

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Conformado de Metales</b>
Carrera: <b>Ingeniería en Materiales</b>
Clave de la asignatura: <b>MAM – 0505</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos: <b>3 2 8</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Saltillo del 20 al 24 de septiembre del 2004.	Representantes de las academias de Ingeniería en Materiales de los Institutos Tecnológicos de Chihuahua, Irapuato, Morelia, Querétaro, Saltillo y Zacatecas.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería en Materiales.
Institutos Tecnológicos de Chihuahua, Saltillo 21 de enero del 2004.	Academias de Ingeniería en Materiales	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas elaborados en la Reunión Nacional de Evaluación Curricular.

## 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

### a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

<b>Anteriores</b>		<b>Posteriores</b>	
<b>Asignaturas</b>	<b>Temas</b>	<b>Asignaturas</b>	<b>Temas</b>
Química Inorgánica	Compuestos químicos: Tipos, nomenclatura, reacciones e impacto económico y ambiental Estequiometría		
Física del Estado Sólido.	Estructuras Cristalinas I Estructura Cristalina II		
Comportamiento mecánico de los materiales	Teoría de elasticidad Teoría de plasticidad		
Fisicoquímica II	Cinética química		

**b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado**

- Conocer, seleccionar e identificar los diferentes procesos de conformado.
- Optimizar y controlar los procesos de conformado.

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

Conocerá los fundamentos metalúrgicos y cambios microestructurales que ocurren en los materiales cuando son sometidos a un proceso industrial de conformado para obtener el producto.

## 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Hornos de recalentamiento de metales.	1.1 Tipos de hornos de recalentamiento 1.2 Combustión 1.3 Cinética de la Oxidación 1.4 Factores que afectan la cinética de la oxidación.
2	Conformado en Caliente	2.1 Laminación 2.1.1 Fundamentos de la determinación de cargas en laminación. 2.1.2 Teoría de Sims para laminación en caliente. 2.1.3 Laminación de formas 2.1.4 Problemas y defectos en los productos. 2.2 Forja 2.2.1 Clasificación de los procesos de forja 2.2.2 Equipos de forja 2.2.3 Deformación plana en forja 2.2.4 Cálculo de cargas en forja 2.2.5 Defectos en forja. 2.3 Estampado 2.3.1 Clasificación de los procesos de estampado 2.3.2 Defectos de estampado 2.4 Extrusión 2.4.1 Clasificación de los procesos de Extrusión. 2.4.2 Equipos de extrusión 2.4.3 Extrusión en caliente 2.4.4 Extrusión de tubos 2.5 Fabricación de Tubos 2.5.1 Fabricación de tubos sin costura 2.5.2 Fabricación de tubos con costura

3	Conformado en Frío	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Laminación <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1.1 Teoría de Bland y Ford para laminación en frío.</li> <li>3.1.2 Equipos para laminación en frío</li> <li>3.1.3 Cálculo de cargas de laminación</li> </ul> </li> <li>3.2 Conformado de chapa</li> <li>3.3 Trefilado (estirado) <ul style="list-style-type: none"> <li>3.3.1 Tratamiento superficial</li> <li>3.3.2 Cargas de trefilado</li> <li>3.3.3 Trefilado de barras</li> <li>3.3.4 Trefilado de alambres</li> <li>3.3.5 Análisis de trefilado</li> <li>3.3.6 Trefilado de tubos</li> </ul> </li> <li>3.4 Troquelado</li> <li>3.5 Lubricación</li> </ul>
4	Metalurgia de polvos	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.1 Procesos de Fabricación de Polvos Metálicos <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1.1 Procesos de atomización</li> <li>4.1.2 Procesos de reducción química</li> <li>4.1.3 Procesos Electrolíticos</li> <li>4.1.4 Procesos Mecánicos</li> </ul> </li> <li>4.2 Conformado de Polvos Metálicos <ul style="list-style-type: none"> <li>4.2.1 Tratamiento de los polvos</li> <li>4.2.2 Mezclado</li> <li>4.2.3 Lubricación</li> <li>4.2.4 Compactado uniaxial en matriz rígida</li> <li>4.2.5 Compactado isostático en frío</li> </ul> </li> <li>4.3 Sinterización <ul style="list-style-type: none"> <li>4.3.1 Atmósferas de sinterización</li> <li>4.3.2 Etapas de sinterización</li> <li>4.3.3 Termodinámica del sinterizado</li> </ul> </li> </ul>

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Fundamentos de Fisicoquímica II
- Teoría de la elasticidad
- Mecanismos de deformación plástica
- Propiedades mecánicas
- Diagramas de equilibrio

## 7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- 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.
- Organizar sesiones grupales de discusión de conceptos.
- Promover la investigación de los procesos de conformado entre los estudiantes.

## 8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Exámenes escritos y orales.
- Prácticas de laboratorio.
- Reportes de visitas.
- Participación individual y en grupo.
- Exposición.

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1.- Hornos de recalentamiento de metales

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
El estudiante conocerá los diversos tipos de hornos para el recalentamiento de metales, así como los diferentes tipos de atmósferas propias para la protección contra la oxidación.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analizar en clase la teoría de la combustión</li><li>• Comprender y Analizar la cinética y los factores que afectan la oxidación</li><li>• Analizar los distintos tipos de hornos para su selección de acuerdo al tipo de material.</li><li>• Explicar los fenómenos de crecimiento de grano, disolución de partículas así</li></ul>	6, 5, 8, 7

	como la homogenización durante el recalentamiento de metales.	
--	---	--

## Unidad 2.- Conformado en caliente

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Conocerá los procesos de conformado en caliente de los metales así como los distintos productos, sus propiedades y usos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y discutir en plenaria el proceso de laminación continua y controlada en caliente.</li> <li>• Ilustrar el mecanismo de recuperación y recristalización dinámica.</li> <li>• Determinar las cargas de laminación así como el torque producido como efecto de la laminación en caliente a partir de las condiciones geométricas y los esfuerzos de cedencia de los metales.</li> <li>• Analizar y comprender los procesos de forja con matriz abierta y matriz cerrada.</li> <li>• Analizar las propiedades obtenidas en el forjado para definir el tratamiento térmico de adecuación</li> <li>• Analizar el proceso de estampado y materiales aptos para este.</li> <li>• Resolver problemas de la fuerza necesaria para deformación mediante estampado o compresión.</li> <li>• Analizar el proceso de extrusión de los materiales así como la importancia del control de las variables.</li> <li>• Realizar una búsqueda en diferentes fuentes de información sobre los métodos de fabricación de tubos con costura y sin costura, presentar conclusiones en clase.</li> </ul>	<p>1, 2, 3, 4, 5, 7, 8</p>

**Unidad 3.- Conformado en frío**

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Conocerá el proceso de laminación en frío, los parámetros que en se involucran.</p> <p>Conocerá los métodos de formado de piezas metálicas a partir de lamina.</p> <p>Comprenderá los efectos de anisotropía y límite de cedencia sobre los defectos de formado de piezas mediante los procesos de troquelado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizará el proceso de laminación en frío en sus 4 etapas: decapado, reducción, recocido y temple mecánico para comprender el proceso integral.</li> <li>• Realizará un estudio de los diferentes métodos de formado de piezas metálicas a partir de lamina, haciendo hincapié en los fenómenos de cedencia y los defectos producidos.</li> <li>• Analizará el proceso de perfilado viendo ventajas y desventajas con otros procesos, así como sus productos.</li> <li>• Describir el proceso de troquelado en frío.</li> <li>• Investigar la influencia de la lubricación en estos procesos.</li> </ul>	<p>1, 2, 3, 4, 5, 7, 8</p>

**Unidad 4.- Metalurgia de polvos**

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
<p>Conocerá los procesos de fabricación de polvos metálicos, así como sus propiedades fundamentales, fenómenos que ocurren durante la sinterización y los efectos que producen las variables que intervienen durante la conformación de polvos metálicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un diagrama de flujo de la ruta de fabricación de piezas metálicas mediante el proceso de metalurgia de polvos, y los métodos de obtención de polvos.</li> <li>• Analizar los métodos básicos de la fabricación de polvos metálicos y su aplicación en la industria.</li> <li>• Comparar las propiedades de los polvos de acuerdo a su método de fabricación.</li> <li>• Analizar las técnicas de compactado uniaxial en matriz rígida, isostático en frío y técnicas alternativas así como las variables involucradas en la densificación del cuerpo en verde.</li> <li>• Estimar el efecto de la presión de</li> </ul>	<p>1, 2, 3</p>

	<p>compactación en la porosidad y la resistencia en verde de los compactados y resolver problemas relacionados con el tema.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y discutir el proceso de sinterización y su relación con los cambios dimensionales y densificación del producto.</li> <li>• Clasificar las diferentes atmósferas utilizadas durante la sinterización.</li> <li>• Investigar y exponer las aplicaciones de la metalurgia de polvos para la fabricación de compuestos metálicos.</li> </ul>	
--	---	--

## 10.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Kalpakjian – Schmid. *Manufactura Ingeniería y Tecnología*. Prentice Hall.
2. Mikell, P. Groover. *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Prentice Hall.
3. Chiles – Black – Lissaman – Martin. *Ingeniería de Manufactura*. CECSA
4. Schaffer – Saxena – Antovich – Sanders – Warner. *Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería*. CECSA.
5. Raymond, A. Higgins. *Ingeniería Metalúrgica*. CECSA.
6. Astigarraga Urquiza, Julio. *Hornos Industriales de Resistencia*. Mc.Graw – Hill.
7. Kudrin, V. A. *Metalurgia del Acero*. Mir.
8. *Properties and Selection: Iron, Steels, and High-Performance Alloys*. *Metals Handbook* ASM, Volume 1.

## 11.- PRÁCTICAS

- 1 Realizar visitas a plantas de laminación, forja, estampado, extrusión y fabricación de tubos.
- 2 Fabricación de polvos de cobre por medio de electrodeposición



- 3 Compactado de polvos en matriz metálica
- 4 Determinación de la densidad en verde de los compactados.
- 5 Sinterización de compactados en verde
- 6 Determinación de porosidad en sinterizados por microscopia óptica.