

# 大连理工大学

2008年硕士生入学考试试题《材料科学基础》

## 一、解释下列名词

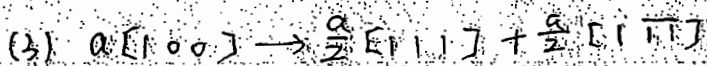
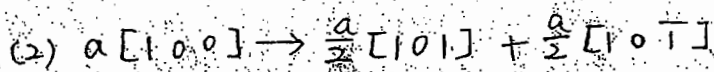
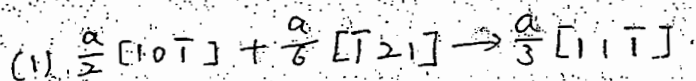
晶胞、空间点阵、奥氏体、体心立方、致密度、配位数、应变时效、刃型位错、螺型位错、伪共晶。

## 二、判断下列说法是否正确，并分析原因。

1. 碳在奥氏体中的固溶度比铁素体高，其主要原因是 $\gamma$ -Fe的致密度比 $\alpha$ -Fe低。

2. 在Fe-Fe<sub>3</sub>C相图中，奥氏体可以记作A，而不能记作 $\gamma$ -Fe。

## 三、判断下列位错反应能否进行。



四、已知平均晶粒直径为1mm和0.065mm的 $\alpha$ -Fe的屈服强度分别为

112.7Mpa和196Mpa，问平均晶粒直径为0.0196mm的铁的屈服强度为多少？

## 五、简述纤维组织与织构的区别。

六、假定有一个位错为 $[001]$ 的刃型位错沿着 $(100)$ 晶面滑动。

① 如果有另一个柏氏矢量在 $[010]$ 方向，沿着 $(001)$ 晶面上运动的刃型位错，通过上述位错时该位错将发生扭折还是交割？

② 如果有一个柏氏矢量方向为  $[100]$ ，并在  $(001)$  晶面上滑动的螺型位错，通过上述位错时该位错将发生扭折还是割阶？并作为图形。

七. 试根据 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图作合金相图在 950℃、800℃、727℃ 和 600℃ 时各有关相的含碳量—自由焓曲线示意图。

八. 作出 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图，并写出各关键点的温度及习惯标注的字母，表明各相区，并完成以下问题：

(1) 计算含 3.0% C 铁碳合金在室温时相组成物和组织组成物的相对含量。

(2) 画出含 3.0% C 铁碳合金的冷却曲线。

九. 在 Fe 中形成 1 mol 空位的能量为 104.675 kJ。试计算从 20℃ 升温至 850℃ 时空位数目增多多少？  
$$C = A \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

十. 有人将工业纯铝在室温下进行大变形量轧制，制得一批薄片试样，所测得的室温强度  $\sigma$  表明试样呈加工状态。然后将其他剩余试样加热至 100℃ 放置 12 天，再冷却后测得其室温强度比  $\sigma$  明显降低。试验者排除发生了再结晶的可能，因为查

得工业纯铝的  $T_p$  为 150℃。请解释上述现象，并说明如何证

明你的设想。

一、晶胞：能够完全反映品格特征的最小重复单元。

空间点阵：代表晶体中原子、原子团或分子分布规律（周期性）的几何点的集合。

奥氏体：碳溶于 $\gamma$ -铁中所形成的间隙固溶体。

体扩散：在晶粒内部进行的扩散。

致密度：原子所占体积与晶胞所占体积之比。

配位数：晶体结构中任一原子最近邻等距离的原子数目。

应变时效：当退火状态的低碳钢试样拉伸到超过屈服点，发生少量塑性变形后卸载，然后将预变形试样在室温下放置几天再进行拉伸，则屈服现象又复出现，且屈服应力进一步提高，此现象即为应变时效。

刃型位错：在晶体中某晶面的上半部或下半部存在多余的半原子面，它好像一把刀刃插入晶体中，使晶面的上下两部分晶体之间

产生半原子错排，称为刃型位错。

螺型位错：假设立方晶体的右侧受到切应力的作用，其右侧上下两部分晶体沿滑移面（一般为密排面）发生了错动，这时已滑移区和未滑移区的边界线平行于滑移方向，这种位错即螺型位错。

伪共晶：在非平衡凝固条件下，由非共晶成分合金所得到的

共晶组织。位错线周围的原子按螺旋形排列，以应力的形

二 1. 奥氏体  $\gamma$ -Fe 只溶于 2.2% 碳, 铁素体  $\alpha$ -Fe 只溶于 0.02% 碳

从图 1-10 可以看出,  $\gamma$ -Fe 的八面体间隙尺寸比  $\alpha$ -Fe 的要大。实际上, 碳在奥氏体中的固溶度比铁素体高, 是因为固溶于  $\gamma$ -Fe 和  $\alpha$ -Fe 中的碳原子均处于八面体间隙中, 而  $\gamma$ -Fe 的八面体间隙尺寸更大的缘故。

2. 正确。奥氏体是碳溶于  $\gamma$ -Fe 而形成的间隙固溶体, 它们之间有本质的区别。

三、(1) 能 几何条件:  $\sum b_{前} = \sum b_{后} = \frac{a}{3} [11\bar{1}]$

能量条件:  $\sum b_{前}^2 = \frac{2}{3} a^2 > \sum b_{后}^2 = \frac{1}{3} a^2$

(2) 不能 几何条件满足, 但

能量条件:  $\sum b_{前}^2 = \sum b_{后}^2 = a^2$  不满足条件

(3) 不能 几何条件:  $\sum b_{前} = \sum b_{后} = a [110]$

能量条件:  $\sum b_{前}^2 < \sum b_{后}^2$  不满足条件

四、解: 根据霍尔-佩奇公式  $\sigma = \sigma_0 + k d^{-\frac{1}{2}}$ , 列方程

$$\begin{cases} 112.7 \times 10^3 = \sigma_0 + k (1 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \\ 196 \times 10^3 = \sigma_0 + k (0.0625 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} \end{cases}$$

解得  $\begin{cases} \sigma_0 = 84.93 \times 10^3 \text{ Pa} \\ k = 878 \end{cases}$

那么  $\sigma_s = \sigma_0 + k d^{-\frac{1}{2}} = 84.93 \times 10^3 + 878 \times (0.196 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}}$

$= 283.55 \times 10^3 \text{ Pa}$

$= 283.55 \text{ MPa}$

## 五. 材料科学与工程-金属学-金属学-金属学

金属在塑性变形过程中，第二相和各种缺陷发生变形。由于晶粒、杂质、第二相缺陷等都沿着金属的主变形方向被拉长成纤维状，故称为纤维组织。一般来说，纤维组织使金属纵向（纤维方向）强度高于横向强度。这是因为在截面上杂质、第二相、缺陷等脆性、低强度“组元”的截面面积小，而在纵断面上截面面积大。当零件承受较大载荷或承受冲击和交变载荷时，这种各向异性就可能造成很大的危险。

金属在塑性变形时，随着变形程度的增加，各个晶粒的滑移面和滑移方向都要向主变形方向转动，逐渐使多晶体中原来取向各不相同的各个晶粒在空间取向上呈现一定程度的规律性，这一现象称为织构。形成织构的原因并不限于冷加工，而这里主要是指开坯变织构。无论从取向还是从性能看，有织构的金属各向异性。在很多情况下，织构对金属材料都介于单晶体和完全紊乱取向的多晶体之间。由于织构引起金属各向异性，在很多情况下给金属的加工带来不便。

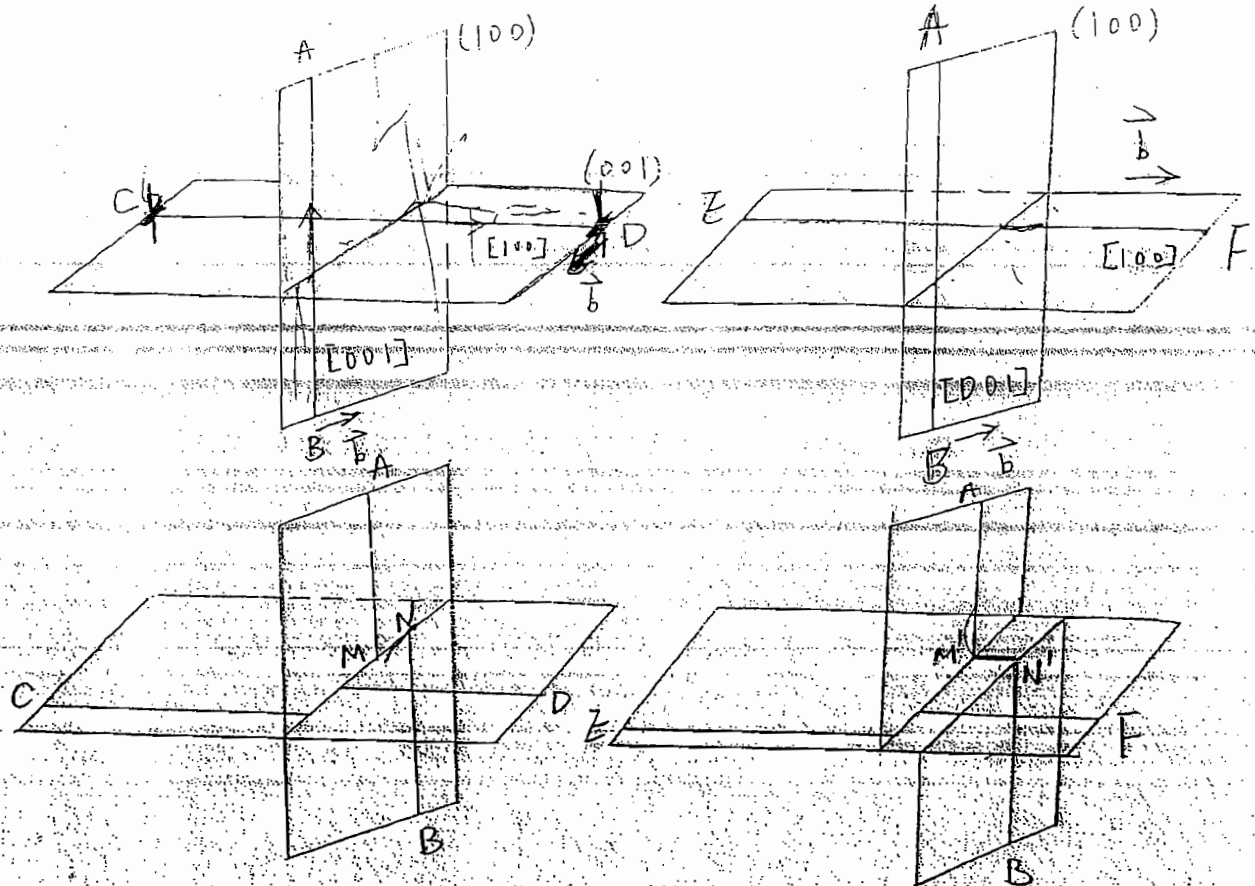
二. ①刃型位错的位错线  $\vec{s} = b \times \vec{n} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = [100]$

位错线为  $[001]$  的刃型位错通过它时将发生扭折。

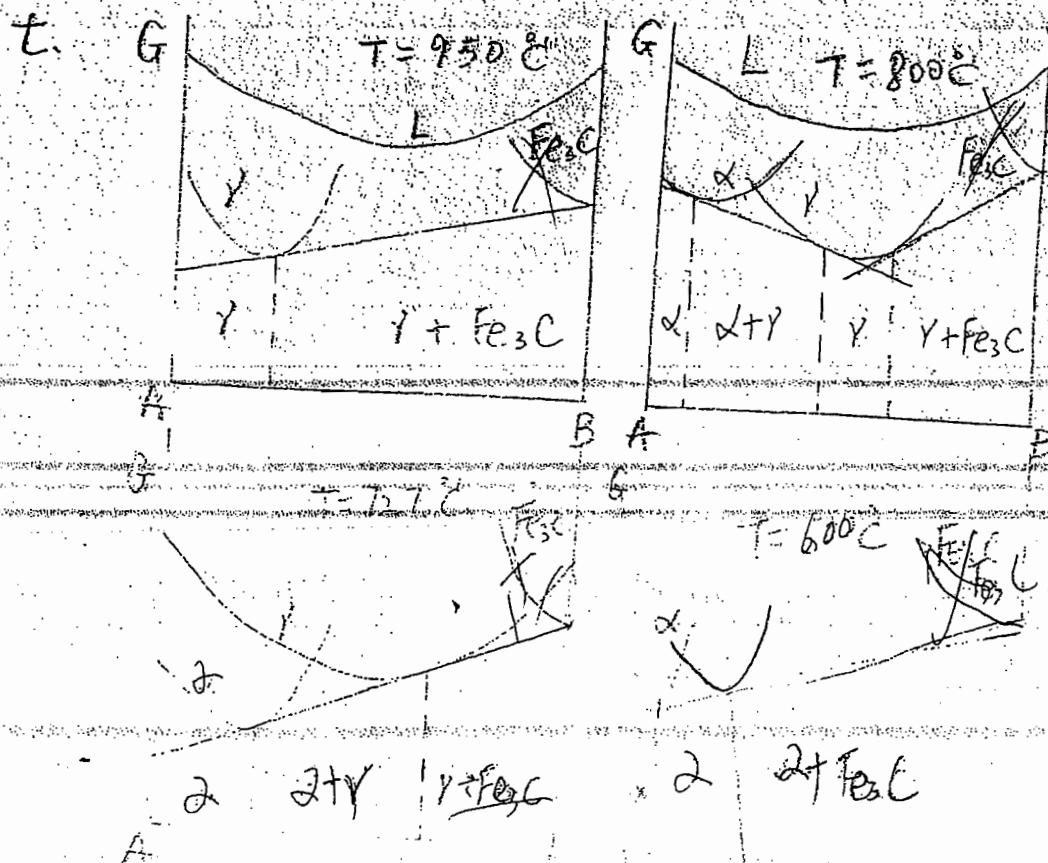
②螺型位错的位错线  $\vec{s} = [100]$  通过它时将产生割阶。

两滑移面的交线  $\vec{n}_3 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = [010]$

作图如下:



可见: MN为扭折, M'N'为台阶。



八、略

(1) 室温下各相的相对含量:

$$w_{\alpha} = \frac{6.69 - 3.0}{6.69 - 0} \times 100\% = 55.16\% \quad w_{Fe_3C} = 1 - w_{\alpha} = 44.84\%$$

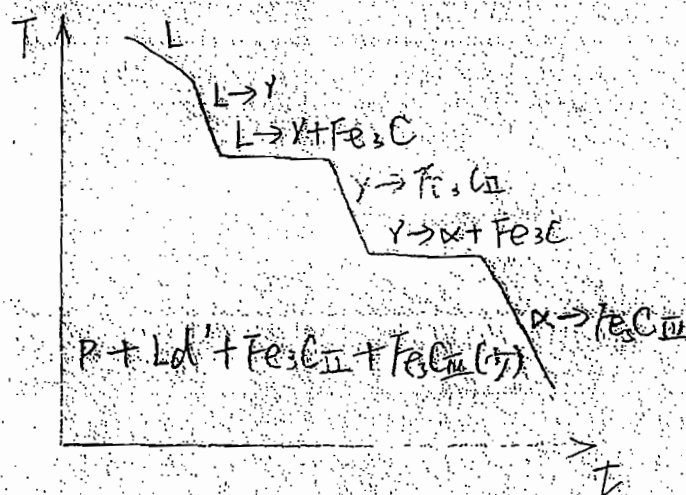
组织组成物的相对含量:

$$w_{Ld'} = \frac{3.0 - 2.11}{4.3 - 2.11} \times 100\% = 40.6\% \quad w_{\gamma} = 1 - w_{Ld'} = 59.4\%$$

$$w_p = w_{\gamma} \cdot \frac{6.69 - 2.11}{6.69 - 0.77} \times 100\% = 46\%$$

$$w_{Fe_3C_{II}} = (1 - 40.6\%) \times \frac{2.11 - 0.77}{6.69 - 2.11} \times 100\% = 13.4\%$$

(2) 冷却曲线如下图:



九、解: 由  $C = A \exp(-\frac{Q}{RT})$ , 有:

$$C_{850^{\circ}C} = A \exp(-\frac{104.675 \times 10^3}{8.31 \times 1123}) = 1.3449 \times 10^{-5} A$$

$$C_{20^{\circ}C} = A \exp(-\frac{104.675 \times 10^3}{8.31 \times 293}) = 2.1549 \times 10^{-19} A$$

$$\text{空位的增量} \quad n = \frac{C_{850^{\circ}C}}{C_{20^{\circ}C}} = 6.23 \times 10^{13}$$

十、实际上工业纯铝的确发生了再结晶。试验者查得的  $T_R$  为

150℃是指1h内完成再结晶的温度,而金属在大量变形后,即使在低于 $T_R$ 的退火温度,只要保温足够长的时间,同样可以发生再结晶,故该试样在100℃放置12天后完全有可能完成再结晶过程。

有两种方法可证明上述设想:

(a) 观察薄片试样的金相组织,如果是等轴晶粒,则可确认完成再结晶。

(b) 由  $\frac{t_2}{t_1} = e^{\frac{Q}{R}(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2})}$ , 只要查得工业纯铝的再结晶温度激活能 $Q$ , 将其他条件代入即可求得 $T_2$ , 若 $T_2 < 100^\circ\text{C}$ , 说明在该条件下可以发生再结晶。

$$\frac{t_2}{t_1} = e^{\frac{Q}{R}(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2})}$$

08真题回忆版补充:

扩散控制, 材料

二、3. 扩散系数  $D$  的影响因素主要是扩散激活能  $\times$

4. 单晶体呈现各向异性, 而多晶体呈现各向同性  $\checkmark$

5. 晶体滑移的临界分切应力的 大小 取决于该晶体的

滑移系与应力轴的相对取向  $\times$

6. 不能把密排立方晶体结构看作一种空间点阵  $\checkmark$

7. 四方晶系中包括面心点阵结构  $\times$

十一. 方形和圆形的临界晶核, 哪个更容易生长? 并说明.

$$\Delta G = \Delta G_v V + \sigma A \quad V^* = -\frac{2\sigma}{\Delta G_v} \rightarrow \text{圆形} \times$$

方形  $\checkmark$

## 08真题回忆版补充(答案)

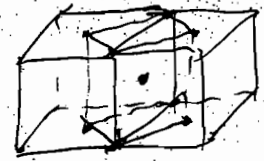
二、3. 错误. 扩散系数  $D$  的影响因素主要是扩散机制和材料.

4. 错误. 正好相反, 单晶体呈现各向同性, 而多晶体呈现各向异性.

5. 错误. 晶体滑移的临界分切应力的太小取决于晶体的类型、纯度以及温度等因素.

6. 正确. 因为空间点阵中的每个阵点都应具有完全相同的周围环境, 而密排六方内的3个原子与晶胞角上的原子具有不同的周围环境.

7. 错误. 四方晶系中只包括简单四方和体心四方. 面心四方结构不符合晶胞的选取原则.



十一. 圆形晶核更容易形成并长大.

证明: 方形晶核的总自由能变化: (设边长为  $a$ )

$$\Delta G = a^3 \Delta G_v + 6a^2 \sigma$$

$$3a^2 \Delta G_v + 12a\sigma = 0$$

$$\frac{d\Delta G}{da} = 0 \text{ 有: } a^* = -\frac{4\sigma}{\Delta G_v}$$

$$a\Delta G_v + 4\sigma = 0$$

$$a = -\frac{4\sigma}{\Delta G_v}$$

形成圆形晶核的总自由能变化:

$$\Delta G = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \sigma$$

$$4\pi r^2 \Delta G_v + 8\pi r\sigma = 0$$

$$\frac{d\Delta G}{dr} = 0 \text{ 有 } r^* = -\frac{2\sigma}{\Delta G_v}$$

$$r\Delta G_v + 2\sigma = 0$$

$$r = -\frac{2\sigma}{\Delta G_v}$$

可见,  $a^* > r^*$  证明.

$$r^* < a^*$$

∴ 圆形晶核更容易长大