束和钉扎作用，塑性变形难度增加，金属材料的强度增加。

(2) 加工硬化：金属材料经过冷加工，即在室温附近使之产生的塑性变形后，其强度得到加强的现象。冷加工变形使金属材料内的原来近似等轴的晶粒被压挤成长形，位错数增加，导致位错滑移难度增加，提高了强度。

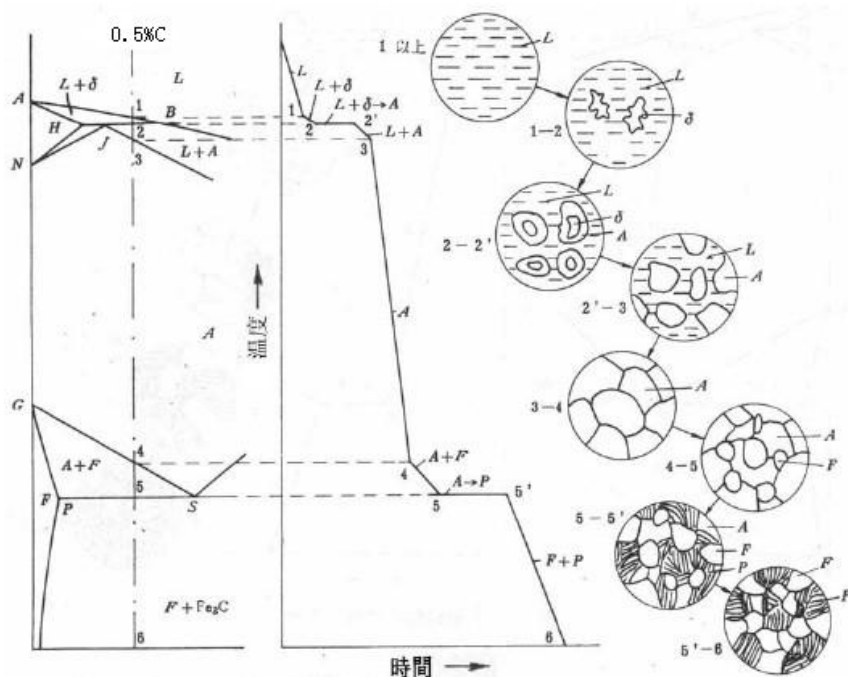
(3) 细晶强化：晶粒愈细小，晶界总长度愈长，对位错滑移的阻碍愈大，材料的屈服强度愈高。晶粒细化导致晶界的增加，位错的滑移受阻，因此提高了材料的强度。

(4) 弥散强化：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。其作用在于颗粒对位错运动的阻碍和钉扎。如果弥散的颗粒相有较高的强度和硬度，位错运动时不能切过颗粒，则位错线会在两颗粒间弓出，在颗粒周围形成位错环，这需要较大的应力，从而提高了材料的强度。

2、根据 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图，回答下列问题：（20 分）

- （1）画出 50#钢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）；（5 分）
- （2）示意画出组织转变过程图；（5 分）
- （3）说明 50#钢在室温下的平衡组织，并给出每一种组织的含碳量；（5 分）
- （4）计算 50#钢室温下各组织的相对重量。（5 分）

解：（1）、（2）见下图

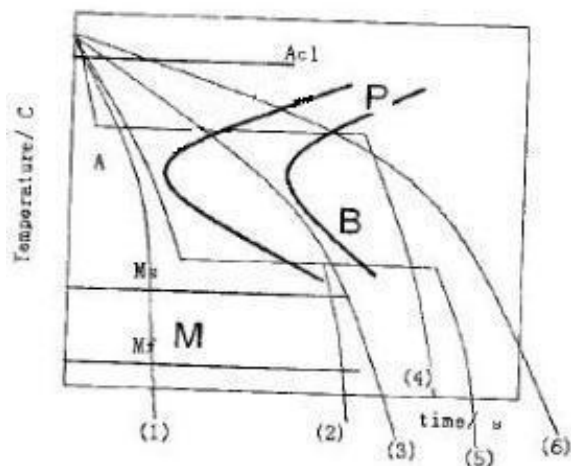


（3）平衡组织为 F+P，平衡相为  $\alpha$  + Fe<sub>3</sub>C，其中 P 中含碳量为 0.77%。

$$(4) F = \frac{0.77 - 0.50}{0.77 - 0.0218} = 36\%, P = 1 - 36\% = 64\%$$

$$\text{铁素体的相对重量 } \alpha \% = \frac{6.69 - 0.50}{6.69 - 0.0218} \times 100\% = 92.8\%, \text{ Fe}_3\text{C}\% = 1 - 92.8\% = 7.2\%.$$

3、根据共析碳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。（12 分）



答：(1)  $M+A'$

(2)  $B_{\text{下}}+M+A'$

(3)  $T+M+A'$

(4) S

(5)  $B_{\text{下}}$

(6) P

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  $A \rightarrow P$

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