



研究生课程教学大纲

课 程 名 称：	材料表面与界面		
	Surface and Interface of Materials		
课 程 编 号：	ZB14104D		
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：	材料科学与工程专业，博士研究生		
授 课 语 言：	中文		
先 修 课 程：	高等数学，物理化学，表面工程		
负 责 人：	于思荣	团 队 成 员：	刘恩洋，张伟华

一、课程简介

课程性质：本课程为材料科学与工程专业博士研究生的一门专业核心课。其任务是运用相关基础课、技术基础课的理论来阐明材料成形过程中的表面及界面现象及重要表面界面问题的基本规律及本质，揭示新材料、新工艺研究中的表面与界面形成及控制机理，阐述工程材料新的表面强化与防护措施。

主要教学内容：本课程共分为七章，主要内容包括界面能、固-液界面、界面吸附现象、界面结构、复合材料的界面、界面化学反应及其控制、材料表面工程新技术等。

学习目标：通过本课程的学习，学生应对材料成形过程中的表面与界面现象及重要表面与界面问题有深入、广泛的实质性的理解，从本质上认识和分析新材料、新工艺研究中的表面与界面形成及控制机理，了解工程材料表面与界面的失效形式并根据掌握的现代材料表面工程新技术提出解决问题的方法，为开发新材料、新技术及提高材料服役寿命奠定坚实的理论基础。

二、课程大纲

（一）课程目标

目标 1: 掌握材料表面与界面的基本概念及基本理论，对材料成形过程中的表面与界面现象及重要表面与界面问题有深入的理解。掌握表面张力、接触角等表面与界面相关重要数据的测定方法。

目标 2: 掌握新材料、新工艺研究中的表面与界面的形成机理，掌握界面化学反应机理及其控制方法。

目标 3: 掌握的现代材料表面工程新技术，并能用于解决材料成形及服役过程中遇到的表面与界面的实际问题。

（二）课程内容

第 1 章 界面能（4 学时）

本章重点难点：液体表面张力，晶界的平衡形态。

1.1 液体的表面张力和表面自由能

界面能，界（表）面张力。

1.2 液体表面张力及测定方法

液体表面张力，影响液体表面张力的因素，液体表面张力的测定方法。

1.3 固体的表面能与表面张力

固体表面的特点，固体表面能与表面张力，固体表面能的测定，固体表面能的理论计算。

1.4 晶体的界面能及晶界的平衡形态

晶面的表面能，晶体的平衡形状—wulff 定理，表（界）面能极图，小面化现象。

1.5 固体的内聚功及粘附功

内聚功，粘附功，内聚功与粘附功的比较。

第 2 章 固-液界面（6 学时）

本章重点难点：Young's 方程，接触角的测定，Laplace 方程，Kelvin 公式。

2.1 润湿性与界面能的关系

润湿形态，Young's 方程、接触角与润湿性，固液界面粘附功与液体内聚能，Young-Dupre 公式，润湿过程的三种类型，固体表面的润湿性质，动润湿与动接触角，自然现象与润湿。

2.2 接触角的测定方法

座滴法，斜板法，光反射法，液饼法，吊片法，表面张力法，透过高度法，电子天平法。

本节教学内容完成后，有 2 学时的实验，内容为液固接触角的测定，目的是让

学生掌握座滴法测定液固接触角的具体操作方法，为科研工作奠定基础。

2.3 影响润湿性的因素

接触角的滞后现象（前进接触角与后退接触角），表面粗糙度的影响，表面吸附与固体表面非均质性的影响，化学反应对润湿性的影响。

2.4 弯曲液面的附加压力与毛细现象

Laplace 方程，Kelvin 公式，毛细现象。

第 3 章 界面吸附现象（4 学时）

本章重点难点：Langmuir 吸附等温式，Gibbs 吸附等温式。

3.1 固-气界面吸附

气体在固体表面上的吸附，物理吸附，化学吸附，表面化学反应，影响固-气界面吸附的因素，吸附曲线和吸附热力学，Langmuir 吸附等温式，BET 多分子层吸附理论，气体吸附法测定固体的比表面积。

3.2 溶液表面的吸附

溶液的表面张力，表面超量，Gibbs 吸附等温式。

第 4 章 界面结构（4 学时）

本章重点难点：共格对应关系，晶间腐蚀的机理。

4.1 固体表面结构

理想表面结构，实际表面结构，晶体表面结构的变化。

4.2 晶体的界面结构

晶界与相界，晶界的分类，共格对应关系，晶界的特点。

4.3 晶界偏析

晶界偏析，影响晶界偏析的因素，晶间腐蚀，晶间腐蚀的机理，影响晶间腐蚀的因素，晶间腐蚀的控制方法。

第 5 章 复合材料的界面（4 学时）

本章重点难点：材料复合原则，复合材料的界面设计原则，复合材料界面的控制。

5.1 材料复合原则

复合材料，复合材料的分类，复合材料的特性，材料组元的选择，制备方法的选择。

5.2 复合材料的界面

界面效应，界面区域，界面结合强度，影响界面结合强度的因素。

5.3 复合材料的界面设计原则

界面相，界面层的作用，聚合物基复合材料的界面设计，金属基复合材料的界面设计。

5.4 复合材料界面理论

<p>润湿性与界面粘结性能的关系，界面粘结，界面结合方式，界面粘结机理。</p> <p>5.5 复合材料组分的相容性</p> <p>物理相容性，化学相容性。</p> <p>5.6 复合材料界面的控制</p> <p>改变增强体表面的性质，向基体添加特定的元素。</p> <p>第 6 章 界面化学反应及其控制（4 学时）</p> <p>本章重点难点：界面反应热力学。</p> <p>6.1 固-液界面反应</p> <p>无固态产物层的固-液界面反应，有固态产物层的固-液界面反应。</p> <p>6.2 固-固界面反应</p> <p>固-固相间的扩散及反应机理，固-固相反应动力学模型，固-固相反应速率的影响因素及控制。</p> <p>6.3 界面反应热力学</p> <p>第 7 章 材料表面工程新技术（6 学时）</p> <p>本章重点难点：超疏水表面的形成机理，金属材料表面纳米化技术。</p> <p>7.1 微弧氧化技术</p> <p>微弧氧化的成膜机理，微弧氧化设备及工艺，微弧氧化涂层的组织性能与应用。</p> <p>本节教学内容完成后，有 2 学时的实验，内容为铝合金表面微弧氧化陶瓷涂层的制备，目的是让学生掌握微弧氧化设备的具体操作方法，增加对微弧氧化的感性认识。</p> <p>7.2 超疏水表面制备</p> <p>超疏水表面的形成机理，表面微纳米结构的形成方法，低能修饰材料及修饰工艺。</p> <p>7.3 金属材料表面纳米化技术</p> <p>表面涂覆或沉积，表面自身纳米化，表面混合纳米化。</p>

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	0.5	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
1.2	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
1.3	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
1.4	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
1.5	0.5	理论讲授	2	专题调研	目标 1

2.1	1	理论讲授	2	文献阅读	目标 1
2.2	1	理论讲授	2	文献阅读	目标 1
实验 1	2	实验	2	撰写实验 报告	目标 1
2.3	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
2.4	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
3.1	2	理论讲授	2	文献阅读	目标 1
3.2	2	理论讲授	2	专题调研	目标 1
4.1	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
4.2	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 1
4.3	2	理论讲授	2	专题调研	目标 1
5.1	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 2
5.2	0.5	理论讲授	1	文献阅读	目标 2
5.3	0.5	理论讲授	1	文献阅读	目标 2
5.4	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 2
5.5	0.5	理论讲授	1	文献阅读	目标 2
5.6	0.5	理论讲授	2	专题调研	目标 2
6.1	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 2
6.2	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 2
6.3	2	案例研讨	2	专题调研	目标 2
7.1	1	理论讲授	1	文献阅读	目标 3
实验 2	2	实验	2	撰写实验 报告	目标 3
7.2	1	案例研讨	1	文献阅读	目标 3
7.3	2	理论讲授	2	文献阅读	目标 3

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
平时作业	1. 共布置 5 道题目，平均每章 1 道题。 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，题型主要有问题分析、案例分析等。	10%	目标 1、2
课堂表现	1. 本课程要求每个学生有 1 次课堂报告（专题报告/案例分析报告），每次占比 100%。 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。	10%	目标 1、2
实验	1. 本课程共有 2 次实验，4 个学时。 2. 成绩采用百分制，根据实验完成情况及实验报告撰写评分。 3. 考核学生对知识的综合应用能力。	10%	目标 1、3
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，题型主要有概念题、简答题、分析题等。	70%	目标 1-3

（二）评分标准

考核环节	<60	60-75	75-90	90-100
平时作业	不按时提交作业，问题分析和方案设计存在严重问题，作业完成不认真。	按时提交作业，问题分析基本正确、方案设计基本合理，文献查阅不足。	按时提交作业，问题分析正确，方案设计合理，能够查阅相关文献。要点有，但分析不足。	按时提交作业，问题分析正确，方案设计合理，能够查阅相关文献并进行分析。书写认真、逻辑清楚。
课堂表现	不主动参与讨	能够主动参与	能够参与讨	能够主动参与

	论，被动参与时不能提出解决方案。	讨论，但所提出的方案存在问题；或者被动参与讨论，所提出的方案基本合理。	论，所提出的方案合理。	讨论，所提出的方案合理。
实验	不能完成实验要求，不能得到正确的实验结果，不能从技术角度优选解决方案获得有效的结论。	认真完成实验要求，不能得到正确的实验结果，实验报告步骤叙述清楚，没有正确分析实验数据，但能获得比较有效的结论。	认真完成实验要求，得到正确的实验结果，实验报告步骤叙述比较清楚，正确分析实验数据，获得比较有效的结论。	认真完成实验要求，得到正确的实验结果，实验报告步骤叙述清楚，正确分析实验数据，获得有效结论。
期末考试	按卷面成绩。	按卷面成绩。	按卷面成绩。	按卷面成绩。

五、教材与参考资料

（一）教材

1. 吴树森，严有为，《材料成形界面工程》，化学工业出版社，2006年；
2. 胡福增，《材料表面与界面》，华东理工大学出版社，2016年。

（二）主要参考资料：

1. A. W. 亚当森，《表面的物理化学》，顾惕人译，科学出版社，1984；
2. 田保红，张毅，刘勇，《材料表面与界面工程技术》，化学工业出版社，2021。

六、其它说明

大纲执笔人： 于思荣

审核人（学位点负责人）：

分管院长签字：