



## 研究生课程教学大纲

课程名称：	固态相变		
	Solid Phase Transformation		
课程编号：	ZB14106T		
开课单位：	材料科学与工程学院	开课学期：	1
课内学时：	32	学分：	2
适用学科 专业及层次：	材料科学与工程、材料与化工，硕士/博士研究生		
授课语言：	中文		
先修课程：	物理化学、材料科学基础、材料工程基础、工程材料学		
负责人：	石志强	团队成员：	鲁玉祥、王彦芳、司佳佳

### 一、课程简介

材料的显微组织控制是材料研发和制备中设计的核心因素之一。固态相变理论专注显微组织的演化规律，涉及热力学、动力学和晶体学的综合知识体系，是材料工程技术的理论基础，也是材料科学的重要支柱之一。随着分析和表征手段的进步以及理论模型的引入，人们对材料成分、结构以及性能的认知更加全面和深入，固态相变理论也更加丰富，不仅研制出了大量新型金属结构材料，而且相变控制技术也有了极大的发展。“固态相变”课程主要介绍固态相变的基本原理、金属材料中的固态相变、固态相变理论在实际生产中的应用，并在继承以往成熟理论的基础上，增加了近年来国内外固态相变领域的一些新发现和新理论，对发掘传统材料的性能潜力、开发新型金属材料以及完善固态相变理论具有重要作用。

### 二、课程大纲

#### (一) 课程目标

目标 1：掌握固态相变基本概念和热力学原理。能够了解相变共性和典型相变的

特征，熟悉相变的热力学条件，分析比较均匀形核、非均匀形核的异同。

目标 2：掌握固态相变的动力学原理，分析形核率、晶核长大机制和长大速度，熟悉相变宏观动力学方程以及相变动力学曲线。

目标 3：掌握金属材料中的固态相变，熟悉扩散型相变（奥氏体化、珠光体转变、脱溶沉淀）、非扩散型相变（马氏体转变）、半扩散型相变（贝氏体转变）的转变机制和相变动力学。

目标 4：了解固态相变理论在实际生产中的应用，熟悉钢的退火、正火、淬火、回火以及表面强化技术的组织结构及性能变化，掌握新型材料的相变规律（非晶的晶化、纳米材料的相变、准晶的热稳定性）。

## （二）课程内容

### 第 1 章 固态相变理论基础

本章重点难点：相变驱动力与阻力，位相关系与惯习面。

#### 1.1 相变的共性

相变的必要条件，相变的内因与外因，孕育期，驱动力与阻力。

#### 1.2 固态相变的类型

按热力学分类，按相变方式分类，按原子迁移特点分类，按平衡状态分类。

#### 1.3 固态相变的特性

相界面，弹性应变能，位向关系与惯习面，亚稳定过渡相，原子迁移率。

### 第 2 章 固态相变的热力学原理

本章重点难点：相变势垒，非均匀形核。

#### 2.1 固态相变的热力学条件

#### 2.2 相变

#### 2.3 形核

均匀形核，非均匀形核

### 第 3 章 固态相变的动力学原理

本章重点难点：相变动力学方程，CCT 曲线。

#### 3.1 形核率

形核率的热力学定义，临界核胚体积分数  $C^*$  的统计计算，临界核胚变成晶核的频率  $\Gamma$  的统计计算，均匀形核率

#### 3.2 晶核长大

晶核长大机制，晶核长大速度，相变宏观动力学方程

#### 3.3 相变动力学曲线

### 第 4 章 金属固态相变

本章重点难点：调幅分解，马氏体相变，贝氏体相变。

#### 4.1 扩散型相变（I）——奥氏体化

奥氏体及其组织结构，奥氏体形成机理，奥氏体形成动力学，奥氏体晶粒度及其控制，奥氏体的性能特点与奥氏体钢

4.2 扩散型相变（II）——珠光体转变

4.3 扩散型相变（III）——脱溶沉淀

4.4 非扩散型相变——马氏体相变

4.5 半扩散型相变——贝氏体相变

第 5 章 固态相变的应用

本章重点难点：热处理工艺选择，表面强化技术应用。

5.1 制定热处理工艺的依据

5.2 退火与正火

5.3 淬火

5.4 回火

5.5 表面强化技术

第 6 章 新型材料的相变

本章重点难点：非晶晶化动力学，纳米效应与相变。

6.1 非晶的晶化

6.2 纳米材料的相变

6.3 准晶的热稳定性

### 三、教学安排及要求

内容	课内学时	教学方式	课外学时	课外环节	课程目标
1.1、1.2	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 1
1.3	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 1
2.1、2.2	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 1
2.3	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 1
3.1	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 2
3.2、3.3	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 2

4.1、4.2	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 3
4.3	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 3
4.4	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 3
4.5	2	理论讲授	4	文献阅读/线上学习	目标 3
5.1、5.2	2	理论讲授、案例研讨	4	文献阅读/案例分析	目标 4
5.3、5.4	2	理论讲授、案例研讨	4	文献阅读/案例分析	目标 4
5.5	2	理论讲授、案例研讨	4	文献阅读/案例分析	目标 4
6.1	2	理论讲授、案例研讨	4	文献阅读/案例分析	目标 4
6.2	2	理论讲授、案例研讨	4	文献阅读/案例分析	目标 4
6.3	2	理论讲授、案例研讨	4	文献阅读/案例分析	目标 4

#### 四、考核内容、方式及评分标准

##### (一) 考核环节

考核环节		总成绩占比	支撑课程目标
课堂表现	1. 要求学生按时听课。 2. 成绩采用百分制，根据学生上课出勤情况和课堂听课表现完成评价。	10%	目标 1-4
平时作业	1. 每章节学习结束后布置若干道题目。 2. 成绩采用百分制，根据作业完成准确性、是否按时上交、是否独立完成评分。 3. 考核学生对基本知识的掌握能力，综合运用所学知识分析问题、解决问题的能力，题型主要有简答题、计算题、综合分	20%	目标 1-4

	析题等。		
专题报告/案例分析报告	1. 要求每个学生有 2 次报告（专题报告/案例分析报告），每次占比 50%。 2. 成绩采用百分制，主要根据 PPT 准备、讲述表现、综合应用知识分析问题解决问题的能力、创新性等评分。	20%	目标 1-4
期末考试	1. 闭卷考试，成绩采用百分制，卷面成绩总分 100 分。 2. 主要考核学生综合运用所学知识分析问题、解决问题的能力，题型主要有简答题、综合分析题（包括工程应用题）等。	50%	目标 1-4

## （二）评分标准

考核环节	<60	60-75	75-90	90-100
课堂表现	缺勤 3 次及以上，很少参加课堂讨论。	缺勤 2 次以内，能够参加课堂讨论，对固态相变问题的分析结论基本正确。	缺勤 1 次以内，积极提问，积极参加课堂讨论，对固态相变问题的分析思路较清晰，结论较合理。	不缺勤，积极提问，积极参加课堂讨论，对固态相变问题的分析思路清晰，结论正确。
平时作业	不按时提交作业。没有完全掌握固态相变的基础知识，不能够运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析固态相变的过程。	按时提交作业。基本掌握固态相变的基础知识，基本能够运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析固态相变的过程。	按时提交作业。对于固态相变的基础知识掌握较好，能够运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析固态相变的过程。	按时提交作业。牢固掌握固态相变的基础知识，能够熟练运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析固态相变的过程。
专题报告/案例分析	没有完全掌握固态相变的基础知识，不能够运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析工程实践中的相变问题。	基本掌握固态相变的基础知识，能够运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析工程实践中的相变问题。	熟悉固态相变的基础知识，能够正确运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析工程实践中的相变问题。	具备扎实的固态相变的基础知识，能够熟练运用材料相变热力学和相变动力学的数学模型分析工程实践中的相变问题。
期末考试	根据试卷参考答案和评分标准进行评分计算	根据试卷参考答案和评分标准进行评分计算	根据试卷参考答案和评分标准进行评分计算	根据试卷参考答案和评分标准进行评分计算

## 五、教材与参考资料

### (一) 教材

1. 白静, 郑润国. 《合金固态相变》, 化学工业出版社, 2019;
2. 郭正洪. 《固态相变动力学》, 上海交通大学出版社, 2019。

### (二) 主要参考资料:

1. 郭英奎. 金属固态相变教程. 化学工业出版社, 2017
2. 张贵锋, 黄昊. 固态相变原理及应用. 冶金工业出版社, 2016
3. 朱景川, 来忠红. 固态相变原理. 科学出版社, 2010

## 六、其它说明

大纲执笔人: 石志强

审核人(学位点负责人) :

分管院长签字: