

附件 6:

郑州大学 2021 年硕士生入学考试初试自命题科目考试大纲

学院名称	科目代码	科目名称	考试单元	说明
物理学院	907	材料科学基础 (三)		计算器

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(三)》考试大纲

命题学院(盖章):物理学院 考试科目代码及名称:907,材料科学基础(三)

一、考试基本要求及适用范围概述

本《材料科学基础》考试大纲适用于郑州大学“0702物理学凝聚态物理方向”和“080501材料科学与工程材料物理与化学方向”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,主要内容:材料基础理论知识,诸如材料的原子结构和结合键、材料的固体结构、材料的相结构、晶体缺陷、材料中的扩散、相图与材料的凝固,材料的变形与再结晶、材料的亚稳态。要求考生系统完整地理解和掌握原子结构与原子间的键合;晶体学基础、纯金属的晶体结构及特征,材料的相结构;晶体结构缺陷(包括点缺陷、线缺陷和面缺陷);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、扩散系数及影响扩散的因素;材料的滑移与孪晶变形、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、纯金属的结晶理论,晶核的形成、晶体的成长;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等。了解材料科学的最新进展,能综合运用所学的知识分析问题和解决问题。

二、考试形式

硕士研究生入学《材料科学基础》(三)考试为闭卷,笔试,考试时间为 180

分钟，本试卷满分为 150 分。

试卷结构（题型）：名词解释、单项选择题、判断题、简答题、问答题及综合应用题

三、考试内容

1. 材料中原子的排列

考试内容

- 1) 原子的键合特点（金属键、离子键、共价键、范德华力、氢键）。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。
- 2) 原子间的结合键对材料性能的影响，利用结合键，解释材料的一些性能特点。
- 3) 晶体与非晶体的区别。
- 4) 空间点阵和晶胞的基本概念，选取晶胞的原则，七大晶系和14种布拉菲点阵各自的特点，点阵参数。
- 5) 晶向指数和晶面指数的标定，晶向和晶面的特殊关系；晶带定理、晶面间距 $d(hkl)$ 及其求法。
- 6) 典型晶体结构及其晶体学特点（包括晶胞形状、晶胞内原子数、晶格常数与原子半径、配位数、致密度、各类间隙尺寸与个数，面密度和线密度，最密排面和最密排方向，滑移系数目、堆垛方式等），利用典型晶体结构特征进行的相关计算。
- 7) 合金相结构：
 - (1) 固溶体和中间相的结构、键型和性能差异。
 - (2) 影响合金相性质的三个因素；
 - (3) 固溶体的分类、特点和性质，影响固溶体固溶度的因素；
 - (4) 中间相的类型、特点和性质；

考试要求

- 1) 掌握基本概念：阵点、空间点阵、晶格、晶胞、晶面、晶面指数、晶面族，晶向、晶向指数、晶向族、晶带、晶带定理、晶面间距、配位数、致密度、八面体间隙、四面体间隙、同素异构体、多晶型性转变、合金、组元、相、组织、显微组织、宏观组织、固溶体、中间相、间隙固溶体、置换固溶体、有序固溶体、无序固溶体、有限固溶体、无限固溶体、一次固溶体、二次固溶体、正常价化合物、电子化合物、间隙相、间隙化合物、电子浓度、电负性、准晶、非晶。
- 2) 掌握以下概念的区别：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，间隙相和间隙化合物，电子化合物和正常价化合物

3) 区分各类结合键及其特点。

4) 标注和会求晶体的晶向指数和晶面指数，晶面间距，致密度、面密度、线密度的计算。

5) 掌握三种典型晶体结构的特征及利用晶体结构特征进行的计算。

6) 了解固溶体和中间相的类型、特点和性能；影响固溶度的因素。

2. 晶体缺陷

考试内容

1) 晶体中各类缺陷的定义和特征。

2) 点缺陷的类型及特征、形成过程及运动、点缺陷平衡浓度及表达式。

3) 位错类型及特征，混合位错和位错环；柏氏矢量的确定、特性及表示法。

4) 位错的滑移和攀移，位错运动时位错线、柏氏矢量、位错运动与作用在位错上的力之间的关系。位错的交割（割阶和扭折）及割阶硬化。

5) 位错的应变能、位错的线张力，作用在位错上的力。

6) 位错密度及位错的生成，位错的增殖机制（F-R源、双交滑移等）。

7) 实际晶体中的伯氏矢量、堆垛层错，常见的两种不全位错及其特点。

8) 位错反应的条件，面心立方晶体中的位错。

9) 晶界的分类及描述晶界位置的方法；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；大角度晶界及其特点。晶界的特性及其对材料性能的影响。

10) 孪晶界的类型及特点。

11) 相界分类及特点。

考试要求

1) 掌握基本概念：点缺陷、线缺陷、面缺陷、Schottky空位、Frankel空位、间隙原子、置换原子、位错、位错线、刃型位错、螺型位错、混合型位错、柏氏矢量、位错运动、滑移、交滑移、双交滑移、多滑移、攀移、交割、割阶、扭折、位错塞积、位错源、割阶硬化、位错密度、位错生成、位错增殖、位错分解与合成、位错反应、全位错、肖克莱不全位错、弗伦克不全位错、单位位错、不全位错（部分位错）、可动位错、不可动位错、堆垛层错、表面、表面能（或表面张力）、界面、界面能、晶界、相界、小角度晶界、大角度晶界，孪晶界、共格相界、非共格相界和半共格相界，错配度。

2) 掌握以下概念的区别：刃型位错和螺型位错，滑移和攀移，割阶和扭折；

晶界、相界和孪晶界；小角度晶界和大角度晶界；共格相界、非共格相界和半共格相界，交滑移和双交滑移。

3) 掌握点缺陷的类型及点缺陷平衡浓度计算公式。

4) 掌握位错类型及其特征；柏氏矢量及其特征。

5) 掌握位错的运动：滑移、攀移、交滑移及位错的交割，理解实际晶体中的柏氏矢量、堆垛层错，常见的两种不全位错及其特点。

6) 掌握位错的增殖及位错反应，理解面心立方晶体中的常见位错。

7) 了解晶界与相界的类型及界面特征，掌握晶界的特性及其对材料性能的影响

8) 了解位错的应变能、位错的线张力，作用在位错上的力。

3. 固体原子及分子的迁移与扩散

考试内容

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。扩散方程的解及应用。

3) 置换固溶体中的扩散，柯肯达尔效应及应用，

4) 固相中扩散机制（换位、间隙、空位、晶界扩散、表面扩散机制等）。

5) 扩散的驱动力，用扩散理论分析实际问题。

6) 扩散系数方程及表达式、扩散激活能的意义及求法。影响扩散的因素。

7) 反应扩散的特点，反应扩散的过程。

8) 离子晶体中的扩散特点。

考试要求

1) 掌握基本概念：扩散、扩散（Fick）第一定律、扩散（Fick）第二定律、稳态扩散、非稳态扩散、扩散通量、柯肯达尔效应、迁移率、扩散系数、扩散激活能、自扩散、互（异）扩散、上坡扩散、下坡扩散、原子扩散、反应扩散、空位扩散、间隙扩散、换位扩散、晶界扩散、表面扩散、短路扩散。

2) 掌握以下概念的区别：稳态扩散和非稳态扩散，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。

3) 掌握扩散定律的内容和表达式、物理意义、适应条件。扩散定律的解及应用。

4) 掌握固态金属扩散的条件及影响扩散的因素。了解柯肯达尔效应及应用。

5) 掌握扩散的分类，了解扩散的应用。

6) 掌握扩散系数及其物理意义、表达式。

- 7) 掌握固相中原子扩散的驱动力, 扩散的各种机制, 用扩散理论分析实际问题。
- 8) 了解反应扩散及特征, 反应扩散的过程。

4. 材料的变形、回复与再结晶

考试内容

- 1) 材料应力—应变曲线及曲线上所对应的强度指标;
- 2) 弹性变形的特征、弹性模量及影响因素。
- 3) 塑性变形的基本概念: 滑移、孪生、滑移线、滑移带、滑移系、滑移面、滑移方向、多滑移与交滑移。滑移系与晶体结构的关系, 三种典型晶体结构的滑移系数数和指数。
- 4) 临界分切应力的概念及意义、临界分切应力的公式及相关计算、取向因子及对塑性变形的影响、 $P-N$ 力的意义。滑移的位错机制。
- 5) 孪生过程和特点, 孪晶的形成和分类, 孪生的位错机制; 滑移和孪生的区别。
- 6) 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? Hall-Petch公式。
- 7) 单相合金的塑性变形特点; 固溶强化、本质、机制及影响因素。屈服现象及其产生的原因, 对生产的影响, 防止和消除的方法。应变时效及其产生的原因。
- 8) 多相合金的塑性变形特点; 第二相强化(沉淀强化和弥散强化)、本质、机制及影响因素。
- 9) 材料冷塑性变形时内部组织和性能的变化。
- 10) 形变织构的两种主要类型及特点。
- 11) 冷变形金属或合金在加热时组织结构和性能的变化。
- 12) 回复的类型和回复机制, 回复动力学, 回复多边化过程。
- 13) 再结晶过程, 再结晶温度及确定再结晶温度的方法和影响再结晶温度因素。
- 14) 影响再结晶后晶粒的大小的因素及在生产中控制再结晶晶粒大小的方法。
- 15) 重结晶、结晶、再结晶、二次再结晶的区别。
- 16) 回复、再结晶和晶粒长大在生产上的意义。细化晶粒的意义及方法。
- 17) 热加工对组织结构和性能的影响。
- 18) 热加工、温加工、冷加工; 动态回复和动态再结晶。

考试要求

- 1) 掌握基本概念: 弹性变形、弹性极限、弹性模量、屈服强度、抗拉强度、

伸长率、断面收缩率、塑性变形、滑移、滑移带、滑移线、滑移系、滑移面、滑移方向、多滑移、交滑移、孪生、孪晶、孪晶面、孪生方向、变形孪晶、生长孪晶、退火孪晶、扭折；临界分切应力、软位向、硬位向、几何硬化、几何软化、取向因子、 $P-N$ 力、固溶强化、细晶强化、第二相强化、沉淀强化、弥散强化、形变强化、加工硬化、相变强化、**Controll**气团、聚合型两相合金、弥散型两相合金、屈服现象、吕德斯带、应变时效、纤维组织、带状组织，形变织构、板织构、丝织构、亚结构、宏观残余应力、微观残余应力、残余应力、低温回复、中温回复、高温回复、再结晶、二次再结晶、晶粒长大、正常长大、异常长大、再结晶温度、临界变形度、多边化、冷加工、温加工、热加工、静态回复、动态回复、静态再结晶、动态再结晶。

2) 掌握以下概念的区别：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，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，静态再结晶和动态再结晶，第一类残余应力、第二类残余应力和第三类残余应力，

3) 掌握滑移系，滑移和孪生的特点、区别及相互关系，临界分切应力的公式及相关计算。

4) 掌握材料的强化理论、各种强化的本质。细化材料晶粒的意义和方法；

5) 掌握材料塑性变形时内部组织和性能的变化。

6) 了解屈服强度概念及意义；屈服现象及特征、原因、利害、防止和消除。

7) 掌握应变时效及其产生的原因，了解吕德斯带形成的原因及解决办法。

8) 掌握冷变形金属或合金加热时组织和性能的变化；

9) 掌握回复的类型、机制，回复动力学及多边化过程。

10) 掌握再结晶温度的定义和影响再结晶温度因素，了解确定再结晶温度的方法。

11) 掌握影响再结晶后晶粒的大小的因素，了解在生产中控制再结晶晶粒大小的方法

12) 了解热加工处理后对材料组织结构和性能的影响。

5、单元相图及纯晶体的凝固

考试内容

1) 相平衡条件、相律及表达式和应用。

2) 纯金属凝固的过程和现象；过冷度对结晶过程和结晶组织的影响；

结晶的驱动力，纯晶体结晶的条件。

- 3) 结晶的形核方式：均匀形核与非均匀形核。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。体积自由能的变化与表面自由能的关系。
- 4) 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) 晶体长大的条件和长大的机制。结晶时液固界面的类型和特点；结晶时液固界面的温度梯度类型及对结晶的影响。枝晶的形成条件和长大过程。
- 6) 能用结晶理论说明实际生产问题：细化铸件晶粒的方法，控制结晶组织的措施。

考试要求

- 1) 掌握基本概念：凝固、结晶、相、组织、相变、固态相变、组元、系、相图、单元相图、相平衡、相律、形核、过冷、过冷度、理论凝固温度、实际凝固温度、临界过冷度、有效过冷度、动态过冷度、均匀形核、非均匀形核、结构（相）起伏、能量起伏、浓度起伏、晶胚、晶核、临界晶核、临界晶核半径、临界形核功，临界晶核半径、形核率、接触角（润湿角）、光滑界面、粗糙界面、正温度梯度、负温度梯度、平面长大、树枝长大、形核剂、变质处理
- 2) 掌握以下概念的区别：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。
- 3) 掌握金属结晶的热力学条件、动力学条件、能量条件和结构条件；
- 4) 掌握临界形核功和临界晶核半径的概念与计算；形核率的公式和影响形核率的因素。
- 5) 掌握影响过冷度和接触角 θ 的因素有哪些？过冷度、异相质点如何促进结晶过程。
- 6) 掌握界面的生长形态与L/S界面结构类型、L/S界面前沿的温度梯度的关系。
- 7) 掌握纯金属枝晶的形成条件和长大过程。
- 8) 掌握细化铸态金属晶粒的方法。

6、二元相图及合金的凝固

考试内容

- 1) 相图的表示与测定方法，二元相图中相律应用，热力学曲线的公切线原理。杠杆定律及应用，相接触法则。
- 2) 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) 分析点、线和平衡反应，会写出反应式；
 - (2) 分析相应合金的结晶过程及结晶后的组织组成和相组成；
 - (3) 熟练杠杆定律在这几种相图中的应用，计算相组成物与组织组成物的百分含量；
 - (4) 典型合金的平衡结晶转变过程和不平衡结晶转变过程及转变组织；
 - (5) 明确合金结晶过程与纯金属结晶过程的异同点；
 - (6) 非平衡共晶、离异共晶和伪共晶的组织特点、形成条件；
 - (7) 偏析及其解决办法。
- 4) 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。
- 5) 典型二元相图分析：
 - (1) Fe-Fe₃C相图；
 - (2) SiO₂-Al₂O₃相图
- 6) 正常凝固，平衡分配系数的基本概念和表达式。
- 7) 成分过冷及成分过冷的临界条件和判据。区域熔炼（区域提纯）及应用。成分过冷对结晶生长形态的影响。
- 8) 合金结晶与纯金属结晶过程的异同点。
- 9) 共晶组织的分类及形成机制。
- 10) 铸锭（件）的宏观组织特点及形成机制，铸锭（件）的缺陷类型及形成原因。
- 11) 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）。各相与组织的结构；
 - (2) 纯铁的同素异构转变： $\delta\text{-Fe} \longleftrightarrow \gamma\text{-Fe} \longleftrightarrow \alpha\text{-Fe}$ ；
 - (3) P、A、F、Fe₃C、Ld、L'd、一次Fe₃C、二次Fe₃C、三次Fe₃C、共晶Fe₃C、共析Fe₃C。机械混合物（P、Ld'）；
 - (4) 铁碳合金中七大类合金合金的平衡结晶过程分析，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的计算；
 - (5) 结合实验会给出各类Fe-Fe₃C合金的室温显微组织；
 - (6) 碳钢中的碳含量对Fe-Fe₃C合金组织和性能的影响；
 - (7) 一次、二次、三次、共析、共晶渗碳体的的形态、形成条件；
 - (8) Fe-Fe₃C相图的应用。

考试要求

1) 掌握基本概念：二元合金、二元相图、相区、平衡相、二元匀晶相图、共晶相图、包晶相图、共析相图、包析相图、二元匀晶反应、共晶反应、包晶反应、溶混间隙、共析反应、包析反应、熔晶反应、偏晶反应、合晶反应、调幅分解、脱溶转变，平衡结晶（凝固）、平衡结晶组织、不平衡结晶（凝固）、晶内偏析、枝晶偏析、相组成物、组织组成物、杠杆定律、相接触法则、共晶体、共晶点、伪共晶、离异共晶、共析体、共析点；共晶合金、亚共晶合金、过共晶合金、共析合金、亚共析合金、过共析合金、稳定化合物、不稳定化合物、热过冷、成分过冷、平衡分配系数、有效分配系数、正常凝固、区域熔炼（提纯）、枝晶生长、枝晶偏析、Fe-Fe₃C相图、Fe-Fe₃C相图中的相与组织、各概念（A₁温度（PSK线）、A₃温度（GS线）、A_{cm}温度（ES线）、工业纯铁、碳钢、合金钢、共析钢、亚共析钢、过共析钢、铸铁、共晶白口铸铁、亚共晶白口铸铁、过共晶白口铸铁、重结晶、铁素体、奥氏体、渗碳体、一次渗碳体、共晶渗碳体、二次渗碳体、共析渗碳体、三次渗碳体、莱氏体、低温（变态）莱氏体、珠光体。

2) 掌握以下概念的区别：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，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，莱氏体和低温（变态）莱氏体，A₁温度、A₃温度和A_{cm}温度。

3) 掌握几种基本相图：匀晶、共晶、包晶相图的特点，分析平衡结晶过程和室温相组成，并利用杠杆定律计算相组成百分比，相图与材料性能的关系

(1) 分析点、线和平衡反应；

(2) 分析相应合金的结晶过程；

(3) 熟练杠杆定律在这几种相图中的应用，计算相组成物与组织组成物的百分含量；

(4) 不平衡的结晶转变过程及转变组织；

(5) 会作相图

4) 掌握固溶体合金结晶过程和特点，成分过冷条件和判据，合金结晶过程与纯金属结晶过程的异同点。

5) Fe-Fe₃C相图：

(1) 熟练的掌握并会画出Fe-Fe₃C相图，相关的概念；了解纯铁的同

素异构转变及特点。

- (2) 掌握各特性点、线、相区。说明各特性点的温度、碳浓度及意义；
- (3) 掌握各特性线的温度、意义（三个衡温反应式）。
- (4) 熟练掌握Fe-Fe₃C图中各区域相组成物和组织组成物。七大类合金室温组织的区别。
- (5) 掌握铁碳合金中七大类合金合金的平衡结晶过程分析，室温组织及特征；熟悉五类渗碳体形（一次、二次、三次渗碳体、共析渗碳体、共晶渗碳体）的形态、形成条件。
- (6) 掌握利用杠杆定律计算七大类合金平衡结晶过程中的相组成物与组织组成物的百分含量。二次渗碳体、三次渗碳体的最大含量计算。
- (7) 结合实验会给出各类Fe-Fe₃C合金的室温显微组织。
- (8) 含碳量对铁碳合金组织、力学性能、工艺性能的影响，铁碳合金相图的实际应用。

四、考试要求

硕士研究生入学考试科目《材料科学基础（三）》为闭卷，笔试，考试时间为180分钟，本试卷满分为150分。试卷务必书写清楚、符号和西文字母运用得当。答案必须写在答题纸上，写在试题纸上无效。

五、主要参考教材（参考书目）

《材料科学基础教程》（2009年第三版），赵品，谢辅洲，孙振国编著，哈尔滨工业大学出版社。。

《材料科学基础》（2010年第三版），胡赓祥、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14日