

# 个人整理，严禁传播

西安交通大学

## 2017 攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目：材料科学基础

适用专业：材料科学与工程

注：请将答案写到答题纸上，在试卷上作答无效。

### 一、名词解释（2\*10=20）

- 1、位错      2、中间相      3、超结构      4、非均匀形核      5、晶体  
6、金属键      7、上坡扩散      8、偏析      9、离子键      10、再结晶

### 二、简答题（40 分）

- 1、（1）在简单六方点阵的晶胞的底面中心添加结点后是否形成一个新的点阵—底心六方点阵？（2）写出  $\{112\}$  晶面族包括的所有等价晶面。

- 2、在立方晶系的晶胞图中画出下列晶向和晶面： $(102)$ 、 $(\bar{2}1\bar{3})$ 、 $[11\bar{1}]$ 、 $[1\bar{2}0]$

在六方晶系的晶胞图中画出下列晶向和晶面： $(\bar{2}110)$ 、 $[1\bar{2}10]$

- 3、面心立方晶系、体心立方晶系和简单六方晶系的四面体间隙和八面体间隙的数目，大小，并在晶胞中画出。

- 4、分析影响合金相结构的主要因素。

- 5、举例说明原子中电子填充（或分布）规则

什么是过渡族元素和稀土元素

为什么元素的性质随原子序数周期性变化？短周期元素和长周期元素的变化有何不同？原因何在？

- 6、什么是能带？导体、半导体和绝缘体的能带有什么区别？

- 7、简述钢中板条马氏体和片状马氏体的形貌和亚结构，并说明他们在性能上的差异。

- 8、滑移和孪生的异同点

- 9、实践表明，高度冷轧的镁板在深冲时往往会开裂，试分析其原因。

- 10、已知位错环  $ABCD$  的柏氏矢量为  $\mathbf{b}$ ，外应力为  $\tau$  和  $\sigma$ ，如图所示，求：（1）位错环的各边分别是什么位错？（2）如何局部滑移才能得到这个位错环？（3）在足够大的剪切应力  $\tau$  作用下，位错环将如何运动？晶体将如何变形？（4）在足够大的拉应力  $\sigma$  的作用下，位错环将如何运动？它将变成什么形状？晶体将如何变形？

- 11、请分别总结刃位错、螺位错和混合位错的柏氏矢量、位错运动方向、晶体滑移方向、切应力方向、滑移面个数之间的关系。

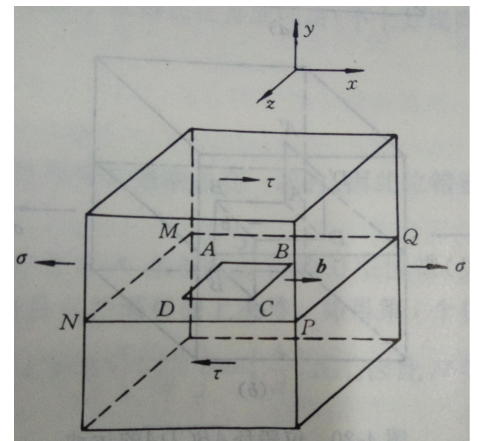
- 12、金属的四种强化机制，并分析为什么材料会得到强化。

- 13、请根据位错理论分析以下现象

（1）晶体的实际强度为什么远低于理论强度？

（2）金属为什么会退火软化？

（3）BCC 晶体中为何出现明显屈服点和应变时效现象？



西安交通大学杨树学

# 个人整理，严禁传播

## 三、填空题（每空 0.5 分，共 20 分）

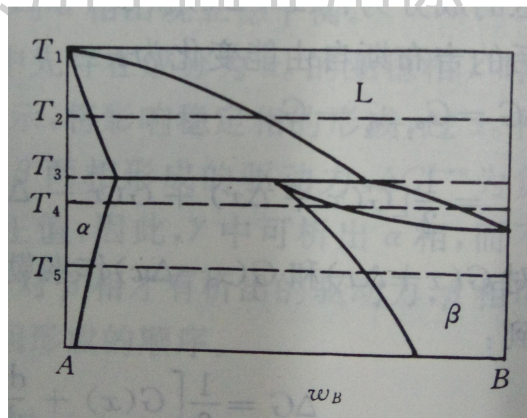
- 1、材料中原子的结合键越强，则材料的熔点\_\_\_\_\_，弹性模量\_\_\_\_\_，热膨胀系数\_\_\_\_\_。高分子材料的分子链中是\_\_\_\_\_键，分子链之间是\_\_\_\_\_键，故在金属、陶瓷和高分子三类材料中，高分子材料的熔点\_\_\_\_\_、弹性模量\_\_\_\_\_，热膨胀系数\_\_\_\_\_。
- 2、内部的磁矩能削弱外磁场的材料称为\_\_\_\_\_，内部磁矩能稍稍增强外磁场的材料称为\_\_\_\_\_，具有铁磁性的铁氧化合物称为\_\_\_\_\_。
- 3、原子从高浓度向低浓度的扩散称为\_\_\_\_\_，从低浓度向高浓度的扩散称为\_\_\_\_\_，但都是从\_\_\_\_\_向\_\_\_\_\_处扩散；间隙原子在间隙固溶体中扩散的机制是\_\_\_\_\_机制，扩散中形成新相的扩散称为\_\_\_\_\_，此时，形成二元合金的扩散区内不会形成\_\_\_\_\_相共存区。
- 4、金属经冷塑性变形后，其密度\_\_\_\_\_，电导率\_\_\_\_\_，热导率\_\_\_\_\_，抗腐蚀性\_\_\_\_\_。
- 5、金属中的热传导主要靠\_\_\_\_\_，绝缘材料中的热传导主要靠\_\_\_\_\_，半导体材料中的热传导主要靠\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
- 6、液态金属结晶的驱动力是\_\_\_\_\_；多晶体金属中晶粒长大的驱动力是\_\_\_\_\_；合金中原子扩散的驱动力是\_\_\_\_\_。
- 7、对于经过预先冷塑性变形的金属，在进一步冷塑性变形之前，应进行\_\_\_\_\_退火，以提高其\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_，其退火温度应高于\_\_\_\_\_T<sub>m</sub>（该金属的熔点，绝对温度）；对于冷压力加工成型又需要保留其强化效果的低碳钢零构件，成型后应及时在低于\_\_\_\_\_℃温度下进行\_\_\_\_\_退火，以去除\_\_\_\_\_，防止零构件在使用中\_\_\_\_\_，甚至\_\_\_\_\_。
- 8、固溶体中的溶质原子会与位错发生交互作用形成各种气团：溶质原子在刃位错周围的偏聚称为\_\_\_\_\_，溶质原子在螺位错周围的有序分布称为\_\_\_\_\_，溶质原子在扩展位错中的偏聚称为\_\_\_\_\_。

四、请画出右图的相图在指定温度下的吉布斯自由能-成分曲线。（10 分）

五、（1）根据下列条件画出一个二元系相图。A 和 B 的熔点分别是 1000℃和 700℃；含  $W_b=0.25$  的合金正好在 500℃完全凝固，它的平衡组织由 73.3%的先共晶  $\alpha$  和 26.7%的共晶（ $\alpha + \beta$ ）组成。而  $W_b=0.50$  的合金在 500℃的组织由 40%的先共晶  $\alpha$  和 60%的共晶（ $\alpha + \beta$ ）组成，并且此合金的  $\alpha$  总量为 50%。

（2）分析含碳量为 3.5%的铁碳合金平衡冷却至室温的过程，并计算其室温组织中二次渗碳体、共晶渗碳体、共析渗碳体的重量分数。

（3）纯铁分别在 730℃和 930℃扩散渗碳，使表面增碳至 0.8%，试根据铁碳相图分析冷却后由表及里碳含量分布及组织分布情况。（总 20 分）



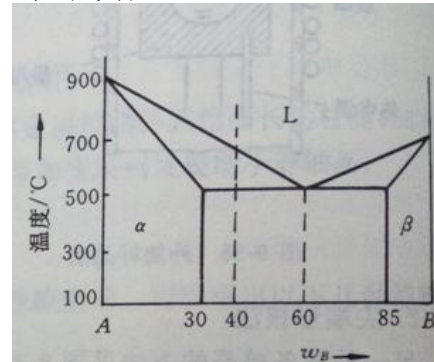
六、假定将一个 FCC 单晶试棒沿轴向 $[\bar{1}25]$ 进行拉伸。求：（1）初始滑移系统；（2）晶体在单滑移时的转动规律和转轴；（3）开始双滑移时式样的取向；（4）双滑移过程中晶体的转动规律和转轴；（5）试样最终的稳定取向（10 分）

七、（10 分）如右图所示，40%B 的合金在细长的熔舟中进行定向凝固，固液相界面保持平直，液相中可充分混合，凝固中始终保持均匀成分，固相中的扩散可忽略不计。试求：

（1）合金的  $K_0$  值。

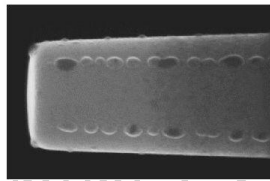
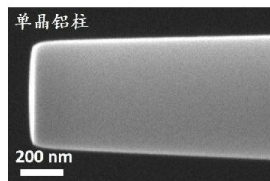
## 个人整理，严禁传播

- (2) 凝固后金属棒中共晶体所占比例
- (3) 合金“平衡”凝固后共晶体所占比例。
- (4) 若合金含 5%B，解 (2)，(3) 两小题。

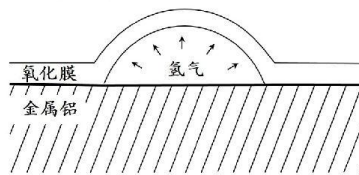


八、(20 分) 材料学院微纳尺度材料行为研究中心的研究人员利用性能独特的环境透射电子显微镜结合巧妙地样品设计，以令人信服的实验数据揭示了氢致表面氧化物鼓泡在原子尺度的起源并无

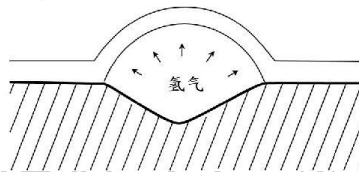
可争辩地证明了它的晶向依赖性。上述结果以“[In situ study of the initiation of hydrogen bubbles at the aluminum metal/oxide interface](#)”于 2015 年 6 月 29 日在线发表在《自然-材料》期刊上。



### 旧认识



### 新发现



氢脆的机理是一个有着上百年历史的科学问题。传统的理论认为氢致金属表面起泡的原因是氢气在界面上聚集所产生的压力使得表层材料鼓起形成的，而基底的金属材料会保持原有形状。但是，基于上述认知的理论尽管可以解释氢泡的生长但却无法解释氢泡的成核，因为根据该理论氢泡的成核应力将远远超过金属基底的屈服强度，从而使其发生塑性变形，而这与传统的认知和假设相悖。因此，氢泡的起源一定有尚未被揭示的机理在起作用，而界面的动态演化将是解密的关键。基于上述认知，我院微纳中心的研究人员通过将传统的楔形样品改为柱形样品，成功地观察到了铝和其表面氧化物界面上氢泡的成核与长大全过程。结果发现，电子束可以是氢分子变身为氢原子，而氢原子小巧的身躯使得她能够在表面氧化层中来去自如。而一旦进入到铝和氧化铝的界面，氢原子就会大大削弱铝和氧化铝的键合强度，并使得临近界面处的铝原子脱离束缚自由迁移。在表面能最小化的驱动下，首先在铝一侧形成一些由低能晶面所界定的小坑。当这些小坑长大到临界尺寸后，其空间内重新复合的氢分子所产生的压力将足以使得表面氧化层发生塑性变形，并形成气泡，而这些气泡的位置和大小具有显著的晶体学取向依赖性！氢致界面失效是常见的金属材料失效原因之一，涉及到石化、海洋、核、航空航天、半导体等重要工业领域。上述发现期望对所有氢致界面失效的防护具有重要的启示意义！

不论是在宇宙中还是在地球上，氢都是最常见的元素。元素周期表中，氢是结构最简单、体积最小的原子，因而能轻易溶解进入许多固体材料中，改变材料性能。在众多的材料和性能中，金属基材料的力学性能受氢的影响最为严重，因而长期以来受到工业界和学术界的广泛关注。继 2015 年在《自然-材料》上发文揭示了金属合金/保护层之间氢致界面失效的新机制之后，西安交通大学材料学院微纳中心团队在氢致材料脆性的机理方面再次取得了重大突破，详细内容于 2016 年 11 月 3 日发表在《自然-通讯》上。

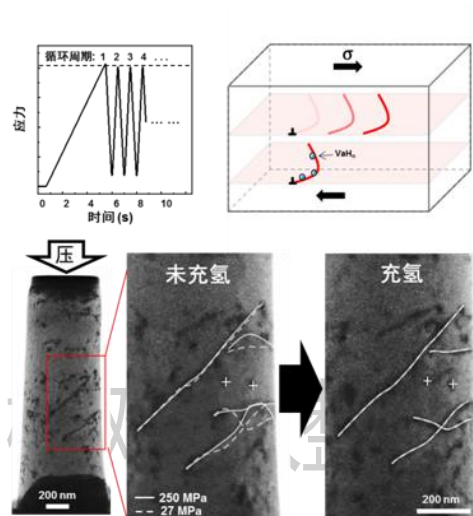
西安交通大学杨树学长



## 个人整理，严禁传播

金属由于其较高的强度和塑韧性而被广泛用作结构材料，然而，早在 1874 年，英国皇家学会的 Johnson 就发现，铁丝在酸性溶液中浸泡一会儿之后，原本可承受十多次弯曲才能折断的铁丝，只需要两三次弯曲就被折断了。Johnson 推测这可能是由于铁与酸反应生成的氢浸入铁内部而导致的。后来的几十年间，人们发现氢降低材料塑性发生在几乎所有重要的金属与合金中，是一个普遍的现象，并给这种现象起了一个专有名字：氢脆。氢脆会导致材料过早断裂，从而引发安全事故。历史上，很多轮船的断裂、直升机的坠毁、石化工厂的爆炸、油气田中的钻杆断裂等事故都和氢脆有着密切的关系。

尽管氢脆现象的发现已有上百年的历史，在世界范围内人们对材料发生氢脆的微观机理也进行了不懈探索，但截至目前仍没有达到共识。焦点在于基于宏观的试验和一些原位电子显微镜的观察，人们普遍认为氢对金属材料的塑性载体-位错不仅没有阻碍作用，甚至可以促进位错运动，但最近的模拟工作却预测了截然不同的结果。机理认知上的不足，直接影响到对氢脆现象的有效防护，从而威胁到人们的生产和生活安全。



严禁用于商业用途

图：循环应力作用下，金属铝中的位错在充氢之后运动停止。

在系统而全面的文献调研的基础上，单智伟研究团队的青年教师解德刚博士借助微纳中心特有的环境透射电镜与原位力学测试平台，以令人信服的证据确认了氢不仅能导致金属铝中的位错产生强烈钉扎，而且发现该过程可逆，即在停止供氢一段时间后，被钉扎的位错又可以在外力的作用下恢复运动能力。但出乎意料的是，这种钉扎作用需要将含氢材料静置几十分钟才有效，这与前人所预期的时间相差了至少三个量级，据此提出充氢原子与空位的结合体而不是氢原子本身在该过程中起到了主导作用。在李巨教授的指导下，李苏值博士对上述机制进行了计算机模拟计算，所得到结果与提出的机制高度吻合。上述发现颠覆了人们近三十年来的认知，期待对氢脆的预防起到积极的指导意义。

根据以上叙述，回答下列问题：

- (1) 根据自己所学知识回答，为什么“氢不仅能导致金属铝中的位错产生强烈钉扎，而且发现该过程可逆，即在停止供氢一段时间后，被钉扎的位错又可以在外力的作用下恢复运动能力。但出乎意料的是，这种钉扎作用需要将含氢材料静置几十分钟才有效”？
- (2) “一旦进入到铝和氧化铝的界面，氢原子就会大大削弱铝和氧化铝的键合强度”试分析该现象的原因，并提出几个防止材料发生氢脆的合理措施。

如有疑问请联系杨树

西安交通大学杨树学长