

东北大学 2001 年攻读硕士研究生学位研究生试题

- 1.在晶格常数为  $a$  的面心立方晶胞中，画出  $\{111\}$  晶面族的全部晶面并标出各自的晶面指数，计算面间距。（12）
- 2.晶粒直径为  $50\mu\text{m}$ ，若在晶界萌生位错所需要的应力约为  $G/30$ ，晶粒中部有位错源，问要多大的外力才能使晶界萌生位错？（13）
- 3.含碳量为百分之 3.5 的铁 - 碳合金，在室温时由哪两个相组成？各占的重量百分数是多少？并计算室温时珠光体和莱氏体的百分含量。（12）
- 4.再结晶后的晶粒大小如何计算？与哪些因素有关？为何多数金属材料再结晶后晶粒尺寸随预定形变量的关系会在百分之 10 变形量附近出现一个峰值？（13）
- 5.材料发生蠕变时通常符合 的指数定律，对于同一种材料讨论说明式中的  $n$  会不会随试验温度变化？试验测定  $n$  值的目的是什么？在例如 800 摄氏度的试验温度下，金属材料和陶瓷材料的  $n$  值由什么不同？（13）
- 6.什么是电子的分子轨道？为什么有的同类原子会形成分子？有的同类原子不形成分子？是否原子间核外电子越多，形成的分子就轨道越多？是否形成的分子轨道越多，形成的分子的结合键就越强？回答问题并给予简单讨论。（12 分）
- 7.解释名词  
(1) 复合强化 (2) 晶界偏析 (3) 应变疲劳 (4) 扩散激活能 (20)

东北大学 2002 年攻读硕士研究生学位研究生试题

- 1.画出面心立方体的  $(111)$  和  $(100)$  面，计算面间距和面密度。证实晶面的间距越大，原子面密度越高。（15）
- 2.假定一块钢进行热处理时，加热到 850 摄氏度后，快冷到室温，铁中空位的形成能是  $104\text{KJ/mol}$ ,  $R=8332\text{J/K mol}$ 。试计算，从 20 摄氏度加热到 850 摄氏度以后，空位的数目应当增加多少倍？扼要解释快速淬冷到室温后，这些‘额外’的空位会出现什么情况？如果缓慢冷却呢？（12）
- 3.三元相图中含有液相的四相区有哪几种形状？请分别画出并标出四个相的位置和进入与离开四相区的液相成分随温度变化的投影线，写出对应的各四相反应的表达式。讨论四相区零自由度的含意。（13）
- 4.课本第 153 页习题第 2 题。（15）
- 5.比较共价键，离子键，和金属键的不同点，解释产生这三种化学键各自的主要原因，另外讨论为什么通常共价键晶体的密度比其他两种键的晶体的密度低？(13)
- 6.(1).如果不考虑畸变能，第二相粒子在晶内析出是何形态？在晶界析出呢？(2) 如果不考虑界面能，析出物为何形态？是否会在晶界优先析出呢？（12）
- 7.解释名词  
(1) 相变增韧 (2) 复合强化 (3) 断裂增韧 (4) 再结晶 (20)

东北大学 2003 年攻读硕士研究生学位研究生试题

- 1.当两个反号垂直相隔数个原子距离 ( $B$ ) 的刃位错相互滑移成为一列，写出计算滑移力随水平相互距离  $x$  的表达式，试分析相互滑移作用力的变化过程？另外，图示解释，当两位错成为垂直一列时，位错间将形成什么缺陷？当  $B$  值很大时呢？（18 分）
- 2.已知金属铌是面心立方结构，原子量是  $92.9\text{g/mol}$ , 密度是  $4.47\text{g/cm}^3$ , 请计算铌的原子半径。（16 分）

3.铁的界面能是  $0.78\text{J/m}^2$ ,若夹杂物 a)在铁的晶界上形成球状夹杂的二面角为  $80^\circ$ , b)沿铁的晶界面分布,分别求铁和夹杂物间的界面能。(16分)

4.在百分之15体积分数碳化硅颗粒强化的铝基复合材料中,当塑性变形百分之0.1时,碳化硅是不发生塑性变形的,只有铝基体被变形。如果,碳化硅粒子的半径为  $1.2\mu\text{m}$ ,铝中位错b矢量为  $3 \times 10^{-4}\mu\text{m}$ ,此时在粒子前沿将塞积4条位错,如何计算(提示:粒子无法进行与基体等量的塑性变形将导致相应量的位错在其前沿塞积)?铝的屈服应力为  $200\text{Mpa}$ ,问此时碳化硅粒子中受多大的力?此时复合材料的强度是多少?(18分)

5.写出图中立方晶系的晶面指数,写出所属面族的其他所有晶面。(会标晶面指数)(18分)

6.下图是  $\text{Al-Nd}$  二元相图,只有单相区标了出来,请指出所有的共晶,共析,包晶和异晶(成分不变只有晶体结构转变)转变的成分位置和转变温度,并写出它们各自的降温转变的反应式。(图类似于课本 P245 图 8-31)

7.奥氏体向珠光体转变符合 Avrami 公式  $y=1-\exp(-ktn)$ ,按照下表给出的试验数据,计算转变百分之95所需要的时间:

转变数量	需要时间 (s)
百分之20	12.6
百分之80	28.2

(20分)

8.解释名词

(1)扩散系数 (2)成分过冷 (3)再结晶 (4)布里渊区 (28分)

东北大学 2004 年攻读硕士研究生学位研究生试题

1.会标晶向指数。(15分)

2.(15分)为什么单相金属的晶粒形状在显微镜下多为六边形?

3.(15分)金属中的自由电子为什么对比热贡献很小却能很好的导电?

4.(15分)已知:空位形成能是  $1.08\text{eV/atom}$ ,铁的原子量是  $55.85\text{g/mol}$ ,铁的密度是  $7.65\text{g/cm}^3$ ,  $N_A=6.023 \times 10^{23}$ ,  $K=8.62 \times 10^{-5}\text{eV/atom-K}$ ,请计算1立方米的铁在  $850^\circ\text{C}$  下的平衡空位数。

5.(15分)在面心立方晶体中,在  $(1-11)$  面上,有柏氏矢量为  $a/2[-101]$  的刃位错运动,在  $(11-1)$  面上有柏氏矢量为  $a/2[1-10]$  的刃位错运动,当它们靠近时是否稳定?有什么变化?说明之。

6.(15分)(1)用晶向和晶面指数的组合写出面心立方,体心立方及密排六方金属的全部滑移系。(2)在面心立方晶体的单位晶胞中画出一个滑移系,并标出晶面晶向指数。

7.(15分)为什么材料有时会在其屈服强度以下的应力载荷时失效?如何防止?如何进行容器只漏不断的设计?

8.(15分)根据如下给出的信息,绘制出 A 和 B 组元构成的  $600^\circ\text{C}$  到  $1000^\circ\text{C}$  之间的二元相图: A 组元的熔点是  $940^\circ\text{C}$ ; B 组元在 A 组元中的溶解度在所有温度下为零; B 组元的熔点是  $830^\circ\text{C}$ , A 在 B 中的最大溶解度是  $700^\circ\text{C}$  为百分之12;  $600^\circ\text{C}$  以下 A 在 B 中的溶解度是百分之8;  $700^\circ\text{C}$  时在成分点 A - 百分之75B 有一个共晶转变;  $755^\circ\text{C}$  时在成分点 A - 百分之40B 还有一个共晶转变; 在  $780^\circ\text{C}$  时在成分点 A - 百分之49B 有一个稳定金属间化合物凝固发生; 在  $755^\circ\text{C}$  时成分点 A - 百分之67B 有另一个稳定金属间化合物凝固反应。

9.(10分)为什么在正温度梯度下合金结晶时也会发生枝晶?凝固时合金液体中成分偏析的区域尺寸对枝晶有什么影响?另外,何种情况下发生胞状结晶组织?

10.(20分)解释名词

(1)扩散系数 (2)珠光体 (3)再结晶 (4)位错割阶

东北大学 2005 年攻读硕士研究生学位研究生试题

1 ( 15 分 ) 名词解释

空间点阵 间隙相 成分过冷 反应扩散 连续脱溶

2 ( 20 分 ) 判断题

(1) 属于同一种空间点阵的晶体可以具有不同的晶体结构

( 2 ) 一个位错环不可能处处都是螺位错，也不可能处处都是刃位错。

( 3 ) 致密度高的密排金属作为溶剂形成间隙固溶体时，其溶解度总比致密度低的金属小。

( 4 ) 非共晶成分的合金，经较快冷却而形成的全部共晶组织称为伪共晶。

( 5 ) 液态金属结晶时，形成临界晶核时体积自有能的减少只能补偿新增表面能的  $1/3$ 。

( 6 ) 单晶体的临界分切应力主要取决于晶体的类型及纯度，而与外力的大小和取向无关。

( 7 ) 强化金属材料的各种手段，其出发点都在于制造无缺陷的晶体或设置位错运动的障碍。

( 8 ) 一般情况下，高纯金属比工业纯度金属更容易发生再结晶。

( 9 ) 纯金属经同素异构转变后，会产生组织和结构方面的变化。

( 10 ) 调幅分解过程中发生溶质原子的上坡扩散。

3. 黄铜是一种 Cu-Zn 合金，可由于蒸发而失去锌，（锌的沸点低达  $900^{\circ}\text{C}$ ）。设经  $900^{\circ}\text{C}$  摄氏度 10 分钟处理后，在深度 1mm 处合金的性能将发生某种变化，如果只能容许在 0.5mm 处的性能发生这一程度的变化，那么这种合金在  $800^{\circ}\text{C}$  摄氏度能停留多长时间？（已知锌在铜中的扩散激活能  $Q = 20000R$ ）(15 分)

4. 下图中给出两个纯螺型位错，其中一个含有一对扭折，另一个含有一对割阶，图中箭头方向为位错线的正方向，问：

( 1 ) 这两对位错线何者为扭折，何者为割阶？它们属于什么类型位错？

( 2 ) 假定图上所示的滑移面为面心立方晶体的 ( 111 ) 面，问哪一对位错线可以通过自身的滑动而消除，说明理由。

( 3 ) 含有割阶的螺位错在滑移时是怎样形成空位的？

( 4 ) 指出各位错中多余半原子面的位置。

( 注：一定要把位错部分吃透 )

5. 下图是 -A-B-C 三元相图富 A 角的投影图

( 1 ) 说明 E 点是什么四相反应？写出它的反应式，并说明判断依据。

( 2 ) 什么成分合金的结晶组织是（忽略二次相）

a)  $a + (a + A_m B_n + A_j C_k)$

b)  $(a + A_m B_n) + (a + A_m B_n + A_j C_k)$

注：图不好画，只要把三元相图搞明白就可以了。

6. ( 1 ) 假设原子为钢球，直径不因晶体结构改变而改变，计算从  $\gamma\text{-Fe}$  转变为  $\alpha\text{-Fe}$  的体积膨胀率。

( 2 ) 用 x 射线测得  $912^{\circ}\text{C}$  摄氏度时  $\gamma\text{-Fe}$  和  $\alpha\text{-Fe}$  的点阵常数分别为  $0.3633\text{nm}$  和  $0.2892\text{nm}$ 。计算  $\gamma\text{-Fe}$  转变为  $\alpha\text{-Fe}$  的体积膨胀率。

( 3 ) 比较 ( 1 ) ( 2 ) 结果，说明原子半径随配位数改变的规律。

为了区分两种弄混的碳钢，工作人员分别截取了 A, B 两块试样，加热至  $850^{\circ}\text{C}$  摄氏度保温后，以极缓慢的速度冷至室温，观察金相组织，结果如下：

A 试样的先共析铁素体面积时百分之 41.6，珠光体的面积是百分之 58.4，B 试样的二次渗碳体面积是百分之 7.3，珠光体面积是百分之 92.7。

设铁素体和渗碳体的密度相同，铁素体中的含碳量为零，试求 A, B 两种碳钢的含碳量。

8. Cu 为面心立方结构，x 射线测定的点阵常数  $a = 0.3615\text{nm}$ ，

( 1 ) 按钢球密堆模型计算最近邻原子中心距离是多少？以任何以原子为中心，这样距离的

原子数目是多少？

(2) 在一个晶胞内画出一个能发生滑移的晶面，并标出指数。

(3) 在所画晶面上指出一个可滑移的晶面，并标出指数。

(4) 若铜晶体表面恰平行于 (001) 面，当在 [001] 晶向施加应力，使所有滑移面上均发生滑移时，图示在表面上可能看到的滑移线痕迹。

东北大学 2006 年攻读硕士研究生学位研究生试题

1. 名词解释

晶带 上坡扩散 不连续脱溶 加工硬化 伪共晶

2.  $T = 0K$  时，金属中的自由电子有没有热振动？为什么？

3. 在立方晶体中画出以下晶面和晶向：  $【112】$ ,  $【-210】$ ,  $(102)$

(11-2)

4. 在面心立方晶体中，同一个 (111) 面上的两个位错  $a/2[00-1]$  和  $a/2[-110]$  在相互靠近时是否稳定？将发生什么变化？写出位错反应。

5. a, b, c 三个晶面相交于一个三叉结点，a 晶面所张的二面角为  $82^\circ$ ，b 晶面所张的二面角为  $110^\circ$ ，ab 晶面能为  $0.3J/m^2$ ，求 ac 和 bc 晶面能。

6. 分别列出对纯金属和合金可能采取的强化机制。

7. Al-Mn 相图如图所示，写出相图中的全部恒温转变反应式及类型。

(图类似于 P245 图 8-31，会这种类型的题目)

8. 850 摄氏度渗碳与 950 摄氏度渗碳相比，优点是热处理后产品晶粒细小。

a) 计算上述两个温度下碳在  $\gamma$ -Fe 中的扩散系数，已知  $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} m^2/s$   $Q = 140 \times 10^3 J/mol$ 。

b) 850 摄氏度渗碳需用多长时间才能获得 950 摄氏度渗碳 5 小时的渗层厚度 (不同温度下碳在  $\gamma$ -Fe 中的溶解度的差别可忽略)

东北大学 2007 年攻读硕士研究生学位研究生试题

考试科目《材料科学基础》

1. 名词解释 固溶体 点阵 晶格摩擦力 扩展位错 同素异形转变

2. 证明晶面  $(-210)$ ， $(-110)$ ， $(012)$  属同一晶带，其晶带轴指数是什么？

3. 如何解释等温与绝对零度下电子平均动能十分相近的原因。

4. 举出两个由长程扩散控制长大的实例。

5. 为何过饱和固溶体适当固溶处理后强度比室温平衡组织高？

6. (1) 已知 Zn 在 Cu 中扩散时， $D = 2.1 \times 10^{-5} m^2/s$ ,  $Q = 1.71 \times 10^5 J/mol$  求 820 时在 Cu 中的扩散系数

(2) 讨论影响金属材料扩散的因素。

7. 冷加工金属加热时发生回复过程中位错组态有哪些变化？

8. Al-Cu 相图可简化为  $T_m = 660^\circ C$ ，共晶温度  $T_E = 546^\circ C$ ，Cu 在 Al 中最大溶解度  $C(Cu) = 5.65\%$ ，共晶成分  $C_E = 33\%$  液固相线为直线，若液相中 Cu 扩散系数  $D_2 = 3 \times 10^{-9} m^2/s$ ，金在无对流条件下凝固，界面为平面，推移速度  $5 \mu m/s$ ，那么  $C(Cu) = 5\%$  的 Al-Cu 合金在平衡稳态下凝固时临界温度是多少？溶质溶解的特征距离多大？为保持平面界面，液相温度梯度应多大？

答案提示：2. 由晶面指数列等式

3. 课本 55 页
4.  $\alpha\text{-Fe} \xrightarrow{r} \gamma\text{-Fe}$ , Al 合金中第二相析出
5. 共格亚稳相产生应变
8. 提示：成分过冷判据（课本）  
 $k_0 = 5.65/33 = 0.17$   
 $M_I = (660 - 546)/33\%$ （液相线斜率）  
 $T_i = 660 + (546 - 660)/33\% \times 0.15/0.17$

## 08 年‘材料科学基础’部分真题

一：名词

晶体，相，间隙相，晶带，反应扩散，记忆形变效应，热加工

二：简答

1. 相律； 2. 形核充分和必要条件； 3.....4. . . . .

三：答问

1. 位错反应（111）【1—10】的平位错，纯刃错和纯螺位错
2. 证明： $D = a \cdot aP^{***}$  则  $D = a \cdot aF$
3. 已知三元结构平面图，画出立体图
4. 块型转变特征，结晶过程
- 5.....
6. 珠光体的组织变化及纵向生长情况
7. 单晶体在拉伸作用下的旋转情况

## 09 年材料科学基础

一， 名词解释 晶带 schmid 因子 层错 过冷度 伪共析转变 非均匀形核 30 分

二， Fcc 晶体晶胞内 1 画出一个滑移面 4 分； 2 画出该面上的所有滑移方向 8 分； 3 计算面间距 4 分； 4 计算面密度 4 分

三， 析出硬化型合金能否在一定温度下淬火软化， 为什么？什么合金易产生时效？冷变形对过饱和固溶体的时效影响。（表述有点出入，大体相同） 15 分

四， 晶界对多晶体塑性变形的作用及原理 15 分

五， 什么是强度？合金的强化方式有哪些 10 分

六， 分析脱溶析出和调幅分解的主要区别 15 分

七， 三元共晶相图，分析 o 点结晶 15 分（只画了一个三角形，然后随便画了一点）

八， Ti-Ni 相图，分析恒温转变类型。 Ti-30%Ni 合金结晶路线，计算平衡相成分。 30 分

09 复试 《特种陶瓷工艺学》

一名词解释 5×5 分压电陶瓷

PTC 热敏陶瓷 电绝缘陶瓷

反应烧结碳化硅  $\text{Al}_2\text{O}_3$

二干压成型与等静压成型的优缺点 10 分

三什么是重烧结氮化硅 性能如何 ?10 分

四均匀沉淀的原理 ?10 分

五什么是烧结 ?驱动力 ?15 分

六添加剂促进致密化的机理 25 分

七论述二氧化锆的增韧机制 25 分

## 09 年金属材料学复试题

1 合金元素中奥氏体形成元素 ,铁素体形成元素 ,提高工程结构钢耐大气腐蚀性能的元素 (各写出四个 )

2 工程结构钢的强化方法

3 间隙固溶体和间隙相的异同

4 什么是调质钢 ,组织是什么和机械性能如何

5 两种细化奥氏体晶粒方法

6 合金钢中提高淬透性元素

7 高速钢二次硬化的原因

8 低合金钢高温回火脆性的原因及防止和减轻方法

9 奥氏体不锈钢晶间腐蚀的原因及改善措施

10 16MnNb 和 1Cr18Ni9Ti 各代表什么及各元素的作用

11 铝合金的时效强化四个阶段

12 铝合金的强化方式

13 钛合金根据成分和组织特点分类

14 钛合金中主要元素的分类

## 08 年金属材料学试题 .

一.填空 .

1 形成强 , 中 , 弱碳 ( 氮 ) 的合金元素

2 耐大气腐蚀的合金元素

3 铸铁的分类

4 不锈钢 , 耐热钢 , 耐蚀钢 .( 参考《金属学与热处理》机械工业出版社 钢的牌号 )

二.名词解释

1、相间沉淀 : 合金元素钒在钢中的有利作用主要是以其碳 , 氧化物形式存在于基体和晶界上 ,

起到沉淀强化和抑制晶粒长大的作用。钒在铁素体中的溶解度比在奥氏体中的溶解度小的很多,随着相变的进行,在一定的热力学和动力学条件下,钒的碳、氮化物在相界析出,通过在两相区加速冷却,可以细化晶粒,控制其碳、氮化物的析出,其沉淀物的大小和分布,决定了其沉淀强化的效果。

2、晶间腐蚀：晶间腐蚀是一种常见的局部腐蚀。腐蚀沿着金属或合金的晶粒边界或它的邻近区域发展，晶粒本身腐蚀很轻微，这种腐蚀便称为晶间腐蚀。

3、高温回火脆性：在回火过程中随着回火温度的升高，塑性不断增加，而冲击韧性却不是呈直线上升的，在低温 250-400 度回火和高温 450-650 度范围内回火时，韧性会出现下降现象，这就是回火脆性。前者称为低温回火脆性，后者称为高温回火脆性。低温回火脆性又称为不可逆回火脆性或第一类回火脆性。碳钢与合金钢均会出现这种回火脆性，可能与低温回火时在晶界或亚晶界上析出连续碳化物薄片有关，对于低温回火脆性，只有避免在该脆性温度范围内回火才能防止。

合金钢在 450-650 度范围内回火时可能产生高温回火脆性，高温回火脆性可以用更高温度回火+快冷的办法消除。

4、475 脆性：Fe-Cr 合金在 400 ~ 550 环境中长期加热时，会产生一种特殊的脆性，硬度显著提高，冲击韧性严重下降。此情况称为 475 脆性，可用加入稀土元素的方法解决。

三.大题：

### 1、沉淀强化

位错和第二相交互作用形成第二相强化。对于一般合金来说第二相强化往往比固溶强化效果更为显著。根据获得第二相的工艺不同，按习惯将各种第二相强化分别称呼。其中通过相变热处理获得的称为沉淀强化；而把通过粉末烧结获得的，称为弥散强化。有时也不加区分地混称为分散强化或颗粒强化。[4] 如果要单独对析出强化给出一个定义。析出强化是指金属在过饱和固溶体中溶质原子产生偏聚和（或）由之脱溶出微粒弥散分布于基体中而产生的一种强化。

析出强化在微合金钢等金属材料的生产中有相当重要的作用。微合金钢生产中，只加入微量的合金元素，只能形成碳、氮化物，主要通过细晶强化和析出强化来进行强化。微合金化钢的特点之一就是利用碳、氮化物的溶解—析出行为。微合金钢的基体内分布的碳、氮化物，还有金属间化合物、亚稳中间相等第二相质点的析出在晶界、运动位错之间产生的相互作用，导致钢的流变应力和屈服强度的提高。这就是微合金钢的析出强化。

就位错与第二相的交互作用而言，一般将第二相分为变形的和不变形的两大类，其强化机制不同。

对于多数的析出强化合金，在经过固溶处理及时效后，在其早期阶段，析出相的尺寸小，与基体保持共格，这时的析出相是可以变形的，位错可以切过析出相。当析出相有一定尺寸的时候，就属于不可变形的，运动位错接近它们时，只能绕过它们。像钢中的碳化物、氮化物

一般都是不可变形的。

对于可变形的析出相，其强化效果主要决定于析出相的本性，由于强化来源的不同，可以有不同的机制。对于不变形的析出相，其强化效果主要决定于第二相尺寸或相间的平均距离。

析出相对位错的障碍力集中施加在位错的钉扎点上。

可变形第二相的切过机制下，位错穿越质点，能够造成共格应变以及对层错、有序化以及弹性模量等产生种种影响。例如析出强化合金在经过固溶处理和时效后，析出相与基体保持共格，因而能够产生共格应变能。这种共格应变能是由析出相与基体原子的错配度引起的。当位错在析出相的共格内应力场中运动时，因弹\*\*相互作用产生强化。

一般说来，析出强化产生的强化作用在析出的第二相是尺寸细小、数量较多而且分布均匀的情况下，可以使材料获得最大的强化效果。比如在 Nb、V、Ti 三种微合金元素中，Nb、V 和 Ti 的微细析出相才能起这种作用，所以钢的热机械处理（或控轧控冷）要力图实现细小的析出，然而 0.003 ~ 0.1mm 颗粒度的析出也都能产生一定的效果。

## 2、固溶强化

一般来说，无论置换固溶体还是间隙固溶体，固溶体的硬度、强度总是比组成它的纯金属要高，并且随着溶质原子浓度的增加，溶质原子和溶剂原子尺寸差别的增大（置换固溶体情况下），强化的效果加大。比如，低碳钢在常温状态属于体心立方晶格结构的材料，较小原子半径的元素如 C、N，通常以间隙的形式固溶在铁的晶格之中，多数合金元素的原子如 Nb、V、Ti、Mo、Al 等等都置换晶格某个铁原子的位置的形式。固溶造成晶格的畸变，使钢的屈服强度提高。这种由于溶质原子的固溶而引起的强化效应，即称为‘固溶强化’。[2]

就固溶强化的微观机理而言，固溶强化是由于溶质原子和位错的交互作用的结果。溶质原子和位错的交互作用就其性质而言，可以是弹性的、化学的、电性的和几何的等几种类型。溶质原子可以偏聚到位错周围形成各种气团，也可以是均匀不规则地分布在基体中，这两种情况都可以使金属材料的基体造成强化。[3]

在几种性质类型的交互作用中，溶质原子和位错的弹\*\*相互作用最为重要。

晶体中的溶质原子是点缺陷的一种，会引起其周围发生弹性畸变。

## 3、铝合金时效强化四个阶段（参考《金属学与热处理》）

在时效热处理过程中，该合金组织有以下四个阶段：

补充：时效强化：过饱和固溶体在室温放置或加热到某一温度保温，随着时间延长，其强度、硬度升高，塑性、韧性下降的现象

### (1) 形成溶质原子偏聚区 - G·P ( ) 区

在新淬火状态的过饱和固溶体中，铜原子在铝晶格中的分布是任意的、无序的。时效初期，即时效温度低或时效时间短时，铜原子在铝基体上的某些晶面上聚集，形成溶质原子偏聚区，称 G·P ( ) 区。G·P ( ) 区与基体保持共格关系，这些聚合体构成了提高抗变形的共格应变区，故使合金的强度、硬度升高。



(2)G·P 区有序化 - 形成 G·P ( ) 区

随着时效温度升高或时效时间延长，铜原子继续偏聚并发生有序化，即形成 G·P ( ) 区。它与基体 仍保持共格关系，但尺寸较 G·P ( ) 区大。它可视为中间过渡相，常用 表示。它比 G·P ( ) 区周围的畸变更大，对位错运动的阻碍进一步增大，因此时效强化作用更大， 相析出阶段为合金达到最大强化的阶段。 (3)形成过渡相

随着时效过程的进一步发展，铜原子在 G·P ( ) 区继续偏聚，当铜原子与铝原子比为 1：2 时，形成过渡相 。由于 的点阵常数发生较大的变化，故当其形成时与基体共格关系开始破坏，即由完全共格变为局部共格，因此 相周围基体的共格畸变减弱，对位错运动的阻碍作用亦减小， 表现在合金性能上硬度开始下降。 由此可见， 共格畸变的存在是造成合金时效强化的重要因素。

(4)形成稳定的 相

过渡相从铝基固溶体中完全脱溶，形成与基体有明显界面的独立的稳定相  $\text{Al}_2\text{Cu}$ ，称为 相此时 相与基体的共格关系完全破坏，并有自己独立的晶格，其畸变也随之消失，并随时效温度的提高或时间的延长， 相的质点聚集长大，合金的强度、硬度进一步下降，合金就软化并称为“过时效”。 相聚集长大而变得粗大。

4、工程结构钢的焊接性（参考《金属材料学》冶金工业出版社）

## 08 年东大材料学复试题（特种陶瓷工艺学）

一， 简答

- 1，画出 PTC 及 NTC 典型的阻温曲线
  - 2，简述两种制备特种陶瓷粉体的方法及原理
  - 3，什么事重结晶  $\text{Si}_3\text{N}_4$  陶瓷，性能有何特点
  - 4，分别写出注浆成型和干压成型坯体的优缺点
  - 5，简述溶胶 - 凝胶法制备粉体的原理
  - 6，写出  $\text{Al}_2\text{O}_3$  透明陶瓷的制造工艺过程
- 二，简述  $\text{ZrO}_2$  增韧陶瓷的机理
- 三，简述  $\text{BaTiO}_3$  系压电陶瓷产生压电效应的机理
- 四，什么是烧结？烧结过程中的传质有几种情况

## 02 年复试试题《金属材料学》

一、简要回答下列问题（ 16 分）

- 1、何谓铁素体形成元素 ( -former)? 何谓奥氏体形成元素 ( -former )? 并分别举例。
- 2、此生硬化 ( 或称为二次硬化 ) 产生的原因是什么?
- 3、低合金钢高温回火脆性产生的原因是什么? 如何防止和减轻?
- 4、奥氏体不锈钢对晶间腐蚀敏感，而铁素体不锈钢不敏感，为什么?

二、分析于讨论下列问题（ 24 分）

- 1、根据合金元素与铁素体形成固溶体的规律 ( Hume-Rothery 经验规律 ) ，分析合金元素 Cr ，

Ni, Al 与 Fe 形成固溶体的类型及固溶度。

2、分析奥氏体不锈钢晶间腐蚀产生的主要原因及改善途径。

3、分析钢的过冷奥氏体等温分解曲线的基本类型，讨论碳化物形成元素与非碳化物形成元素对其影响的规律。

4、何谓铝合金的时效？说明时效强化的本质。

三、分析合金元素在下列钢中的主要作用（30 分）

Mo: 机械制造用调制钢 40CrNiMo（阻止 相的再结晶，保持 相有足够的强度），高速钢 W6Mo5Cr4V2 耐热钢 35CrMoV（固溶强化元素）

Ti：高强度低合金钢 15MnTi，奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9Ti，铁素体不锈钢 0Cr17Ti

Cr：机械制造用渗碳钢 20Cr（提高钢的淬透性），奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9（提高钢钝化膜稳定性），高速钢 W18Cr4V（增加钢的淬透性，增加耐蚀性、抗氧化能力）

Si：机械制造用弹簧钢 60Si2Mn（提高弹性极限），低合金超高强度钢 35Si2Mn2MoV（增加钢的抗回火稳定性，推迟低温回火脆性），低合金工具钢 9SiCr（提高抗回火稳定性，提高切削寿命）

Mn: 高强度低合金钢 16Mn（提高钢的过冷奥氏体稳定性），奥氏体不锈钢 1Cr18Mn8Ni5N, 机械制造用调制钢 40CrMnMo（改善钢的冲击韧性，稍微降低其韧 - 脆性转化温度）。

四、分析下列问题（30 分）

1、采用控制轧制与控制冷却工艺生产的低合金高强度钢 16MnTi 具有高的强度和良好的韧性，分析其强化和韧化的主要途径

2、分析合金元素 Cr 对渗碳钢渗碳工艺性能的影响。

3、高强铝合金通常采用双级时效，其目的是什么？与单级时效相比，析出相组织特征有何差异？