Course guide
240EM012 - 240EM012 - Phase Transformations in Metals

Last modified: 26/06/2025

Unit in charge: Barcelona East School of Engineering
Teaching unit: 702 - CEM - Department of Materials Science and Engineering.

Degree: ERASMUS MUNDUS MASTER'S DEGREE IN ADVANCED MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING (Syllabus 2014). (Optional subject).

Academic year: 2025 **ECTS Credits:** 4.5 **Languages:** Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: EMILIO JIMENEZ PIQUÉ - ORLANDO ONOFRE SANTANA PEREZ

Others: EMILIO JIMENEZ PIQUÉ - ORLANDO ONOFRE SANTANA PEREZ

PRIOR SKILLS

Conocimientos básicos de diagramas de fases, reacciones invariables, cristalografía, aleaciones metálicas

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:
CEMCEM-01. (ENG) Aplicar coneixements de matemàtiques, física, química, biologia i altres ciències naturals, obtinguts mitjançant estudi, experiènciea i, pràctica, amb raonament crític per a establir solucions viables a problemes tècnics.
CEMCEM-02. (ENG) Dissenyar i desenvolupar productes, processos, sistemes i serveis, així com l'optimització d'altres ja desenvolupats, atenent a la selecció de materials per a aplicacions específiques

Transversal:
06 URI N1. EFFECTIVE USE OF INFORMATI0N RESOURCES - Level 1. Identifying information needs. Using collections, premises and services that are available for designing and executing simple searches that are suited to the topic.

TEACHING METHODOLOGY

Subject in process of extinction. There is no teaching, the students that enroll it do so only with the right to an exam.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

1. Proporcionar modelos termodinámicos para la predicción de diagramas de fases en aleaciones metálicas.
2. Alcanzar conocimientos avanzados acerca de la termodinámica de la difusión.
3. Proporcionar una base científica sobre: procesos de solidificación en aleaciones metálicas que permitan predecir la formación de frentes planares y columnares; velocidad de migración de interfases; energías en interfases coherentes, semicoherentes e incoherentes; matrices de transformación y de rotación; intercaras de bajo ángulo y tipo Sigma; movilidad de intercaras y de interfases; cinéticas de crecimiento de grano; curvas TTT.
4. Entender los aspectos fundamentales que gobiernan sobre los procesos de nucleación en fase sólida, incluyendo la energía de interfases, y aplicar este conocimiento a la optimización de los tratamientos de maduración de aleaciones Al-Cu con precipitados de metaequilibrio.
5. Alcanzar un conocimiento fundamental sobre la transformación martensítica, relaciones de orientación y matriz de transformación de Bain, variantes martensíticas, bainítas y microestructuras relevantes en aceros al carbono.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	27,0	24.00
Hours small group	13,5	12.00
Self study	72,0	64.00

Total learning time: 112.5 h

CONTENTS

title english

Description:
Termodinámica de los diagramas de fases

1. Conceptos termodinámicos
2. Curvas de energía libre en función de la composición y de la temperatura.
3. Potencial químico y equilibrio termodinámico.
4. Modelos termodinámicos para soluciones sólidas: soluciones ideales y regulares
5. Clasificación de las transformaciones según Ehrenfest.
6. Modelos termodinámicos avanzados y predicción de diagramas de fases

Difusión
1. Derivación de las Leyes de Fick.
2. La difusividad y mecanismos asociados. Difusión en soluciones sólidas.
3. Termodinámica de los procesos difusivos
4. Transformación espinodal

Solidificación
1. Termodinamica de la solidificación y leyes de Arrhenius. Aproximación de Turnbull.
2. Frentes de solidificación y subenfriamiento constitucional.
3. Ecuación de Scheil
4. Solidificación eutéctica.

Nucleación e interfases
1. Termodinámica de la nucleación, tensión superficial y energía de desajuste.
2. Evaluación de la fuerza motriz para la nucleación a partir de las curvas de energía libre.
3. Cinética de la nucleación y del crecimiento
4. Nucleación heterogenea y consideraciones termodinámicas.
5. Velocidad de crecimiento de las interfases
6. Clasificación de las interfases en términos de su coherencia/incoherencia.
7. Mobilidad de las interfases.
8. Precipitación en Al-Cu.

Intercaras
1. Tipos de intercaras y energía de las intercaras. Modelo de Read-Shockley para intercaras de bajo ángulo.
2. Intercaras tipo Sigma y su energía.
3. Matrices de transformación y de rotación. Calculo del valor de Sigma en una intercara.
4. Mobilidad de las intercaras: Modelo de Burke-Turnbull, influencia de la segregación de soluto y la energía interfacial.
5. Cinética del crecimiento de grano.

Curvas TTT
1. Base termodinámica
2. Derivación de la ecuación de Johnson-Mehl-Avrami

Transformaciones militares
1. Generalidades termodinámicas
2. Relaciones de orientación y transformación de Bain en aceros.
3. Transformaciones de plano y de línea invariantes y su relación con la transformación de Bain. Reproducción de la forma y cristalografía correctas de la martensita en aceros. Irracionalidad en las relaciones de orientación.
4. Variantes martensíticas.
5. Microestructuras de las martensitas en aceros.
6. Enfriamientos de no equilibrio en aceros (transformaciónes militares y paramilitares). Mecanismos de formación de placas Widmanstatten, ferrita alotriomórfica vs idiomórfica, bainita superior e inferior. Microestructuras resultantes para mezclas bainíticas, martensíticas y perlíticas.

Mecanismos de endurecimiento

1. Endurecimiento por solución sólida. Distorsión anisotrópica de los átomos de carbono en Fe. Modelos para el anclaje de dislocaciones.
2. Endurecimiento por precipitación y modelos para el corte y circunvalación de precipitados por las dislocaciones. Competencia entre mecanismos y sobre-maduración.
3. Bases mecánicas para el endurecimiento por borde de grano. Relación de Hall-Petch. Nucleación de maclas en bordes de grano y ablandamiento en materiales nanoestructurados (relación inversa de Hall-Petch).
4. Acción de los diversos mecanismos en forma conjunta.

Specific objectives:

Related activities:

Full-or-part-time: 56h
Theory classes: 56h

GRADING SYSTEM

Subject in process of extinction. There is only one final test that corresponds to 100% of the final grade of the subject.