

模拟题 A

一.名词解释(20分,每个2.5分)

- (1) 点阵畸变 (2) 柏氏矢量 (3) 相图 (4) 过冷度
(5) 形变织构 (6) 二次再结晶 (7) 滑移系 (8) 孪生

二.画出立方晶系中(111)面、(435)面。写出立方晶系空间点阵特征。(10分)

三.铸锭的一般组织可分为哪几个区域?写出其名称。并简述影响铸锭结晶组织的因素。(10分)

四.画图并简述形变过程中位错增殖的机制。(10分)

五.写出菲克第一定律的数学表达式,并说明其意义。简述影响扩散的因素。(10分)

六.简述形变金属在退火过程中显微组织、存储能及其力学性能和物理性能的变化。(10分)

七.简述固态相变与液态相变的相同点与不同点。(10分)

八.画出铁碳相图,标明相图中各特征点的温度与成分,写出相图中包晶反应、共晶反应与共析反应的表达式。(10分)

九.分析再过程中行核和长大与凝固过程中的行核和长大有何不同点。(10分)

十.分析含碳量0.12%的铁碳合金的结晶过程。(10分) (单考生做)

十一.简述铸锭的宏观偏析。(10分) (单考生做)

十二.简述金属晶体中缺陷的类型。(10分) (单考生做)

模拟题 A 答案

- 一，1，点阵畸变：在局部范围，原子偏离其正常的点阵位置，造成点阵畸变。
- 2，柏氏矢量：描述位错特征的一个重要矢量，它集中反映了位错区域内畸变总量的大小和方向，也是位错扫过后晶体相对滑动的量。
- 3，相图：描述各相平衡存在条件或共存关系的图解，也可称为平衡时热力学参量的几何轨迹。
- 4，过冷度：相变过程中冷却到相变点以下某个温度后发生转变，平衡相变温度与该实际转变温度之差称为过冷度。

5，形变织构：多晶形变过程中出现的晶体学取向择优的现象。

6，二次再结晶：再结晶结束后正常长大被抑制而发生的少数晶粒异常长大的现象。

7，滑移系：晶体中一个滑移面及该面上的一个滑移方向的组合称一个滑移系。

8，孪生：晶体受力后，以产生孪晶的方式进行的切变过程。

二，立方晶系中(111)面、(435)面图略。立方晶系空间点阵特征是点阵参数有如下关系： $a=b=c$ ， $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ 。

也可用具有哪类对称元素表示，若有四个三次转轴，则对应立方点阵。

三，分为三晶区：激冷区、柱状晶区、中心等轴晶区。

影响铸锭结晶组织的因素：1，液体过冷度，越小越好。2，凝固温度范围，越大越好，有利于枝晶的破碎。

3，温度梯度，越小越有利于等轴晶。4，合金熔点低，温度梯度小。5，搅拌或加孕育剂。

四，frank-read 源机制，图略见课本。滑移面上一个在 A, B 两点被钉扎的位错 AB，在应力作用下弓出（状态 2），弓出到 3 状态时，下方相邻部分反号相吸，并局部合并，完成一次增殖过程放出一位错环（状态 4）。

在应力作用下，继续重复前面 1-4 过程。

五，一维下， $J=-D$ ；J：扩散流量，单位时间通过单位面积扩散的物质质量，D：扩散系数， ∇C ：浓度梯度， ∇ ：其意义为物质扩散量与该物质的浓度梯度成正比，方向相反。

影响扩散的因素：1，温度，满足 $D=D_0e^{-Q/RT}$ 的关系，T 升高，D 增加。2，界面表面及位错，是扩散的快速通道。3，第三组元，可对二元扩散有不同影响，如 Mo、W 降低 C 在 γ -Fe 中的扩散系数，Co、Si 加速 C 扩散，Mn 影响不大。4，晶体结构，低对称性的晶体结构中，存在扩散的各向异性，如六方结构晶体，平等与垂直于基面的扩散系数不同。5，熔点，同一合金系中，同一温度下熔点高的合金中扩散慢，熔点低的扩散快。

六，随退火温度的升高或时间延长，出现亚晶合并长大，再结晶晶核及长大，无位错的等轴再结晶晶粒取代长条状高位错密度的形变晶粒，然后是晶粒正常长大。储存能逐渐被释放，硬度及强度下降，伸长率上升，电阻降低，密度提高。再结晶时各种性能变化都比回复时强烈得多。

七，相同点：都是相变，由形核、长大组成。临界半径，临界形核功形式相同。转变动力学也相同。不同之处：形核阻力中多了应变能一项，千万固态相变的临界半径及形核功增大，新相可以亚稳方式出现，存在共格，半共格界面，特定的取向关系，非均匀形核。

八，铁碳相图。略

包晶反应： $L(0.53\%C) + \delta\text{-Fe}(0.09\%C) \rightarrow \gamma\text{-Fe}(0.17\%C)$

共晶反应： $L(4.3\%C) \rightarrow \gamma\text{-Fe}(2.11\%C) + \text{Fe}_3\text{C}(6.69\%C)$

共析反应： $\gamma\text{-Fe}(0.77\%C) \rightarrow \alpha\text{-Fe}(0.02\%C) + \text{Fe}_3\text{C}(6.69\%C)$

九，凝固时形核的驱动力，是新、旧化学位差，再结晶驱动力只是形变储存能。

凝固常是均匀形核，再结晶形核在现有的形变不均匀区，如晶界附近、切变带、形变带、第二相粒子周围。

凝固长大时与母相不会有取向关系，再结晶长大时可有特定取向关系。

十，含碳 0.12% 的钢，由液相冷却时，先形成铁素体，到 1495℃ 包晶温度，部分进行包晶反应；新相奥氏体在已生成的铁素体上形核并向铁素体和液相中生长。反应后是两相组织铁素体+奥氏体，图略。铁素体相对量为： $(0.17-0.12)/(0.17-0.09)=62.5\%$ 。继续冷却得到单相奥氏体。

十一，宏观偏析：正常偏析和比重偏析。

正常偏析：指按合金的分配系数先析出的含溶质低，后凝固的含溶质多。因铸锭尺寸大，由表面到中心成分不均匀，偏析出现在宏观尺度上，称宏观偏析。

反常偏析：仍遵守分配系数关系，只是形成大量枝晶后，富集溶质的液相会沿枝晶间的通道逆向反流到先凝固的铸锭表面附近，千万由表面到中心成分分布的反常。

比重偏析：是凝固时，固相与液相比重不同，而沉积或漂浮，从而造成铸锭下端与上端成分的不均匀，也是宏观尺度。

十二，按尺寸分为：点缺陷，如溶质、杂质原子、空位；线缺陷，如位错；面缺陷，如各种晶界、相界、表面等；体缺陷，如孔洞、气泡等。体缺陷对材料性能是绝对有害的。

说明：

1，答案应该都是正确的，但打字的过程中难免出现错误。

2，用 word 中的公式编辑器编辑的公式可能显示不正常，有的公式干脆就略了。

考试点
kaoshidian.com

模拟题 B

1. 名词解释 (30 分):

- (1) 刃型位错和螺型位错模型 (2) 晶界与界面能
- (3) 同分凝固与异分凝固 (4) 形变组织
- (5) 二次再结晶 (6) 淬透性与淬硬性

2. 简述二元系中共晶反应、包晶反应和共析反应的特点; 并计算其各相平衡时的自由度。(12)

3. 什么是点阵参数? 正方晶系和立方晶系的空间点阵特征是什么? 画出立方晶系中(12-3)的晶面。(12)

4. 凝固过程中形核和长大与再结晶过程中形核和长大主要区别是什么? 简述再结晶过程中核心的产生方式。(12)

5. 简述菲克第一定律和菲克第二定律的含义, 写出其表达式, 并标明其字母的物理含义。(12)

6. 简述晶界和晶粒大小对多晶体范性变形的作用与影响。(12)

7. 什么是一次带状组织和二次带状组织? 分析一次带状组织和二次带状组织形成的原因。(12)

8. 画出 Fe-C 相图, 标明 Fe-C 相图中各点的温度和含碳量。(12)

9. 简述固态相变的一般特点。(12) (统考生做, 单考生不做)

10. 简述凝固过程的宏观特征, 叙述凝固过程中晶体成长的机理。(12) (统考生做, 单考生不做)

11. 什么是固溶体? 影响固溶体的原因有哪些? 固溶体与其纯溶剂组元相比, 其结构、力学性能和物理性能发生了哪些变化? (12) (统考生做, 单考生不做)

12. 列举三种增加凝固过程中核心数的方法, 简要分析其增加核心数的原因。(12) (统考生做, 单考生不做)

13. 简述含碳量为 0.25% 的钢的结晶过程和固态组织转变过程。(12) (统考生做, 单考生不做)

14. 简述连续脱溶和不连续脱溶的含义。(12) (统考生做, 单考生不做)

15. 根据缺陷相对与晶体尺寸和其影响范围的大小, 缺陷可以分为哪几类? 简述这几类缺陷的特征。(12) (统考生做, 单考生不做)

模拟题 B 答案

一, 1, 刃型位错和螺型位错模型: 将晶体上半部切开, 插入半个晶面, 再粘合起来; 这样, 在相当于刃端部为中心线的附近一定范围, 原子发生有规则的错动。其特点是上半部受压, 下半部受拉。这与实际晶体中的刃型位错造成的情景相同, 称刃型位错模型。同样, 将晶体的前半部切开, 以刃端为界使左右两部分沿上下发生一个原子间距的相对切变, 再粘合起来, 这时在已切动和未切动交界线附近, 原子错动情况与真实的螺位错相似, 称螺型位错模型。

2, 晶界与界面能: 晶界是成分结构相同的同种晶粒间的界面。界面上的原子处在断键状态, 具有超额能量。平均在界面单位面积上的超额能量叫界面能。

3, 同分凝固与异分凝固: 凝固时不发生成分变化的称同分凝固; 反之, 凝固时伴随成分变化, 称异分凝固。

4, 形变织构: 多晶形变过程中出现的晶体学取向择优现象。

二次再结晶: 再结晶结束后正常长大过程被抑制而发生少数晶粒异常长大的现象。

6, 淬透性与淬硬性: 淬透性指合金淬成马氏体的能力, 主要与临界冷却有关, 大小用淬透层深度表示。而淬硬性指淬火后能达到的最高硬度。主要与钢中的碳含量有关。

二, 共晶反应是: 液相同时凝固出两个不同成分的固相相互配合生长, 一般长成片层状。

共析与共晶相似, 只是母相是固相, 即一个固相同时生成另两个不同成分的固相。

包晶反应是: 液相与一个固相反应生成另一个固相, 新生成的固相包住原有的固相, 反应需要固相中的扩散, 速度较慢。

这三种反应出现时, 自由度都是 0, 即三相成分固定, 温度也固定。

三, 点阵参数是描述点阵单胞几何开关的基本参数, 由六个参数组成, 即三个边长 a 、 b 、 c 和它们之间的三个夹角 α 、 β 、 γ 。

正文晶系的点阵参数特征是 $a \neq b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ 。

立方晶系的点阵参数特征是 $a = b = c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

立方晶系中(123)的晶面特征图略。

四、凝固时形核和长大的驱动力是新、旧相化们差, 再结晶器形核和长大的驱动力只是形变储存能。

凝固时的形核常为均匀形核; 再结晶形核常在现有的形变不均匀区中, 如晶界附近、切变带、形变带、第二相粒子周围; 凝固长大时与母相不会有取向关系, 再结晶长大时可能有一定的取向关系。

再结晶核心产生方式: 1, 原有晶界推移成核, 也称应变诱导晶界迁移式形核; 2, 亚晶成核, 即通过亚晶合并或长大形成新晶粒。

五、菲克第一定律第二定律, 见课本。

六, 多晶中, 每个晶粒与周围相邻晶粒取向不同, 滑移开始的早晚不同, 滑移系数目也不同; 晶粒间的协调是靠有足够的独立滑移系的开动来实现的, 即某一晶粒在一特定力轴作用下, 取向因子大的滑移系先开动, 当相邻晶粒相接触的区域受到周围晶粒的影响而不能自己主滑移系开动进行形变时, 可开动次生的、新的滑移系, 以协调各种复杂的形变方式; FCC/BCC 结构都有 5 个独立滑移系, 可实现任一种方式的形变。晶界两侧滑移面不平等, 晶界一方面是位错运动的障碍, 造成位错塞积和强化; 同时要求晶界附近多系滑移的出现, 以协调晶界两侧的形变。晶粒大小对形变的影响是: 晶粒细小, 整个晶粒可较形变均匀, 不同的滑移系组合少; 晶粒粗大时, 形变过程中晶内不同区域不能相互协调, 要求不同的滑移系组合并开动, 常常出现晶粒“碎化”, 即一个大晶粒, 随形变的进行“碎化”成几部分, 不同部分内有不同的滑移系开动。

对性能的影响到遵循 hall-petch 关系 $\sigma_s = \sigma_0 + K_d \cdot d^{-1/2}$ 即晶粒越细, 晶界越多晶界对运动位错阻碍越显著, 提高强度幅度越大。

七, 一次带状组织是凝固时形成枝晶, 热轧后成带状而产生的; 在 CuCl 浸蚀下, 黑色条带是枝晶干 (含溶质不), 白色条带常是富集杂质的枝晶间, 也称原始带状。二次带状是固态转变的产物, 在硝酸酒精浸蚀下, 白色带状是先共析铁素体, 黑色带状是珠光体, 也称显微带组织。只有在一次带状的基础上才会产生二

次带状。这些带状都与元素的偏析和夹杂物的特殊分布有关。

八，略。

九，1，相变阻力中多了应变能一项。

2，形核方面：非均匀形核，存在特定的取向关系，常为共格或半共格界面。

3，生长方面：出现惯习现象，即有脱溶贯序；特殊/规则的组织形态，如片状、针状。

4，有亚稳相出现以减少相变阻力。

十，凝固时宏观特征是：要有一定的过冷度，会放出明显的结晶潜热。

成长机理有三种：连续式成长、二维形核及借助台阶侧向生长、借螺旋位错生长。

十一，溶质原子原子态溶入溶剂点阵中组成的单一均匀固体；溶剂的点阵类型被保留。

影响固溶度的因素有：

1，原子尺寸因素。当溶剂、溶质原子直径尺寸相对差小于 $\pm 15\%$ 时，有大的代位溶解度。

2，负电性因素。溶剂、溶质的负电性差越小溶解度越大，一般小于 $0.4\sim 0.5\%$ 会有较大溶解度。

电子浓度因素。有两方面的含义：一是原子价效应，即同一溶剂金属，溶质的原子价越高，溶解度越小；

二是相对价效应，即高价溶质溶入低价溶剂时的溶解度高于相反的情况。

特点是：固溶体中有点阵畸变（强度、硬度会提高）而造成点阵常数变化；出现原子偏聚或有序化，甚至形成有序固溶体。

固溶体的结构变化：点阵畸变，点阵常数变化，偏聚及短程有序，甚至形成有序固溶体。力学性能变化：

硬度、强度提高，塑性下降，物理性能变化：电阻加大，导电率下降。

十二，1，提高冷却速度从而加大了过冷度。相变驱动力加大，提高了形核率。

2。加孕育剂。提供大量的非均匀形核地点，提高了形核率，降低了形核位垒。

3，机械或电磁搅拌。将枝晶振碎增加核数目或加强热满打满算能量落，提高了，形核率。

十三，如图所示。由液相先凝固出铁素体，在 1495°C 进行包晶反应，生成奥氏体；继续冷却，由生产剩余的液相再次析出奥氏体，然后变成单相奥氏体。冷至约 800°C ，从奥氏体中析出先共析铁素体，在 727°C 进行共析反应，形成珠光体，最后得到铁素体加珠光体组织。

十四，连续脱溶：随新相生成，母相成分连续的由过饱和态转变到饱和态。

不连续脱溶：也称胞状脱溶，此时在母相和新生成的 α 相间存在一个界面，跨过界面母相由过饱和和不连续地突变到饱和状态，点阵常数也不连续。

十五，有四类：

点缺陷：沿三个方向的尺寸很小，溶质原子、间隙原子、空位。

线缺陷：沿两个方向的尺寸很小，第三个方向尺寸很大，甚至可贯穿整个晶体，指位错。

面缺陷：沿一个方向上的尺寸很小，另两个方向上的尺寸很大，如晶界，相界。

体缺陷：在三个方向上的尺寸较大，但不是很大，如第二相粒子，显微空洞

模拟题 C

1. 简述题：（4 分/小题，共 40 分）

（1）滑移临界分切应力（2）金属键（3）中间相（4）布喇菲点阵（5）再结晶温度（6）滑移系（7）位错（8）二次再结晶（9）偏析（10）

马氏体相变

2. 单相金属或合金各晶粒间的界面一般称之为晶界，通常晶界又分为小角度晶界和大角度晶界两大类，试问：划分为两类晶界的依据是什么？

并讨论构成小角度晶界的结构模型。（10 分）

3. 分别画出立方晶系晶胞内的（110）、（112）晶面和[110]、[111]晶向。（10 分）

4. 讨论晶体结构和空间点阵之间的关系（10 分）

5. 什么是固溶体？讨论影响固溶体溶解度的主要因素。（10 分）

6. 分析和讨论冷加工金属或合金变形后回复再结晶过程中组织和性能的变化特征。（10 分）

7. 画出 Fe-Fe₃C 相图，分析含碳量为 1.1wt%（重量百分比）的铁碳合金从液相平衡凝固到室温时的转变过程，画出组织转变示意图，并计算出室

温时各组织的相对含量。（20 分）

8. 分析和讨论影响金属或合金中原子扩散的主要因素。（10 分）

9. 以 Al-4.5%Cu 合金为例，分析过饱和固溶体的脱溶分解过程（脱溶贯序），并讨论脱溶温度对脱溶贯序的影响。（10 分）

10. 金属的固态相变与金属的结晶过程基本一样，大多也包括形核和生长两个基本阶段，但在固态相变过程中新、旧两相的比容不同，使系统额

外增加了应变能以及由相界面上的原子不匹配而引起的弹性应变能，因此固态相变在许多方面与结晶过程有着显著的差别。试分析固态相变的

一般特点。（10 分）

11. 写出所附 Au-Hf 体系相图（图 1）中的三相反应，并划出虚线框内部分的相平衡关系局部扩大示意图。（10 分）

12. 分析固态相变和回复再结晶过程的驱动力。

13. 叙述钢锭中常见的宏观组织缺陷，消除或改善方法。

14. 叙述常见的金属晶体的内外界面。

模拟题 C 答案

一，1，滑移临界分切应力：滑移系开动所需的最小分切应力；它是一个定值，与材料本身的性质有关，与外力取向无关。

2，金属键：自由电子与原子核之间静电作用产生的键合力。

3，中间相：合金中组元之间形成的、与纯组元结构不现的相。在相图的中间区域。

4，布喇菲点阵：除考虑晶胞外形外，还考虑阵点位置所构成的点阵。或：除考虑旋转对称性外，还考虑平移对称性，经有心化后构成的全部阵点。

5，再结晶温度：形变金属在一定时间内刚好完成再结晶的最低温度。

6，滑移系：晶体中一个可滑移面及该面上一个滑移晶向合称一个滑移系。

7，位错：是晶体内的一种线缺陷，其特点是沿一条线方向原子有规律地发生错排，这种缺陷用一线方向和一个柏氏矢量共同描述。

8，二次再结晶：不规则结晶结束后，正常长大过程被抑制而发生的少数晶粒反常长大的现象。

9，偏析：合金中化学成分的不均匀性。

10，马氏体相变：其过程遵循无扩散、切变方式的相转变。

二，依据是按界面两侧晶粒间的取向差， $<15^\circ$ 的称小角度晶界， $>15^\circ$ 的称大角度晶界。小角度晶界的结构模型是位错模型，比如对称倾转晶界用一组平等的刃位错来描述。

三，见图

四，两者之间的关系可用“空间点阵+基元=晶体结构”来描述。

空间点阵只有 14 种，基元可以是无穷多种，因而构成的具体的晶体结构也是无穷多种。

五，溶质原子以原子态溶入溶剂点阵中而组成的单一均匀固体；溶剂的点阵类型被保留。

影响固溶度的因素有：

1，原子尺寸因素。当溶剂、溶质原子直径尺寸相对差小于 15% 时，有利于大的代位固溶体溶解度；当两组元的直径相对差大于 41% 时，有利于高的间隙固溶体的溶解度。

2，负电性因素。溶剂、溶质的负电性差越小溶解度越大，一般小于 0.4~0.5 会有圈套溶解度。

3，电子浓度因素。有两方面的含义：一是原子价效应，即同一溶剂金属中，溶质原子价越高，溶解度越小；二是相对价效应，即高价溶质溶入低价溶剂时的溶解度高于相反的情况。

六，随退火温度的升高或时间延长，出现亚晶合并长大，再结晶形核及长大，无位错的等轴再结晶晶粒取代长条状高位错密度的形变晶粒，然后是晶粒正常长大。储存能逐渐释放，特别是再结晶阶段释放的最显著；硬度及强度下降，伸长率上升；电阻降低，密度提高。再结晶时各种性能变化都比回复时强烈得多。

七，铁碳相图略。

1. 1% 的钢由液相冷却时先进入 L+ γ 奥氏体两相区，形成枝晶或等轴状 γ 奥氏体，然后进入奥氏体单相区；继续冷却到 760°C 剩余的奥氏体转变为珠光体，最后的组织是珠光体+网状二次渗碳体，如图所示

珠光体的相对含量： $(6.67-1.1)/(6.67-0.77)=94.4\%$

网状渗碳体相对含量： $(1.1-0.77)/(6.67-0.77)=5.6\%$

影响扩散的因素有：

1，温度；2，界面、表面及位错；3，第三组元；4，晶体结构；5，熔点：同一合金系中，同一温度下熔点高的合金扩散慢，熔点低的扩散快。

九，Al-4.5%Cu 合金固溶处理后，在最佳时效温度 $\sim 150^\circ\text{C}$ 时效，会出现脱溶贯序：

过饱和固溶体 \rightarrow GP 区 $\rightarrow \theta'' \rightarrow \theta' \rightarrow \theta$

其中 GP 区是铜原子富集区； θ'' 、 θ' 是四方结构亚稳相，圆盘状，沿基体的 $\{100\}$ 面析出，具有共格/半共格界面，与基体存在特定的取向关系； θ 是四方结构稳定相，不规则形状。

提高时效温度，脱溶加快，但过饱和度减少，相变驱动力减少，可能导致直接析出平衡相，时效强化能力减

弱；时效温度过低则情况相反，达到最佳性能的时间过长。

十，1，相变阻力中多了应变能一项。

2，形核方面：非均匀形核为主：具有特定的取向关系；相界面常为共格或半共格的。

3，生长方面：具有惯习现象，有特定的组织形态，如片状、针状。

4，有亚稳相。

十一， $L + Au_5Hf \rightarrow FCC(Au)$

$L + Au_4Hf \rightarrow Au_5Hf$

$L + Au_3Hf \rightarrow Au_4Hf$

$L + Au_2Hf \rightarrow Au_3Hf$

$L \rightarrow Au_2Hf + \beta - AuHf$

$Au_2Hf + \beta - AuHf \rightarrow Au_{10}Hf_7$

$\beta - AuHf \rightarrow Au_{10}Hf_7 + \alpha - AuHf$

$L \rightarrow \beta - AuHf + AuHf_2$

$\beta - AuHf + AuHf_2 \rightarrow \alpha - AuHf$

$L \rightarrow AuHf_2 + BCC(Hf)$

$BCC(Hf) \rightarrow AuHf_2 + HCP(Hf)$

十二，固态相变的驱动力是新、旧两相间的自由能差，回复再结晶的驱动力是形变储存能。

十三，宏观缺陷有：宏观偏析（如正常偏析、反常偏析、毕生偏析）和带状组织以及缩孔、疏松、气泡等。严格来讲，也包括三晶区的组织不均匀性。

宏观缺陷（化学不均匀性、物理不均匀性和组织不均匀性）往往是相互联系的，一般希望尽可能多而细的中心等轴晶，可采用加孕育剂、加大冷速、这样，与柱状晶/枝状晶区相伴随的宏观偏析和缩孔、气泡也就明显改善。

十四，它们包括晶界、相界、表面、孪晶界、层错。

晶界是同种晶粒之间的交界面；相界是结构、成分不同相的交界面；表面是晶体与大气或外界接触的界面；孪晶界是发生孪生后产生的新界面，是特殊的大角晶界，可是共格的或半共格的；低能层错是单相晶体内部因堆垛顺序反常变化后出现的新界面，也是低能界面，与孪晶界能量相近。

模拟题 D

金属材料学

- 一、合金元素在钢中的存在状态（10 分）
- 二、间隙固溶体、间隙相、间隙化合物的异同（10 分）
- 三、二次淬火、二次硬化异同（20 分）
- 四、低温、高温回火脆性（20 分）
- 五、 α -不锈钢为什么韧性低、脆性大（20 分）
- 六、马氏体具有高强度、高硬度的原因（20 分）
- 七、钢淬火后回火过程中组织性能变化和铝合金固溶处理后时效过程中的组织性能变化有何异同，并说明原因（20 分）。

特种陶瓷工艺学

一、简答

- 1、对于纤维补强陶瓷复合材料，要获得高强度、高韧性的复合材料，纤维需满足什么性能要求？
- 2、分别列举 Al_2O_3 ， SiC 制备方法，并简述工艺原理。
- 3、采用注浆成型和干压成型方法制备特种陶瓷坯体有何优缺点？
- 4、说明溶胶-凝胶法制备粉体的工艺过程。
- 5、简述制备氧化铝透明陶瓷的工艺。

二、论述氧化锆增韧陶瓷的增韧机理。

三、 Si_3N_4 陶瓷是难烧结密化的材料，通常需要采用一些特殊的烧结方法，例如：反映烧结、重（再）烧结等。说明 Si_3N_4 陶瓷采用上述两种烧结工艺进行烧结的原理及所制备陶瓷的性能特点。

四、什么是烧结，论述烧结过程中可能的物质传递机制。

模拟题 E

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'）

2002 年

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 104KJ/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'）

模拟题 F

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 192.2g/mol, 密度是 22.4g/cm³, 请计算铌的原子半径。(16 分)

3. 铁的界面能是 0.78J/m², 若夹杂物 a) 在铁的晶界上形成球状夹杂的二面角为 80°, 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 1.2μm, 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 200MPa, 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 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 $y=1-\exp(-kt^n)$, 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)

2004 年

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 1.08eV/atm, 铁的原子量是 55.85g/mol, 铁的密度是

7.65g/cm³, $N_A=6.023 \times 10^{23}$, $K=8.62 \times 10^{-5} \text{eV/atom-K}$, 请计算 1 立方米的铁在 850°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 $a/2[-1 \ 0 \ 1]$ 的刃位错运动, 在 (1 1 -1) 面上有柏氏矢量为 $a/2[1 \ -1 \ 0]$ 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 摄氏度到 1000 摄氏度之间的二元相图: A 组元的熔点是 940 摄氏度; 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 摄氏度, A 在 B 中的最大溶解度是 700 摄氏度为百分之 12; 600 摄氏度以下 A 在 B 中的溶解度是百分之 8; 700 摄氏度时在成分点 A—百分之 75B 有一个共晶转变; 755 摄氏度时在成分点 A—百分之 40B 还有一个共晶转变; 在 780 摄氏度时在成分点 A—百分之 49B 有一个稳定金属间化合物凝固发生; 在 755 摄氏度时成分点 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

模拟题 G

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, (锌的沸点高达 900°C)。设经 900°C 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°C 能停留多长时间? (已知锌在铜中的扩散激活能 $Q=20000\text{R}$) (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 r-Fe 转变为 a-Fe 的体积膨胀率。

(2) 用 x 射线测得 912°C 时 r-Fe 和 a-Fe 的点阵常数分别为 0.3633nm 和 0.2892nm。计算 r-Fe 转变为 a-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°C 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 $(0\ 0\ 1)$ 面，当在 $[0\ 0\ 1]$ 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。

考试点
kaoshidian.com

模拟题 H

A 卷

一、名词解释

非均质形核——依靠外来夹杂或型壁界面所提供的异质界面非自发地形核，称为异质形核，或非均质形核。

成分过冷——由固—液界面前方溶质的再分配引起的过冷。

定向凝固——又称定向结晶，是使金属或合金在熔体中定向生长晶体的一种工艺方法。

反应性气孔——金属液和铸型之间或在金属液内部发生化学反应所产生的气孔，称为反应性气孔。

带状偏析——在铸锭或厚壁铸件中出现的和凝固液出界面相平行的偏析，有时是连续出现，有时则是间断的。

二、简述题

影响液态金属界面张力的主要因素是什么？

影响液态金属界面张力的主要因素是：(1) 金属的熔点，金属的熔点、沸点越高，则表面张力往往就越大；(2) 温度，大多数金属和合金的表面张力随温度升高而降低，但对铸铁、碳钢、铜及其合金则相反。(3) 溶质元素，表明活性元素降低界面张力，非表明活性元素增加表面张力、单相合金平面生长的条件是什么？

单相合金平面生长的条件是：

防止凝固组织产生缩孔缩松的途径主要有哪几种？

防止凝固组织产生缩孔缩松的途径主要有：(1) 定向凝固或同时凝固；(2) 调整浇注温度和浇注速度；(3) 冒口、补贴和冷铁的应用；(4) 加压补缩。

为什么使用碱性焊条比酸性焊条对工件表面铁锈 ($\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 更敏感？

碱性焊条属低氢型焊条，这类焊条的熔渣不具备氧化性，一旦有氢侵入熔池，将很难脱出，而酸性焊条的熔渣有一定的氧化性，可以起脱氢的作用。因此，碱性焊条比酸性焊条对工件表面铁锈 ($\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 更敏感

如何消除焊件内部的残余应力？

可采用热处理、锤击和振动等方法消除焊件内部的残余应力

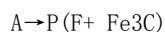
6. 熔焊接头和钎焊接头在连接机理上有何区别？

熔焊接头与钎焊接头均采用热能实现不可拆卸的焊接接头，但钎焊时仅钎料熔化，而母材不熔化，在连接处一般不易形成共同的晶粒，只是依靠液态钎料润湿母材表面，二者相互扩散而形成钎焊接头

7. 焊接工艺参数（有效热功率 q 和焊接速度 v ）对低碳钢薄板焊接（平对接焊缝）的温度场有何影响？当热源的有效热功率 q 一定时，焊接速度 v 越大，某一温度的等温线所包围的范围显著缩小；当焊接速度 v 一定，随 q 的增大，一定温度的等温线所包围的范围显著增大；当 q/v 保持一定，即线能量 E 为常数时，同时增大 q 和 v ，此时等温线在热源移动方向会伸长，而在宽度方向变化较小。

8. 低碳钢焊缝的室温组织是什么？（5 分）

低碳钢焊缝碳含量较低，高温奥氏体固态相变后得到铁素体加珠光体组织。固态相变时首先沿奥氏体晶界析出共析铁素体，然后发生共析反应



式中的 A 是奥氏体；P 是珠光体；F 是铁素体； Fe_3C 是渗碳体。焊缝金属过热时，还会出现魏氏组织，即

铁素体在奥氏体晶界呈网状析出，或在奥氏体晶内沿一定方向析出的呈长短不一的针状或片条状脆性组织。

三、何谓一阶张量？何谓二阶张量？

四、何谓塑性指标，它是否具有普遍与绝对的意义？

五、试写出计算摩擦应力的两个常用公式。

六、在金属塑性加工的理论分析中，常将实际的金属材料分成哪几种材料模型？并画出对应的真实应力—应变曲线的示意图。

B 卷

焊 接

(分析计算题)

第一题

答题关键点：

设， C_d 为合金元素在熔敷金属中的含量； C_e 为合金元素的原始含量； C_{ew} 为合金元素在焊丝中的含量； C_{co} 为合金元素在药皮中的含量； K_b 为焊条药皮的质量系数，即单位长度焊条中药皮质量与焊芯质量之比。过渡系数为：

若考虑合金元素在焊接中的损失，则焊缝金属中某合金元素的实际浓度 C_w 为

为熔合比， C_b 为某元素在母材中的质量分数， C_d 为熔敷金属(即真正过渡到熔池中去的那部分焊条金属)中某元素的质量分数。

$$0.2 \times 1.5\% + (1-0.2) \times C_d \geq 12\%$$

$$C_d \geq 14.6\%$$

$$0.8 \times (C_{ew} + 0.4 \times C_{co}) = C_d$$

$$C_{co} \geq 23.2\%$$

含 Mn 量为 75% 的锰铁合金粉的量 $\geq (23.2\%) / (75\%) = 31\%$

第二题

答题关键点:

合金化的目的首先是为了补偿在高温下金属由于蒸发或氧化等造成的损失。其次是为了消除缺陷,改善焊缝金属的组织与性能,或为了获得具有特殊性能堆焊金属。如用堆焊的方法过渡 Cr、Mo、W、Mn 等合金元素,使工件表面具有耐磨性、热硬性、耐热和耐蚀等性能。

常用的合金化方式有:

(1) 通过合金焊丝或带极,把所需的合金元素加入焊丝或带极内。

(2) 通过药芯焊丝或药皮(或焊剂),把所需合金元素以铁合金或纯金属的形式加入药芯焊丝的药芯内或焊条药皮(或焊剂)内。

(3) 通过合金粉末,将合金元素按比例配制成具有一定粒度的合金粉末,把它送入焊接区或直接涂敷在焊件表面。

此外,还可以通过从金属氧化物中还原金属的方式(如锰、硅的还原反应)来合金化,但这种合金化的程度有限,并还会造成焊缝的增氧。

第三题

答题关键点:

16Mn 为不易淬火的低合金钢。HAZ 分为四个区。

(1) 熔合区,是焊缝与母材相邻的部位,最高温度处于固相线与液相线之间。所以又称为半熔化区。此区虽然较窄、但是,由于晶界与晶内局部熔化,成分与组织不均匀分布,过热严重,塑性差,所以是焊接接头的薄弱环节。

(2) 过热区,过热区的温度范围处于固相线到 1100°C 左右。由于加热温度高,奥氏体过热,晶粒严重长大,故又称之为粗晶区。焊后冷却时,奥氏体相变产物也因晶粒粗化使塑性、韧性下降,慢冷时还会出现魏氏组织。过热区也是焊接接头的薄弱环节。

(3) 相变重结晶区(正火区),该区母材已完全 A 化,该区处于 $1100^{\circ}\text{C} - \text{Ac}_3$ (约 900°C) 之间。由于奥氏体晶粒细小,空冷后得到晶粒细小而均匀的珠光体和铁素体,相当于热处理时的正火组织。因此,其塑性和韧性很好。

(4) 不完全重结晶区, $\text{Ac}_1 - \text{Ac}_3$ 范围内的 HAZ 属于不完全重结晶区。由于部分母材组织发生相变重结晶 F+PA,且奥氏体晶粒细小,冷却转变后得到细小的 F+P,而未奥氏体化的 F 受热后长大,使该晶粒大小、组织分布不均匀,虽然受热不严重但性能不如相变重结晶区。

第四题

答题关键点:

氢的影响主要体现在 4 个方面,即:氢脆、白点、气孔和冷裂纹。

减少氢含量的主要措施有:限制氢的来源、冶金处理脱氢、控制熔池存在的时间和冷却速度、焊后加热工件脱氢。

模拟题 I

注意：本试卷分 A、B、C、D 四部分，其中 A 卷为必作题卷，B、C、D 卷为选作题卷(任选其中一卷)，各卷满分为 75 分，总分 150 分。

例如：A 卷(75 分)+B 卷(75 分)=150 分；或：A 卷(75 分)+C 卷(75 分)=150 分
或：A 卷(75 分)+D 卷(75 分)=150 分。

A 卷(75 分)

一、名词解释(2×5=10 分)

1. 非均质形核；2. 成分过冷；3. 定向凝固；4. 反应性气孔；5. 带状偏析

二、简答题(8×5=40 分)

1. 影响液态金属界面张力的主要因素是什么？
2. 单相合金平面生长的条件是什么？
3. 防止凝固组织产生缩孔缩松的途径主要有哪几种？
4. 为什么使用碱性焊条比酸性焊条对工件表面铁锈 ($\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 更敏感？
5. 如何消除焊件内部的残余应力？
6. 熔焊接头和钎焊接头在连接机理上有何区别？
7. 焊接工艺参数(有效热功率 q 和焊接速度 v) 对低碳钢薄板焊接(平对接焊缝)的温度场有何影响？
8. 低碳钢焊缝的室温组织是什么？

试卷编号：416

共 3 页

第 1

页

三、(6 分) 何谓一阶张量？何谓二阶张量？

四、(6 分) 何谓塑性指标，它是否具有普遍与绝对的意义？

五、(6 分) 试写出计算摩擦应力的两个常用公式。

六、(7 分) 在金属塑性加工的理论分析中，常将实际的金属材料分成哪几种材料模型？并画出对应的真实应力—应变曲线的示意图。

B 卷(75 分)

焊 接

(分析计算题)

一、(20 分) 已知焊条药皮质量系数为 0.4，焊丝含 Mn 量为 9%，其过渡系数为 0.8，母材含 Mn 量为 1.5%，熔合比为 0.2。要求焊缝中 $\text{Mn} \geq 12\%$ 以确保其耐磨性能，药皮中要加入多少含 Mn 量为 75% 的锰铁合金粉？

二、(20 分) 在焊接工艺中，合金化的目的是什么？常采用哪几种合金化方式？

三、(20 分) 16Mn 焊接 HAZ 的组织区域有哪几种？分别分析它们的形成条件。

四、(15 分) 焊缝金属中，氢的影响主要体现在哪几个方面？如何减少焊缝金属中氢的含量？

C 卷 (75 分)

金属塑性成形力学

(21 分) 试从等效应力的定义式出发, 证明:

式中, 是应力偏张量。

二、(33 分) 设有薄壁圆筒, 半径为 r , 两端面是半径为 r 的薄壁半球壳, 设壁厚全部为 $t \ll r$, 承受内压 P , 如下图所示。设圆筒为 Mises 刚塑性材料, 屈服应力为 σ_s 。试求:

- (1) 忽略径向应力 σ_r , 确定圆筒与半球壳哪一部分先屈服?
- (2) 设屈服时的塑性功率密度为 $c (c > 0)$, 试求对应的应变速率张量?

三、(21 分) 大圆筒拉深为小圆筒, 如下图所示。设变形只发生在工件的圆锥面上, 锥面与轴线的夹角为 α , 不计接触面上的摩擦应力, 且忽略凹模出口处的弯曲效应, 圆筒的厚度为 t 且在拉深时保持不变, 设材料的真实应力为 s , 试用主应力法求拉深力。

D 卷 (75 分)

液态金属凝固学

(15 分) 细化凝固组织的生核剂主要有哪几类, 其生核作用的机理分别是什么?

(20 分) 用 Al-10%Cu 合金浇注一水平细长试棒, 使其自左至右单向凝固, 并保持固-液界面为平面, 当固相无 Cu 的扩散, 液相中 Cu 均匀混合时, 求:

凝固 20% 时, 固液界面的和。

凝固完毕, 共晶体所占比例。

如果凝固条件现改为完全平衡凝固, 凝固后试棒中共晶体的数量有多少?

(Al-Cu 合金相图的主要参数: , , , 。)

(20 分) 何谓热力学能障和动力学能障? 凝固过程是如何克服这两个能障的?

(20 分) 试述析出性气孔的特征、形成机理及主要防止措施。

模拟题 J

注意：本试卷分 A、B、C、D 四部分，其中 A 卷为必作题卷，B、C、D 卷为选作题卷(任选其中一卷)，各卷满分为 75 分，总分 150 分。

例如：A 卷(75 分)+B 卷(75 分)=150 分；或：A 卷(75 分)+C 卷(75 分)=150 分

或：A 卷(75 分)+D 卷(75 分)=150 分。

A 卷(75 分)

简述题

1. (5 分) 为什么过冷度是液态合金结晶的驱动力？
2. (5 分) 液态合金的流动性和充型能力有何本质区别？
3. (5 分) 什么样的界面才能成为异质形核的衬底？
4. (5 分) 何谓析出性气孔，有何特征？
5. (5 分) 生产中如何防止密度偏析的形成？
6. (10 分) 简述产生焊接应力与变形的原因及消除或减少残余应力与变形的的方法。
7. (9 分) 简述低碳钢焊接时氧与金属作用的特点及其对焊接质量的影响。
8. (6 分) 下图是不同焊接顺序时焊缝横向收缩引起的横向应力分布。试写出各图的焊接方向或顺序。(注：图在 2 页)
9. (6 分) 何谓塑性加工？它有何优点？
10. (7 分) 简述塑性变形的的基本力学方程有哪几种？其作用如何？
11. (6 分) 试写出摩擦应力计算的两种常用公式，并说明在塑性加工中的应用条件。
12. (6 分) 写出两种屈服准则的数学表达式，并说明其物理意义。

(A B 卷(75 分))

焊 接

(15 分) 堆焊时，设母材含 Mn 量为 1%，熔敷金属含 Mn 量为 15%，熔合比为 0.5，要求焊缝金属含 Mn 量不小于 13%。问：什么是熔合比？应堆焊多少层才能满足焊缝中 Mn 含量的要求(写出计算步骤)？

(25 分) 试述氢致裂纹的特点、形成机理及防止措施。

(20 分) 试述焊接低碳调质钢时，热影响区组织分布及性能变化的特点。

(15 分) 根据熔渣的成分和性能，焊接时的熔渣有哪几种类型？试述熔渣的主要作用。

C 卷(75 分)

金属塑性成形力学

(18 分) 设有一高为 H 的圆柱体，先均匀拉深到 2H，再均匀压缩为 H，设在变形过程中体积不变，试分别求出这二个阶段的对数应变、等效对数应变及最终的对数应变、等效对数应变。

(18 分) 一薄壁管，内径 $\Phi 80\text{mm}$ ，壁厚 4mm，承受内压 p，材料的屈服应力为 200 MPa，假定管壁上的径向应力。试用 Mises 屈服准则分别求出下列情况下管子屈服时的 p：a) 管子两端自由；b) 两端封闭。

(18 分) 已知刚塑性变形体中的某质点处的平面应力张量为 MPa，应变分量，试求应变增量张量及塑性功增量密度。

4. (21 分) 如下图，将一板厚为 t、直径为 D_0 的圆板坯拉深成内径为 d_0 的圆筒件。假设 (1) 板料为理想刚塑性体，其屈服应力为 Y；(2) 成形过程板厚不变，且忽略凹模入口处的弯曲效应和模具间隙；(3) 压边力为 Q，考虑接触面上的摩擦，摩擦系数为 μ ，作用于压边面上的摩擦力与凸缘外缘部的径向应

力 σ_r 的作用等效。试用主应力法求拉深高度为 h 时刻的拉深力。

D 卷 (75 分)

液态金属凝固学

(20 分) 液态合金凝固时的热过冷和成分过冷有何区别? 成分过冷对单相合金晶体生长方式有何影响?

(25 分) 某二元合金相图如下图所示, 合金液成分为 $C_0 = 40\%$, 置于长瓷舟中并从左端开始凝固, 温度梯度大到足以使固液界面保持平面生长。假设固相无扩散, 液相均匀混合, 试求:

平衡分配系数 k_0 。

凝固 10% 时, 固液界面的 C_s 和 C_l 。

凝固完毕, 共晶体所占比例。

画出凝固后的试棒中溶质 B 的浓度沿试棒长度的分布曲线, 并注明各特征成分及其位置。

3. (20 分) 铸件典型宏观组织是由哪几部分构成的, 它们的特征和形成机理如何?
4. (10 分) 试分析缩孔、缩松形成条件及形成原因的异同。

考试点
kaoshidian.com