

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: Transiciones de fase
Carrera: Ingeniería en Materiales
Clave de la asignatura: MAC – O535
Horas teoría-horas práctica-créditos: 4 2 10

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 y Saltillo.	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	
Asignaturas	Temas
Fisicoquímica II	Diagramas de equilibrio
Física del estado Sólido	Estructura cristalina Difusión

Posteriores	
Asignaturas	Temas

b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado

- Fundamentos teórico - prácticos de las transformaciones de fase en el estado sólido de los materiales para la optimización de los parámetros cinéticos que permitan obtener la mejor combinación de propiedades.

4.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO

Conocerá y comprenderá los mecanismos cinéticos que rigen las transformaciones de fase en estado sólido de los materiales y su relación con su estructura.

5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Diagramas de equilibrio	1.1. Sistemas bifásicos 1.2. Sistemas multicomponentes
2	Cinética de las transformaciones de fase	2.1. Clasificación de las transformaciones de fase 2.2. Nucleación 2.3. Crecimiento 2.4. Diagramas TTT
3	Transformaciones controladas por difusión	3.1. Transformación eutectoide 3.2. Precipitación en estado sólido 3.3. Descomposición espinodal 3.4. Transformación orden – desorden
4	Transformaciones adifusionales	4.1. Características de las transformaciones adifusionales 4.2. Transformación martensítica 4.3. Ejemplos de transformaciones martensítica en sistemas metálicos y

		cerámicos 4.4. Efecto de memoria de forma
5	Transformaciones mixtas	5.1. Transformación bainítica 5.2. Ejemplos de transformaciones mixtas
6	Transformaciones de fase en aceros y fundiciones	6.1. Diagrama Fe-C 6.2. Transformación de la austenita en condiciones de enfriamiento isotérmico y continuo (Diagramas TTT y CCT) 6.3. Tratamientos térmicos típicos 6.4. Oxidación y descarburación
7	Transformaciones de fase en aleaciones no ferrosas	7.1. Tratamiento térmico del Al y sus aleaciones 7.2. Tratamiento térmico del Cu y sus aleaciones
8	Transformaciones de fase en materiales no metálicos	8.1. Transformaciones displazivas y reconstructivas 8.2. Tratamiento térmico del vidrio 8.3. Transición vítrea en polímeros
9	Tratamientos superficiales	9.1. Procesos termoquímicos 9.2. Procesos de deposición de películas delgadas

6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Interpretación de un diagrama de equilibrio
- Tipos de estructuras cristalinas
- Difusión
- Metalografía e identificación de estructuras
- Relación entre estructura y propiedades
- Fisicoquímica I y II

7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Seminarios sobre análisis y aplicación de los diagramas de equilibrio
- Resolución de problemas sobre cinética de transformaciones

- Análisis de artículos técnico científicos sobre los diferentes tipos de transformaciones
- Realizar tratamientos térmicos de materiales en general
- Coloquio sobre prácticas de laboratorio
- Talleres de solución de casos prácticos tanto en clase como en laboratorio.
- Sesiones grupales de discusión de conceptos

8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Exámenes escritos u orales,
- Participación en clase individual y en grupo
- Practicas de laboratorio,
- Reportes de practicas,
- Presentación de seminarios.

9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1.- Diagramas de equilibrio

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
El estudiante comprenderá la importancia técnica científica que tienen los diagramas de equilibrio bifásicos y multifásicos en el control de la microestructura de un material que se enfría en condiciones de equilibrio o fuera de equilibrio.	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir y aplicar cuales son las reglas de construcción de los diagramas de equilibrio • Investigar y analizar los conceptos de equilibrio invariante y univariante • Revisión de conceptos básicos, como son: soluciones sólidas, fases, polimorfismo, alotropía, estructuras cristalinas. • En plenaria discutir las características, tipos, reacciones y ejemplos de diagramas de equilibrio binario. • Analizar el diagrama hierro-carbono, definiendo las fases que intervienen en él. • Identificar la microestructura de una aleación cuando se enfría en condiciones de equilibrio y fuera de equilibrio. • Por equipos analizar las 	1, 2, 9

	características básicas de los diagramas de equilibrio de sistemas multicomponentes.	
--	--	--

Unidad 2.- Cinética de las transformaciones de fase

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá el proceso de nucleación y crecimiento en las transformaciones de fase al estado sólido y los mecanismos que gobiernan la cinética de una transformación.	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y analizar sobre los diferentes sistemas de clasificación de las transformaciones de fase • Por equipos discutir las características de la nucleación homogénea y heterogénea • Conocer la expresión del radio crítico y energía necesaria para la nucleación en condiciones homogéneas • Establecer la importancia de los defectos estructurales para la nucleación heterogénea. • Investigar y analizar en grupos los factores que controlan el crecimiento de una nueva fase • Analizar la expresión que gobierna la cinética de una transformación. • Resolver problemas sobre cinética de una transformación aplicando la ecuación de Jonson-Mehl y ecuación de Arrhenius • Analizar cómo se genera un diagrama TTT, así como los de transformación continua 	2, 3, 4, 5, 6, 9

Unidad 3.- Transformaciones controladas por difusión

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Conocerá las características de las transformaciones controladas por procesos difusivos.	<ul style="list-style-type: none">• Investigar y discutir en plenaria las características de las transformaciones difusionales tipo:<ul style="list-style-type: none">◦ Eutectoide◦ Peritectóide◦ Precipitación en estado sólido◦ Espinodal◦ Orden – desorden• Investigar ejemplos de sistemas metálicos y cerámicos que presenten transformaciones tipo difusional.• Resolver problemas relacionados con la cinética de transformación difusional.	3, 4, 6, 9

Unidad 4.- Transformaciones adifusionales

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Conocerá las características de las transformaciones controladas por un proceso cizallante o adifusional.	<ul style="list-style-type: none">• Realizar un análisis de las características de la transformación martensítica en los aceros.• Investigar ejemplos de sistemas metálicos y cerámicos que presenten transformaciones tipo martensítico• Realizar ensayos de artículos técnico científicos sobre la transformación martensítica y los fenómenos de memoria de forma• Investigar que materiales son susceptibles de transición adifusional en la transformación de sus fases.• Investigar las condiciones que facilitan las transiciones adifusionales.	9, Paginas WEB especializadas

Unidad 5.- Transformaciones Mixtas

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Conocerá las características de la transformaciones mixtas o intermedias.	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en plenaria las características de las transformaciones mixtas. • Discutir en grupos las características de la transformación bainítica en los aceros. • Realizar ensayos y presentación en clase de artículos técnico científicos sobre transformaciones tipo bainítica. 	Paginas WEB especializadas

Unidad 6.- Transformaciones de fase en aceros y fundiciones

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá cómo se pueden obtener diferentes estructuras al controlar el mecanismo de enfriamiento en aceros y fundiciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Construir el diagrama de equilibrio Fe-C. • Discutir la influencia de los elementos de aleación sobre la estabilidad de la ferrita, austenita y susceptibilidad al tratamiento térmico. • Analizar el proceso y control del austenizado. • Analizar la influencia del tamaño de grano de la austenita, así como de los aleantes en el control de la transformación. • Determinar tiempo y temperatura de austenizado en diferentes aceros. • Investigar sobre las variantes de los diagramas TTT. • Analizar los diferentes posibles tipos de productos (martensita, y perlita y bainita en sus diferentes presentaciones). • Realizar una tabla con las características, diferencias y condiciones de aplicación más importantes de los diagramas TTT isotérmicos y de enfriamiento continuo. • Sobre un diagrama TTT, trazar ciclos 	4, 6, 7, 8, 11, 12. 13, 14

	<p>térmicos de enfriamiento continuo e isotérmico y describir el tipo de estructura resultante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discutir el concepto de templabilidad y las variables que lo afectan • Explicar la importancia del uso de atmósferas protectoras cuando se realiza un tratamiento térmico • Analizar lo que es el Temple, el recocido, el martempering, el austempering y el normalizado. • Investigar cómo controlar la oxidación y de la decarburización al aplicar los tratamientos térmicos a los aceros. 	
--	--	--

Unidad 7.- Transformaciones de fase en aleaciones no ferrosas

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Identificará los cambios microestructurales y en propiedades que experimentan las aleaciones base aluminio y base cobre cuando se someten a un ciclo de tratamiento térmico.	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las características que debe reunir una aleación no ferrosa para ser tratable térmicamente. • Realizar una clasificación de las aleaciones de aluminio e identificar las aleaciones tratables térmicamente. • Analizar los mecanismos de endurecimiento de las aleaciones de aluminio tratables térmicamente. • Analizar el endurecimiento por oxidación interna en el Al. • Realizar un tratamiento térmico de envejecido sobre una aleación base aluminio y construirá la curva de envejecido. • Realizar una clasificación de las aleaciones de cobre y distinguir las tratables térmicamente. • Analizar los cambios en propiedades que exhiben las aleaciones de cobre cuando son sometidas a tratamiento térmico. • Analizar el temple martensítico en latones y bronce de estaño y aluminio. 	8, artículos en la WEB o en revistas científicas especializadas

Unidad 8.- Transformaciones de fase en materiales no metálicos

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>Identificará los cambios microestructurales y en propiedades que experimentan los vidrios y polímeros cuando se someten a un ciclo térmico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la similitud entre: <ul style="list-style-type: none"> ◦ transformaciones displasivas y difusivas ◦ Transformaciones reconstructivas y martensíticas • Conocer las reacciones de precipitación que se presentan en cerámicos y semiconductores • Buscar ejemplos de ambos tipos de transformaciones para materiales cerámicos y polímeros. • Analizar los cambios microestructurales y en propiedades del vidrio cuando es sometido a recocido y/o temple. • Describir en que consiste la transición vítrea en un polímero. 	<p>9, artículos en la WEB o en revistas científicas especializadas</p>

Unidad 9.- Tratamientos superficiales

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>Conocerá los diferentes procesos para modificar la composición química y propiedades de la superficie de un material.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una clasificación de los procesos clásicos y de tecnología avanzada para modificar la composición química superficial de un material. • Presentar en seminario las características básicas de los procesos clásicos de cementación, nitruración en fase gaseosa y los procesos por plasma, así como los procesos de depositación física y fase vapor (CVD, PDV). • Analizar los cambios microestructurales y en propiedades resultante de los tratamientos superficiales. 	<p>6, 8,10 artículos en la WEB o en revistas científicas especializadas</p>

10.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Rhines, F. N. *Phase Diagrams in Metallurgy*. McGraw –Hill.
2. Cottrell, Allan. *An Introduction to Metallurgy*. 2a. edición.
3. Porter, D. A. y Easterling, K. E. *Phase Transformations in Metals and Alloys*. Van Nostrand Reinhold
4. Shewmon, Paul G. *Transformation in Metals: Materials Science and Engineering Series*. McGraw –Hill.
5. Burke, J. *The Kinetics of the Phase Transformations in Metals*. Pergamon Press
6. Grinberg, D. M. K. *Tratamientos Térmicos de los Aceros y sus Prácticas de Laboratorio*. Limusa.
7. Scherman, W. *Temple del Acero*. Aguilar.
8. *Metal's Handbook, vol. 4. Heat Treating*. ASM.
9. Kingery, W. et al. *Introduction to Ceramics*. John Wiley & Sons
10. Smith, D. L. *Thin Film Deposition*. McGraw –Hill
11. Hoeycombe, R. W. *Temple del Acero*. ASM.
12. Leslie, W. C. *The Physical Metallurgy of Steels*. McGraw –Hill.
13. *Decarburización*. The Airon and Steel Institute
14. Prof. Ing. Chiaverini, Vicente. *Aceros y Fundiciones de Hierro*. Instituto Latinoamericano del Hierro y el Acero (ILAFA).
15. Driver, Walter E. *Química y Tecnología de los Plásticos*. CECSA.
16. Dolores Lozano, Elvia. *Introducción a la Ciencia de los Polímeros: Ingeniería en Materiales (Libro de Texto) Rodríguez*. Instituto Tecnológico de Chihuahua.
17. Reed – Hill, Robert E. *Principios de Metalurgia Física*. C.E.C.S.A.
18. Askeland, Donald R. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Thomson, Pradee Phulé.
19. Sydney, Avner. *Introducción a la Metalurgia Física*. McGraw –Hill, Pradee.
20. Smith, William F. *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. McGraw –Hill.

21. King, Frank. *El Aluminio y sus Aleaciones*. LIMUSA.
22. *The Properties of Aluminium and its Alloys*. Aluminium Federation.
23. Pere Molera, Solá. *Tratamientos Térmicos de los Metales*.

11.- PRÁCTICAS

- 1 Cinética de la transformación en el estado sólido
- 2 Ensayo de templabilidad
- 3 Efecto de la velocidad de enfriamiento sobre la templabilidad
- 4 Tratamientos térmicos convencionales
- 5 Determinación de temperaturas de transición en materiales no metálicos (TGA, DTA, DSC y/o Dilatometría)
- 6 Tratamiento termoquímicos