

郑州大学 2021 年硕士研究生入学考试初试自命题

科目考试大纲

学院名称	考试科目	科目名称	考试单元	说明
材料科学与工程学院	961	材料科学基础		需携带计算器、尺子、铅笔。

说明栏：各单位自命题考试科目如需带计算器、绘图工具等特殊要求的，请在说明栏里加备注。

郑州大学硕士研究生入学考试

《材料科学基础》考试大纲

命题学院（盖章）：材料科学与工程学院 考试科目代码及名称：961 材料科学基础

一、考试基本要求和适应范围概述

本《材料科学基础》考试大纲适用于郑州大学“080500 材料科学与工程 专业的先进金属材料及加工方向、新能源材料与器件方向、无机非金属材料方向”和“085600 材料与化工硕士 专业的材料工程（金属材料与工程）方向、材料工程（新能源材料与工程）方向、材料工程（无机非金属材料与工程）方向、材料工程（先进靶材料与铝镁资源综合开发）方向、材料工程（超硬材料及制品）方向”的硕士研究生入学考试。

《材料科学基础是》材料科学与工程专业一级学科的基础课程。要求考生系统完整的理解和掌握原子结构与原子间的键合；晶体学基础知识、典型金属的晶体结构及特征、离子晶体的结构与特征、共价晶体的结构与特征、硅酸盐晶体结构与特征以及鲍林规则、共价晶体的结构、晶体的对称性，合金相结构；晶体结构缺陷（包括点缺陷、线缺陷和面缺陷），晶体结构缺陷的分类、点缺陷的表示方法，线缺陷的类型、特征、运动及其对材料性能的影响，表面结构的特征和不同材料的表面特点；扩散现象及本质，扩散定律、扩散定律的解及应用、扩散的微观机制、扩散驱动力、反应扩散、扩散系数的表达及影响扩散的因素；材料的变形，滑移与孪晶变形、纯金属及合金的变形强化、冷变形金属的回复与再结晶，金属的热变形、动态回复再结晶，材料的强化理论；相律及表达式、单元系相图特征及纯晶体的结晶理论，晶核的形成、晶体的成长；相变热力学与动力学、成核速率与晶体长大速率的特征与比较。二元相图特征和实际二元相图的特点、二元相图的几何规律及分析，匀晶相图、共晶相图、包晶二元相图及其分析，典型二元相图分析；固溶体的凝固理论、共晶合金的凝固理论；初次结晶和二次再结晶的不同、二次再

结晶的产生以及危害。三元相图特征和特点、三元合金凝固分析。

二、考试形式

硕士研究生入学《材料科学基础》考试采用闭卷、笔试，考试时间为 180 分钟，本试卷满分为 150 分。

试卷结构（题型）：填空题、名词区别、简答题、计算作图题及综合应用题。共计五个大题，若干小题。

三、考试内容

（一）《金属材料科学基础》部分

第 1 章 原子结构与原子键合

1、原子间的结合键（金属键、离子键、共价键、范德华力、氢键）的特点。比较金属材料、陶瓷材料、高分子材料、复合材料在结合键上的差别。

3、固体材料内结合键和结合能与性能的关系，包括杨氏模量、理论抗拉强度和表面能。利用结合键，解释材料的一些性能特点。

第 2 章 固体结构

1、晶体与非晶体的区别。

2、晶体学基础（晶体的特点、空间点阵和晶胞、选取晶胞的原则，描述七大晶系和 14 种布拉菲点阵各自的特点，点阵参数及表示法）。

3、晶向指数和晶面指数的标定，晶向和晶面的特殊关系；

（1）指数相同的晶向和晶面必然垂直。

（2）当一晶向 $[uvw]$ 位于或平行某一晶面 (hkl) 时，则必然满足晶带定理： $h \cdot u + k \cdot v + l \cdot w = 0$

4、晶带定理、晶面间距及其求法。注意立方晶系的面间距公式及附加面的影响。

(1) 立方晶系：
$$d_{(hkl)} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

(2) 正交晶系：
$$d_{(hkl)} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{h}{a}\right)^2 + \left(\frac{k}{b}\right)^2 + \left(\frac{l}{c}\right)^2}}$$

(3) 六方晶系：
$$d_{(hkl)} = \frac{1}{\sqrt{\frac{4}{3} \frac{(h^2 + hk + k^2)}{a^2} + \left(\frac{l}{c}\right)^2}}$$

(4) 四方晶系：
$$d_{(hkl)} = \frac{1}{\sqrt{(h^2 + k^2)/a^2 + (l/c)^2}}$$

以上公式仅适用于简单晶胞，复杂晶胞要考虑其晶面层数的增加。

5、三种典型晶体结构

(1) 能绘出三维的体心立方、面心立方和密排六方晶胞。根据原子半径计算出金属的体心和面心立方晶胞的晶胞常数。

(2) 三种典型晶体结构 (BCC、FCC、HCP) 的特征【包括：晶胞形状、晶格常数、晶胞原子数、原子半径、配位数、致密度及计算、各类间隙尺寸与个数，最密排面（滑移面）和最密排方向（滑移方向）的指数与个数，滑移系数目、堆垛方式等】。致密度、面密度、线密度的计算。

(3) 知道常用金属材料的滑移面与滑移系的指数，判断常见金属的塑性变形能力，能画出晶胞指出滑移面和滑移方向。

(4) 能标注和会求上述三种晶胞的晶向和晶面指数。

(5) 利用典型晶体结构的特征进行的相关计算，致密度、面密度、线密度的计算。

6、同素异构体（多晶型性）、多晶型性转变（同素异构转变）及特点、晶体中的各向同性与各向异性，晶体具有各向异性的原因，实际晶体的伪各向异性。

7、合金相结构

(1) 掌握固溶体、中间相、间隙固溶体、置换固溶体、有限固溶体和无限固溶体、一次固溶体和二次固溶体、间隙相和间隙化合物的形成条件。

(2) 固溶体的分类、特点和性质，影响固溶体固溶度的因素；碳原子在铁中占据的位置和固溶度大小；金属原子在铁中占据的位置和固溶度大小。

(3) 中间相的类型、结构、特点和性能及应用。

(4) 固溶体和中间相的结构、键型和性能差异。影响置换固溶体固溶度的四个因素。

(5) 比较间隙固溶体、间隙相、间隙化合物的结构和性能。

(6) 固溶体的溶质浓度对其力学性能、点阵常数的影响。

8、离子晶体结构（5类离子晶体结构特点、典型的代表物质以及性能特点）。

9、离子晶体的结构规则（鲍林规则的描述及物理意义）。如何解释硅酸盐晶体结构特点。典型的离子晶体的结构与性能特点。

10、典型离子晶体结构的类型、结构与性能。硅酸盐晶体结构的类型、组成、结构及性能特点。

11、共价晶体及其特征、8-N 配位法则，典型的共价晶体。

12、非晶态结构的特点，金属玻璃的概念。

13、区别概念：

晶体与非晶体	空间点阵和晶体结构
各向同性与各向异性	相和组织
固溶体和中间相	间隙固溶体和置换固溶体
有序固溶体和无序固溶体	有限固溶体和无限固溶体

一次固溶体和二次固溶体 间隙固溶体、间隙相和间隙化合物
电子化合物和正常价化合物 间隙相和间隙化合物

第3章 晶体缺陷

1、晶体中各类晶体缺陷的定义、分类和特征。

2、与点缺陷有关

(1) 点缺陷的类型、特征和形成过程

(2) 点缺陷的平衡浓度公式及应用；

(3) 点缺陷的运动，点缺陷对材料性能的影响。

3、与位错有关：

(1) 位错类型（刃型、螺型位错）的判断及其特征。刃型位错和螺型位错的差异；混合位错和位错环，错环的特点和形成机制。

(2) 柏氏矢量的确定方法、特征及表示法。柏氏矢量与位错类型之间的关系。

(3) 位错运动的方式：滑移和攀移。晶体中滑移、攀移及交滑移的条件、过程、机制和结果。位错的滑移机制和攀移机制。影响位错运动的因素。

(4) 位错线、柏氏矢量、运动与作用在位错上的力之间的关系。

(5) 滑移系、滑移面和滑移方向的概念。

(6) 滑移线和位错线的异同点及关系。

(7) 位错的交割（割阶和扭折）及割阶硬化；位错交割后形成扭折和割阶的位错类型及判断。

(8) 位错的生成和位错密度、位错的增殖机制（F-R 源、双交滑移过程及图示）

(9) 位错的运动特性、位错反应的条件（结构条件和能量条件）。

(10) 实际晶体中的位错及其伯氏矢量，堆垛层错。常见的两种不全位错：肖克莱不全位错（可动位错）和弗伦克不全位错及其特点。

(11) 作用在位错上的力，位错应力场、应变能及单位长度位错应变能与伯氏矢量的关系；线张力、作用在位错上的力。

(12) 为何滑移的理论临界应力远远大于实际测量的值。

4、表面与界面

(1) 外表面、表面张力和表面能；

(2) 晶界的分类及描述晶界位置的方法；

(3) 小角度晶界的类型和特征，小角度晶界上的位错距离的计算公式；

(4) 大角度晶界及其特点。晶界的特性及其对材料性能和塑性变形的影响。

(5) 孪晶界、相界的类型及特点。

(6) 界面能的分类、界面能与晶界结构的关系。

5、比较概念：

刃型位错和螺型位错

滑移和攀移

割价和扭折
小角度晶界和大角度晶界
交滑移和双交滑移。

晶界、相界和孪晶界
共格相界、非共格相界和半共格相界

第4章 固体原子及分子的运动

- 1、扩散的分类及固体中扩散的条件。
- 2、扩散定律（Fick 第一、二定律）的内容和数学表达式、物理意义、适应条件。
- 3、扩散方程的解及应用，如渗碳。
- 4、置换固溶体中的扩散，柯肯达尔效应及应用（Al-Cu）。
- 5、固相中原子扩散的各种机制（空位机制、间隙机制、换位机制、晶界扩散机制等）。各种扩散机制下的扩散速率的差别。用扩散理论分析实际问题。空位（置换）机制和间隙机制的差异。
- 6、扩散热力学和扩散的驱动力，用扩散理论分析实际问题。
- 7、扩散系数及其物理意义和表达式（阿累尼乌斯方程）。空位（置换）机制和间隙机制的差异、原因和应用。扩散激活能的意义及求法。
- 8、影响扩散的因素。扩散的路径及扩散系数（扩散速率）的大小。
- 9、反应扩散的概念、过程及反应扩散的特征。
- 11、比较概念：

稳态扩散和非稳态扩散	自扩散和化学扩散
自扩散和互（异）扩散	上坡扩散和下坡扩散
原子扩散和反应扩散	空位扩散和间隙扩散
晶界扩散和表面扩散	

第5章 材料的形变和再结晶

- 1、塑性变形、材料应力—应变曲线及曲线上所对应的强度指标；屈服强度及代表的意义。抗拉强度及代表的意义。
- 2、弹性变形（的特征）、弹性模量、包申格效应、弹性后效、弹性滞后、粘弹性。
- 3、滑移和孪生
 - (1) 基本概念：滑移带、滑移线、滑移系、滑移面、滑移方向、滑移面。
 - (2) 三种典型晶体结构的滑移系数数和指数。三种典型晶体结构的塑性差异及原因。
 - (3) 滑移在滑移方向和滑移面的特征及沿密排面和密排方向的原因。
 - (4) 塑性变形的方式—滑移和孪生。晶体的滑移和孪生的条件、主要特点；滑移和孪生的区别及联系。滑移过程及其位错机制、孪生过程及其位错机制。
 - (5) 临界分切应力的公式。取向因子（施密特因子）及其对塑性变形的影响。注意分切应力和临界分切应力代表不同的意义。利用临界分切应力的概念及意义、公式进行的计算。

(6) P—N 力的意义。

(7) 为什么理论临界应力 \gg 实际测量的值。

(8) 用位错理论在解释各类塑性变形等问题。

4、多晶体塑性变形的特点。晶界对材料的性能和塑性变形有什么影响？（晶粒取向和晶界的影响、细晶强化及机制），Hall-Petch 公式。

5、合金的塑性变形：单相固溶体合金的塑性变形（固溶强化机制及影响因素、屈服现象和应变时效），多相固溶体合金的塑性变形（第二相强化及机制：沉淀强化和弥散强化；切过机制和绕过机制）。

6、各种强化方式：各种强化（固溶强化、细晶强化、第二相强化、弥散强化、沉淀强化、形变强化）的基本概念及强化的本质。

(1) 固溶强化的强化机理及影响因素。

(2) 细晶强化的强化机理及其对材料性能的影响。Hall-Petch 公式及适应范围。

(3) 第二相强化（沉淀强化、弥散强化）的强化机理及影响因素。切过机制和绕过机制的特点及对强化的作用。

(4) 形变强化（加工硬化）的强化机理及其对材料性能的影响。

7、屈服强度概念及意义；屈服现象及其特征和产生的原因（柯氏气团理论和位错增殖理论），对生产的影响，防止和消除的方法。屈服过程在应力—应变曲线上的特征。应变时效及其产生的原因。吕德斯带形成的原因及解决办法。

8、材料冷塑性变形时内部组织和性能的变化。形变强化及机制、形变织构。

9、回复和再结晶问题：

(1) 回复的类型和回复机制；回复多边化的条件和多变化过程。

(2) 再结晶过程，再结晶温度及影响因素；在实际生产中如何确定再结晶温度？

(3) 回复、再结晶、晶粒长大和二次再结晶的驱动力；

(4) 回复、再结晶和晶粒长大的动力学及应用。

(5) 回复过程中点缺陷和位错运动的特点。

(6) 再结晶过程：形核和长大；形核的方式、长大的方式。但再结晶不是相变。

(7) 结合热处理，去应力退火与再结晶退火工艺的制定与应用（在生产上的意义）。

(8) 再结晶温度及影响因素，再结晶后晶粒的大小及影响因素。

(9) 在生产中控制再结晶晶粒大小的方法，细化晶粒的意义及方法。

(10) 晶粒正常长大及影响因素、异常晶粒长大及二次再结晶。

8、多晶型转变（重结晶）、结晶、再结晶、二次再结晶的区别。

9、冷变形金属或合金在加热时组织结构和性能的变化。

10、晶粒细化可以同时提高金属材料的强度和韧性。叙述细化金属材料晶粒的方法。

11、热加工和温加工

- (1) 加热时对金属进行变形组织结构和性能的变化；
- (2) 热加工、温加工、冷加工的区别。
- (3) 动态回复和动态再结晶过程及其动力学曲线。
- (4) 热加工的组织 and 力学性能。

12、热变形与动态回复、再结晶（动态回复和动态再结晶、热加工对组织结构和性能的影响及应用）。

13、比较概念：

滑移和孪生	多滑移与交滑移
软位向和硬位向	几何硬化和几何软化
沉淀强化和弥散强化	切过机制和绕过机制
分切应力和临界分切应力	纤维组织与带状组织
板织构和丝织构	宏观残余应力、微观残余应力、残余应力
重结晶、再结晶和二次再结晶	正常长大和异常长大
冷加工、温加工和热加工	静态回复与动态回复
第一类残余应力、第二类残余应力和第三类残余应力	
静态再结晶和动态再结晶	

第 6 章 单组元相图及纯晶体的凝固

1、相变的有关概念，相平衡条件、相律及表达式和应用。单元系相图。

2、单元系统相图及分析（掌握单元系统的相图的点、线、面的关系，掌握实际单元 SiO_2 相图，并能根据实际相图简单分析材料的生产过程）

2、纯金属结晶的过程、结晶过程的宏观和微观现象；过冷度对结晶过程和结晶组织的影响；

3、结晶的驱动力。纯晶体结晶的条件：热力学条件、动力学条件、能量条件和结构条件；包括：一些更要的公式及其应用。

4、形核：

(1) 液态结构的特点。

(2) 结晶的形核方式（均匀形核与非均匀形核），均匀形核的条件。(2) 临界形核功和临界晶核半径的计算；形核率的公式和影响形核率的因素。

(3) 结晶过程的能量变化，如何满足？体积自由能的变化与表面自由能的关系。

(4) 均匀形核与非均匀形核有何异同点。

(5) 非均匀形核时影响接触角 θ 的因素有哪些？选择什么样的异相质点可以大大促进结晶过程。

5、晶体长大：

(1) 晶体长大的条件和长大的机制。纯晶体结晶的条件。

- (2) 结晶时液固界面（光滑界面、粗糙界面）的类型和结构特点；
 - (3) 结晶时液固界面的温度梯度类型（正温度梯度、负温度梯度）及对结晶的影响。
 - (4) 纯晶体凝固时的生长形态与 L/S 前沿的界面结构、温度梯度有何关系？
 - (5) 晶体长大的方式和长大速率。
 - (6) 纯金属枝晶的形成条件和长大过程。
 - (7) 结晶动力学及凝固组织。影响纯晶体形核和长大的因素。
- 7、能用结晶理论说明实际生产问题（凝固理论的主要应用）。
- (1) 细化铸件晶粒的方法。
 - (2) 控制结晶组织的措施。

10、比较概念：

凝固与结晶	理论凝固温度和实际凝固温度
临界过冷度、有效过冷度和动态过冷度	均匀形核与非均匀形核
晶胚和晶核	光滑界面和粗糙界面
正温度梯度和负温度梯度	平面长大、台阶长大和树枝长大

第 7 章 二元系相图及其合金的凝固

1、二元相图的表示与测定方法。

2、二元合金固溶体的自由能-成分曲线，热力学曲线的公切线原理，杠杆定律及应用，相接触法则。二元相图的几何规律及复杂相图的分析方法。

3、几种基本相图：匀晶相图、共晶相图、包晶相图及共析相图的分析。

(1) 掌握二元系统的相图的特点，分析点、线和平衡反应，会写出反应式；匀晶反应、共晶反应、包晶反应。三相平衡与相律的关系。

(2) 分析相应合金的平衡结晶过程；会进行二元合金平衡组织的分析。三相平衡与相律的关系。

(3) 熟练杠杆定律在匀晶相图、共晶相图、包晶相图中的应用，并利用杠杆定律计算相组成物与组织组成物的百分含量；

(4) 典型合金的平衡和不平衡的结晶转变过程及转变组织；能画出平衡结晶转变过程的冷却曲线。包括：固溶体合金的平衡凝固和非平衡凝固；共晶类合金的平衡凝固和非平衡凝固，非平衡共晶、离异共晶和伪共晶，共晶组织的分类、特点及形成机制；包晶类合金的平衡凝固和非平衡凝固，包晶转变的应用。

(5) 明确固溶体合金结晶过程与纯金属结晶过程的异同点。

(6) 平衡结晶后的室温组织及其相组成物和组织组成物的区别。相和组织的区别。

(7) 非平衡共晶、离异共晶和伪共晶的组织特点、形成条件。

(8) 偏析及其解决办法。

4、掌握实际复杂二元相图的分析方法及应用。如 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系统相图，并能根据

实际相图简单分析无机非材料的生产过程。

5、固溶体凝固：

- (1) 成分过冷及成分过冷的临界条件和判据；
- (2) 合金结晶与纯金属结晶过程的异同点。
- (3) 平衡分配系数的基本概念和表达式。
- (4) 区域熔炼（区域提纯）及应用。
- (5) 成分过冷对结晶生长形态的影响。枝晶生长形成的条件及应用。
- (6) 单相固溶体合金凝固时的偏析形成、偏析类型及影响因素。如何消除偏析？

6、其他类型的二元相图（溶混间隙与调幅分解、具有化合物的二元相图、具有固溶体多晶型转变、具有共析转变的相图、具有包析转变的相图）。

7、根据相图与组织结构和合金性能的关系，来判断合金的性能。

8、对于 Fe-Fe₃C 相图要求：

(1) 非常熟练的掌握并会画出 Fe-Fe₃C 相图；标出各特性点、线、相区。说明各特性点的温度、碳浓度及意义；各特性线的温度、意义。三个恒温反应；各区域相组成物和组织组成物，各相的结构。

(2) 纯铁的同素异构转变： $\delta\text{-Fe} \longleftrightarrow \gamma\text{-Fe} \longleftrightarrow \alpha\text{-Fe}$ ；

(3) 珠光体 P、奥氏体 A、铁素体 F、渗碳体 Fe₃C、莱氏体 Ld、低温莱氏体 L'd、一次渗碳体 Fe₃C_I、二次渗碳体 Fe₃C_{II}、三次渗碳体 Fe₃C_{III}、共晶渗碳体 Fe₃C、共析渗碳体 Fe₃C。机械混合物（P、Ld'）；

(4) 叙述铁碳合金中七大类合金（工业纯铁、共析钢、亚共析钢、过共析钢、共晶白口铸铁、亚共晶白口铸铁、过共晶白口铸铁）的平衡结晶过程（反应、冷却曲线、室温组织及形貌特征），室温组织组成物和相组成物；利用杠杆定律计算平衡结晶过程中相组成物与组织组成物的百分含量；

(5) 结合实验能绘出七大类铁碳合金的室温显微组织（包括：放大倍数、腐蚀剂）；

(6) 含碳量对铁碳合金组织、力学性能、工艺性能的影响，Fe-Fe₃C 相图的应用。

(7) 五类渗碳体（一次渗碳体、二次渗碳体、三次渗碳体、共析渗碳体、共晶渗碳体）的的形态、形成条件；

10、铸锭（铸件）的宏观组织特点及形成机制、缺陷类型及形成原因。

11、比较概念：

热过冷和成分过冷

共晶反应和共析反应

包晶反应和包析反应

平衡结晶（凝固）和不平衡结晶（凝固）

相组成物与组织组成物

稳定化合物和不稳定化合物

莱氏体和低温（变态）莱氏体

一次渗碳体、共晶渗碳体、二次渗碳体、共析渗碳体和三次渗碳体

A_1 温度 (PSK 线)、 A_3 温度 (GS 线) 和 A_{cm} 温度 (ES 线)

第 8 章 三元相图

1、三元相图成分表示法、空间模型和截面图、三元相图中的直线法则、杠杆定律、重心定律、相区接触法则。

2、三元匀晶相图中合金的结晶过程分析。

3、固态下互不溶解的三元共晶相图及其不同区域合金的结晶过程分析,任意温度的水平截面和图内任意直线的垂直变温截面。等温(水平)截面和变温(垂直)截面的认识和分析。

4、三元系相图的规律及典型三元相图分析。

四、考试要求

硕士研究生入学考试《材料科学基础》考试采用闭卷、笔试,考试时间为 180 分钟,本试卷满分为 150 分。

试卷结构(题型):填空题、名词区别、简答题、计算作图题和综合应用题。

考生答卷时注意:答卷务必书写清楚,符号和西文字母运用得当,答案必须写在考点统一发的答题纸上,否则无效。

五、主要参考教材(参考书目)

1、《材料科学基础》(第三版),胡赓祥 蔡珣 戎咏华 编著,上海交通大学出版社。

2、《材料科学基础辅导与学习》(第三版),蔡珣 戎咏华 编著,上海交通大学出版社。

编制单位:郑州大学

编制日期:2020年9月12日