

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: Solidificación
Carrera: Ingeniería en Materiales
Clave de la asignatura: MAM – 0531
Horas teoría-horas práctica-créditos: 4 0 8

2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de Saltillo del 20 al 24 de Septiembre de 2004.	Representantes de las Academias de Ingeniería en Materiales de los Institutos Tecnológicos.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería en Materiales.
Institutos Tecnológicos de Chihuahua, Morelia, Saltillo y Zacatecas.	Academias de la carrera de Ingeniería en Materiales.	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la Reunión nacional de evaluación curricular.
Instituto Tecnológico de Zacatecas del 28 de Febrero al 4 de Marzo de 2005.	Comité de Consolidación de la Carrera de Ingeniería en Materiales.	Definición de los Programas de Estudio de la Carrera de Ingeniería en Materiales.

3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Termodinámica	Conceptos básicos y definición de términos Primera Ley de la termodinámica Segunda Ley de la termodinámica Energía libre		
Física del Estado Sólido	Defectos estructurales Difusión		
Fisicoquímica I	Cambios de estado		
Fisicoquímica II			
Fenómenos de transporte	Transporte de calor Transporte de masa		
Matemáticas I	Derivadas		
Matemáticas II	Integrales Indefinidas y Métodos de Integración		
Matemáticas III	Funciones de varias variables		

b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado

- Estudiar los mecanismos físicos y cinéticos en la transformación de los materiales
- Diseñar y controlar los procesos de solidificación de los materiales

4.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Aplicará los fundamentos de solidificación para analizar los procesos de elaboración de materiales.

5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Nucleación	<ul style="list-style-type: none">1.1 Procesos de Solidificación y transferencia de Calor.<ul style="list-style-type: none">1.1.1 Flujo de calor durante la solidificación1.1.2 Solidificación de fundiciones y Lingotes1.1.3 Procesos de fundición en moldes aislados térmicamente1.1.4 Soluciones prácticas de la regla de Chvorinov para el cálculo del tiempo de solidificación1.2 Aspectos termodinámicos.<ul style="list-style-type: none">1.2.1 Temperatura de solidificación al equilibrio en sistemas macroscópicos de un constituyente1.2.2 Intervalo de solidificación de un sistema policonstituido1.2.3 Efecto de la capilaridad en la temperatura de solidificación1.3 Nucleación homogénea<ul style="list-style-type: none">1.3.1 Teoría clásica1.3.2 Observaciones experimentales Turnbull et al.1.4 Nucleación heterogénea<ul style="list-style-type: none">1.4.1 Cinética de nucleación en el caso de un sustrato plano de talla infinita1.4.2 Inoculación de líquidos (refinación de grano).1.4.3 Efecto de la estructura del sustrato1.4.4 Distribución de sitios de nucleación
2	Crecimiento	<ul style="list-style-type: none">2.1. Estabilidad del frente de crecimiento en un sistema con un constituyente.

		<ul style="list-style-type: none"> 2.1.1. Caso de solidificación columnar 2.1.2. Caso de solidificación equiaxial 2.2. Efecto de segregación de soluto. <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1. Perfil de concentración de soluto delante de la interfase de la solidificación. 2.2.2. Criterio de sobreenfriamiento constitucional 2.2.3. Definición de la capa límite equivalente 2.3. Formación de estructuras en un frente de solidificación no plano <ul style="list-style-type: none"> 2.3.1. Estructura celular 2.3.2. Estructura dendrítica 2.4. Teoría dinámica de la estabilidad de la interfase <ul style="list-style-type: none"> 2.4.1. Teoría de Mullins y Sekerka 2.4.2. Comparación de las predicciones de criterio de sobreenfriamiento constitucional 2.5. Cinética de crecimiento dendrítico <ul style="list-style-type: none"> 2.5.1. Teoría de crecimiento al extremo 2.6. Regla de Chvorinov
3	Crecimientos eutécticos y otros	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Eutécticos <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 Tipos de estructuras eutécticas 3.1.2 Relación entre espaciado laminar, sobreenfriamiento y velocidad de crecimiento en un eutéctico regular 3.2 Peritéticos. <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 Descripción de las etapas de solidificación 3.3 Monotéticos. <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1 3.3.1. Descripción de las etapas de solidificación
4	Solidificación del estado	<ul style="list-style-type: none"> 4.1. Cinética de la nucleación en vidrios

	amorfo	4.2. Condición de obtención de metales amorfos
5	Defectos de solidificación	5.1. Segregación 5.1.1. Segregación en aleaciones metálicas coladas 5.1.2. Microsegregación 5.1.3. Macrosegregación 5.2. Porosidad 5.2.1. Porosidad gaseosa 5.2.2. Porosidad por contracción 5.2.3. Microporosidad 5.2.4. Contracción (rechupe) y su control

6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Solución de ecuaciones de transferencia de masa.
- Solución de ecuaciones de transferencia de calor por convección y conducción.
- Solución de ecuaciones diferenciales parciales.
- Conocimientos de cálculo diferencial e integral.
- Diagramas de energía libre-composición.
- Regla de las fases.
- Interpretar los diagramas de equilibrio

7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Distinguir la nucleación homogénea de la heterogénea mediante la modelación
- Realizar visitas a diferentes tipos de empresas para recopilar información y desarrollar ejemplos prácticos.
- Talleres de solución de casos prácticos tanto en clase como en laboratorio.
- Sesiones grupales de discusión de conceptos.
- Investigación
- Estudio metalográfico de las estructuras de solidificación
- Después de abordar los aspectos teóricos realizar talleres de resolución de problemas experimentos en compuestos transparentes.
- Análisis y exposición de casos prácticos

8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Reportes de visitas
- Seminarios sobre tópicos relacionados con los temas
- Participación y asistencia durante el desarrollo del curso
- Investigaciones en diversas fuentes de información
- Practicas de laboratorio y solución de casos prácticos,
- Participación individual y en grupo
- Exámenes escritos
- Solución de problemas mediante el uso de software

9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1.- Nucleación

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
El estudiante comprenderá y aplicará los factores que determinen el proceso de nucleación.	<ul style="list-style-type: none">• Investigar y exponer la importancia de la solidificación en los procesos de fabricación.• Analizar el efecto de la forma de la extracción de calor durante la solidificación.• Aplicar los conceptos básicos de termodinámica en el proceso de nucleación homogénea y heterogénea.• Simular los parámetros que afectan a la nucleación homogénea y heterogénea.• Interpretar los resultados obtenidos por simulación.• Investigar y relacionar el concepto de inoculación con los mecanismos de nucleación.	1, 2, 3

Unidad 2.- Crecimiento

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá las condiciones de crecimiento de la fase sólida.	<ul style="list-style-type: none">• Investigar y analizar el sobreenfriamiento constitucional y su cinética• Analizar que es lo que ocasiona la Estabilidad del frente de solidificación.	1, 2, 3

	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar las diferentes estructuras obtenidas y determinar sus causas de formación • Aplicar la regla de Chvorinov para estimar el tiempo de solidificación 	
--	--	--

Unidad 3.- Crecimientos eutécticos y otros

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá los factores que afectan el crecimiento de los productos provenientes de reacciones eutécticas, peritéticas y monotéticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender las variables que afectan la morfología y la cantidad de eutéctico en sistemas binarios. • Analizar y discutir en grupo la relación entre espaciado laminar, sobreenfriamiento y velocidad de crecimiento en las estructuras eutécticas. • Investigar los métodos prácticos de modificación de estructuras eutécticas • Predecir mediante una curva de enfriamiento la naturaleza de la estructura de solidificación: eutécticas, peritéticas y monotéticas. 	2, 3, 4

Unidad 4.- Solidificación del estado amorfo

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá cómo controlar el proceso de solidificación para obtener un producto de estructura amorfa.	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las condiciones de solidificación bajo las cuales se puedan obtener materiales de estructuras amorfas. • Aplicar los conceptos de termodinámica fuera de equilibrio para predecir la obtención de una estructura amorfa. 	2, 3, 4, 5

Unidad 5.- Defectos de solidificación

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá cómo controlar y/o evitar los defectos de	<ul style="list-style-type: none"> • Debatir sobre los mecanismos de formación de poros, fenómenos de contracción, segregación, y control 	2, 7, 8

solidificación, así como su influencia en un producto terminado.	contracción, segregación, y control ellos. <ul style="list-style-type: none"> • Uso de software para predecir defectos de solidificación. • Analizar casos prácticos para controlar la contracción durante la solidificación. 	
--	---	--

10.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Bernard, J., Philbert, J. A., Talbot, Michel J. *Metalurgia General*. Masson and GE.
2. Fleming Mertone. *Solidification Processing*. Mc-Graw-Hill
3. *Solidification and Casting of Metals*. The Metal Society.
4. Leslie, W. C. *The Physical Metalurgy Of Steels*. McGraw – Hill.
5. Reed-Hill, Robert E. *Principios de Metalurgia Física*. CECSA, segunda edición.
6. Askeland, Donald R. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Thomson, cuarta edición.
7. Smith, William F. *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. McGraw – Hill , tercera edición.

11.- PRÁCTICAS

- 1 Solidificación en molde de arena y análisis de estructuras.
- 2 Solidificación en molde con sistema de enfriamiento y análisis de estructuras.
- 3 Solidificación en molde metálico y análisis de estructuras.

