

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

CUARTO CURSO PANAMERICANO DE METALURGIA
CALENDARIO Y PROGRAMA
(CICLO BASICO)

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - Marzo 1968

Con la cooperación de:

Banco Interamericano de Desarrollo, dentro de los propósitos generales de la Alianza para el Progreso.

Consejo Británico de Relaciones Culturales

Fundación Ford.

*Servicio de Cooperación Técnica de la
Dirección General de Asuntos Culturales y Técnicos
del Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia.*

*Organización de las Naciones Unidas para la
educación, la ciencia y la cultura (UNESCO)*

Becas otorgadas por:

Astarsa

Armada Argentina

Comando en Jefe del Ejército

Hojalata y Lámina S.A. (México)

Siam Electromecánica S.A.

Organización de los Estados Americanos (OEA)

CALENDARIO

	Hs.	Lunes 11	Martes 12	Miércoles 13	Jueves 14	Viernes 15
	9	Iniciación	1		1	1
MARZO	14	1	TP1	TP1	TP1	TP1
		Lunes 18	Martes 19	Miércoles 20	Jueves 21	Viernes 22
	9	1	1		1	1
	14	TP1/S	TP1	TP1	TP1	TP1
		Lunes 25	Martes 26	Miércoles 27	Jueves 28	Viernes 29
	9	1	1		1	1
	14	TP1/S	TP1	TP1	TP1	TP1
		Lunes 1	Martes 2	Miércoles 3	Jueves 4	Viernes 5
ABRIL	9		Examen	2	3	2
	14			TPG	TPG	TPG
		Lunes 8	Martes 9	Miércoles 10		
	9	2	3	2		
	14	TPG/S	TPG	TPG		
		Lunes 15	Martes 16	Miércoles 17	Jueves 18	Viernes 19
	9	2	3		2	3
	14	TPG/S	TPG	TPG	TPG	TPG
		Lunes 22	Martes 23	Miércoles 24	Jueves 25	Viernes 26
	9	Examen	4	4	4	4
	14		TP4	TP4	TP4	TP4
		Lunes 29	Martes 30			
	9	4	4			
	14	TP4/S	TP4			

CALENDARIO

	Hs.				Jueves 2	Viernes 3
					4	4
MAYO	14				TP4	TP4
		Lunes 6		Miércoles 8	Jueves 9	Viernes 10
	9			Examen	5	5
	14	TP4/S			TPG	TPG
		Lunes 13	Martes 14	Miércoles 15	Jueves 16	Viernes 17
	9	5	5		5	5
	14	TPG/S	TPG	TPG	TPG	TPG
		Lunes 20	Martes 21	Miércoles 22	Jueves 23	Viernes 24
	9	5	5	5		
	14	TPG/S	TPG	TPG	TPG	TPG
		Lunes 27	Martes 28	Miércoles 29	Jueves 30	Viernes 31
	9	Examen	6		7	6
	14		TPG	TPG	TPG	TPG
JUNIO		Lunes 3	Martes 4	Miércoles 5		Viernes 7
	9	7	6	7		7
	14	TPG/S	TPG	TPG		TPG
		Lunes 10	Martes 11	Miércoles 12		Viernes 14
	9	7	6	7		7
	14	TPG/S	TPG	TPG		TPG
		Lunes 17	Martes 18	Miércoles 19		Viernes 21
	9	7	6	7		7
	14	TPG/S	TPG	TPG		TPG
		Lunes 24	Martes 25	Miércoles 26	Jueves 27	Viernes 28
	9	8	7	8	7	8
	14	TPG/S	TPG	TPG	TPG	TPG
JULIO		Lunes 1			Jueves 4	Viernes 5
	9	8			Examen	Examen
	14					

CLAVE DE MATERIAS

1	Introducción a la Metalurgia Prof. Ing. J. Kittl e Ing. D. Vassallo 12 clases teóricas
TP1	14 clases prácticas
2	Solidificación y Fundición Prof. Ing. H. Biloni 6 clases teóricas
3	Instrumental Prof. Dr. L.E. Boschi 4 clases teóricas
4	Cristalografía y Difracción de Rayos X Prof. Dr. A. Bonfiglioli 8 clases teóricas
TP4	9 clases prácticas
5	Metalurgia Física Prof. Dr. A. Funes 9 clases teóricas
6	Transformación de fase y Tratamientos Térmicos Prof. Ing. J. Mazza 5 clases teóricas
7	Comportamiento mecánico y Trabajado de metales Prof. Ing. C. Martínez Vidal 12 clases teóricas
8	Fundamentos de la Metalurgia Moderna Prof. Dr. A.G. Quarrell 4 clases teóricas
TPG S	44 clases prácticas Seminarios

PROGRAMAS

1. INTRODUCCION A LA METALURGIA

Prof. Ing. J. Kittl
Ing. D. Vassallo

1. Qué es un metal? Metales y otros materiales. Tipos de uniones. Cristales.
Estructuras tipo de metales. Metales puros. Qué es pureza?
2. Preparación de superficies. Pulido mecánico, electrolítico y químico. Ataque metalográfico. Observación microscópica. Diversas técnicas.
3. Deformación de metales: deslizamiento y maclas. Cristales imperfectos: rol de las imperfecciones. Vacancias. Difusión. Qué son dislocaciones?
- 4.
4. Principios de termodinámica. 1º y 2º Principio. Energía interna, entropía, energía libre. Potenciales químicos.
5. Diagramas de equilibrio: Equilibrio entre fases. Tipos de diagrama: Eutécticos y peritécticos; eutectoides y peritectoides.
6. Solidificación. Principios. Nucleación y crecimiento. Solidificación de metales puros y soluciones sólidas.
7. Soluciones sólidas: orden-desorden y clustering. Soluciones sólidas sustitucionales e intersticiales.
Compuestos intermetálicos. Reglas de Hume Rothery. Propiedades de intermetálicos.
8. Transformaciones en estado sólido. Clasificación, nucleación y crecimiento. Precipitación. Transformación masiva.
9. Transformaciones en aceros. Perlita, Martensita y Bainita. Principios básicos.

TP. 1 - CLASES PRACTICAS

1. El uso del microscopio.
2. Pulido químico electrolítico y mecánico. Deformación superficial Zn.
3. Observación de metales deformados.
4. Recristalización: recocido de un metal deformado.
5. Eutécticos. Análisis térmico en Cd-Zn y observación metalográfica de otros casos.
6. El sistema Cu-Sn. Observación metalográfica.
7. El Diagrama FeC. Observación metalográfica. Fundiciones. Acero.

2. SOLIDIFICACION Y FUNDICION

Prof. Ing. H. Biloni

I SOLIDIFICACION

1. Introducción:
Nucleación: homogénea
heterogénea
2. Crecimiento en metales puros
 - a) Crecimiento en un gradiente positivo de temperatura.
 - b) Crecimiento en un gradiente negativo de temperatura.Crecimiento dendrítico
Cristalografía
Direcciones de crecimiento
Velocidad de crecimiento
 - c) Orientaciones preferenciales en metales puros
Orientación preferencial para interface plana
Orientación preferencial para crecimiento dendrítico
3. Redistribución del soluto
 - a) coeficiente de distribución
de equilibrio
efectivo
 - b) Distribución de soluto en presencia de una interface plana
equilibrio en todo momento
hipótesis de Pfann (mención de fusión zonal)
hipótesis de Tiller, Jackson, Rutk y Chalmers

4. Sobreenfriamiento constitucional
5. Subestructuras de Segregación
Evolución de la subestructura celular
Transición a celular - dendrítica
Nucleación en frente de la interface

6. Segregación
Microsegregación
Intercelular
Interdendrítica
Intergranular e intersubgranular

Macrosegregación
Normal
Inversa
Por gravedad
Bandeado

7. Eutécticos

II FUNDICION

1. Flujo del líquido en el moldeo
 - a) viscosidad
 - b) fluidez
2. Extracción calórica a través del molde
Velocidad de solidificación
Fundición continua
3. Tensiones térmicas durante la solidificación
4. Estructuras de fundición
 - a) Introducción
 - b) Macroestructuras en un lingote
zona equiaxial exterior
zona columnar
zona equiaxial interior
teorías de formación sobre las diferentes estructuras.
 - c) relación entre la subestructura de segregación y la macroestructura
crecimiento predendríticos
 - d) Efecto de condiciones externas sobre la macro y microestructura
convección forzada y retardada
efecto de la vibración
movimiento del líquido por rotación o efecto de la vibración
 - e) estructura de la fundición continua.

5. Segregación en los lingotes
6. Cambios de volumen durante el proceso de solidificación
 - a) Rechupe
 - b) Formación de cavidades
 - c) Porosidad
 - d) Blowholes
7. Topografía superficial debido al proceso de solidificación

3. INSTRUMENTAL

Prof. Dr. Luis Boschi

1. Medición de energía eléctrica. Tensión, Intensidad, Potencia. El "tester".
Resistencia: El puente de Wheastone. Instrumentos comerciales.
2. Pirometría: Termocuplas. Variación de Resistencia. Radiación. Desaparición de filamento.
3. Controladores: mecánicos, electrónicos, "on off", proporcionales, a programa.
4. Registadores: alta y baja velocidad, oscilógrafos, osciloscopios, potenciométricos.
5. Hornos y Refractarios. obtención de altas temperaturas, hornos eléctricos, distintos materiales calefactores, hornos a llama, crisoles. Baños de Sales.
Seguros: protección de hornos.
Cálculo elemental de hornos de baja potencia.
6. Bajas Presiones: sistemas de bombeo. Bombas mecánicas y difusoras trampas de vacío.
Ultra alto Vacío. Bombas iónicas.
Medición de bajas presiones: distintos manómetros.
Detección de pérdidas.
Soldadura metal-vidrio, cerámica-vidrio, evaporación en alto vacío, metalización.
7. Células Fotoeléctricas: de vacío, con gas, fotoemisoras, fotoresistivas, circuito de aplicación en control.
8. Ensayos no destructivos: Magnaflux, Ultrasonido, Cammagráfia, Medición de deformaciones. Bandas Ohmicas.

9. Diseño de Instrumental. Herramientas mecánicas de precisión: el torno, la fresa, Soldaduras. Moldeo y fundición. Construcciones desarmables. Bibliografía, libros, revistas, folletos técnicos.

4. CRISTALOGRAFIA Y DIFRACCION DE RAYOS X

Prof. Dr. A. Bonfiglioli

I. CRISTALOGRAFIA

1. Estructura reticular de los Sólidos cristalinos. Redes geométricas planas y espaciales: celdas, filas y planos reticulares. La red recíproca y deducción en base a ella de las propiedades de las redes. Redes de Bravais en el plano en el espacio. Estructura atómica de los sólidos: la relación fundamental: cristal = red + motivo.
2. Simetría geométrica de los cristales. Geometría macroscópica. Elementos de Simetría. Nomenclatura de Herman-Mauguin. Los grupos puntuales y los sistemas cristalinos. Geometría microscópica. Breves nociones de los grupos espaciales. Puntos equivalentes. Representación de estructuras metálicas por empaquetamiento de esferas rígidas. Estructuras tipo: nomenclatura "Strukturbericht".
3. La proyección estereográfica. Generación y propiedades. Su aplicación a la representación de grupos de simetrías. La proyección standard. (La mayor parte de este capítulo será desarrollada en forma de problemas de aplicación).
4. Estructura atómica de los metales. Estructura cristalina de los elementos y su posición en la tabla periódica. Estructuras bcc, fcc y hcp. Intersticios octaédricos y tetraédricos en esas estructuras. Descomposición de vectores en redes cristalinas metálicas. Nociones de fallas de apilamiento y maclas. Representación en la proyección estereográfica.
5. Estructura atómica de aleaciones. Aspectos cristalográficos de las soluciones sólidas sustitucionales e intersticiales. Estructura de fases intermedias. Super estructuras. Tipos principales L1₂, B₂, L1₀, L1₁, L2₁. Precipitación: Relaciones de orientación precipitado-matriz. Uso de la proyección estereográfica.

II DIFRACCION DE RAYOS X

1. Difracción de ondas por los cristales
Difracción por redes de puntos: condiciones de Laue; ley de Bragg. La difracción en la red recíproca: esfera de Ewald. Difracción por un cristal: Amplitud estructural.
2. Los rayos X
Producción. El espectro continuo y el espectro característico.

Interacción con la materia: absorción, uso de los cantos de absorción; difusión por un electrón libre: fórmula de Thomson y efecto de Compton; difusión por un átomo: el factor atómico de difusión y sus anomalías. Difracción por un cristal: el factor de estructura. El poder reflector: necesidad de su definición. Enunciado de la fórmula del poder reflector de un cristal pequeño. Poder reflector de un cristal macroscópico: breve idea de las teorías cinemática y dinámica.

3. Métodos experimentales

Métodos de cristal único: idea somera del método de cristal giratorio; el método de Laue en reflexión. El método de Debye-Scherrer: distintos montajes experimentales (Cámara cilíndrica, cámara de Seeman-Bohlin, cámara de Guinier, difractómetro). Interpretación de resultados: indexado de diagramas cúbicos, tetragonales y hexagonales. Expresión del poder reflector de un polvo cristalino.

4. Aplicaciones de los métodos radiocristalográficos

Determinación de estructuras cristalinas: la serie de Patterson. Análisis radiocristalográfico cuali y cuantitativo. Aplicaciones de las medidas precisas de parámetros reticulares: análisis de fases en aleaciones; determinación de tensiones residuales. Textura de agregados policristalinos: figuras de polo.

5. Efectos de las imperfecciones cristalinas en la difracción.

Determinación de estructuras cristalinas: fórmula de Scherrer. Formulación elemental de la teoría de la difracción por cristales imperfectos: desórdenes de desplazamiento. Vibraciones térmicas de los átomos, fallas de apilamiento, estructura de metales deformados. Desorden de sustitución: orden de largo y corto alcance. Los parámetros de orden y la determinación experimental. Segregación: zonas de Guinier-Preston.

TP. 4 - TRABAJOS PRACTICOS

1. Problemas

- 1) Redes y celdas unitarias. Índices de Miller.
- 2) Simetría y grupos puntuales. Redes de Bravais
- 3) Proyección Estereográfica
- 4) Grupos espaciales
- 5) Posiciones intersticiales
- 6) Proyecciones de la red recíproca de cristales cúbicos sobre distintos planos y uso de la esfera de Ewald
- 7) Ejercicios sobre el factor de difusión y sus anomalías
- 8) Cálculo de factores de estructura.

2. Trabajo en laboratorio

Obtención e interpretación de diagramas:

- 1) método de Laue en reflexión
- 2) método de D.S.: uso de la cámara cilíndrica y de la cámara de Guinier

- 3) medidas de intensidad con el difractorómetro
- 4) determinación de la figura de polos para una chapa laminada con un goniómetro de figuras polares automático.

5. METALURGIA FISICA

Prof. Dr. Amílcar J. Funes

1. Estados condensados de la materia
Estructura del átomo. Mecánica atómica. El concepto de probabilidad. Estados cuánticos. Cohesión. Unión iónica. Unión van der Waals, Unión covalente, Unión metálica.
2. Electrones en metales
Modelo clásico. Modelo de Sommerfeld. Superficie Fermi. Modelo de bandas. Conducción eléctrica. Regla de Mathiessen. Estudio experimental de la superficie Fermi: la magnetoresistividad como ejemplo. Superconductividad. Conducción térmica: conducción electrónica y contribución de la red. Coeficientes macroscópicos de transporte. Poder termoeléctrico. Termocupla.
3. Propiedades magnéticas
Magnetismo atómico. Dominios magnéticos. Materiales magnéticamente duros y magnéticamente blandos. Magnetostricción.
4. Imperfecciones geométricas de los cristales
Defectos puntuales. Concentración de equilibrio. Defectos lineales. Defectos bidimensionales. Defectos tridimensionales.
5. Difusión
Teoría atómica. Mecanismos de difusión. Variables que afectan la difusión.
6. Plasticidad de cristales
Revisión de conceptos fundamentales de elasticidad. Ley de Hooke. Energía elástica. Campo de tensiones alrededor de una dislocación. Deformación de monocristales. El ensayo de tracción. Estática y dinámica de dislocaciones. Fuerza sobre una dislocación. Velocidad de deformación. Multiplicación. Movimiento. Dislocaciones extendidas. Intersección. Deformación de monocristales puros e impuros. Influencia de la velocidad y de la temperatura.

6. TRANSFORMACIONES DE FASE Y TRATAMIENTOS TERMICOS

Prof. Ing. J. Mazza

1. Transformaciones en estado sólido: clasificación. Transformaciones controladas por difusión: masiva y tipo perlítica. Cinética.
2. Transformación sin difusión (martensita): teorías. Casos Fe-C y CuZn.
3. Transformación isotérmica: curvas TTT. Enfriamiento continuo, diagramas. Su aplicación. Caso Fe-C: Perlita-Bainita-Martensita.
4. Tratamientos térmicos: equipos y técnicas. Recocido y Normalizado.
5. Templado y Revenido. Templabilidad y sus métodos de medida. Austempering y Martempering.

7. COMPORTAMIENTO MECANICO Y TRABAJO DE METALES

Prof. Ing. C. Martínez Vidal

1. Introducción al trabajo de metales
2. Notación tensorial
3. Análisis de tensiones
4. Análisis de deformaciones
5. Relaciones tensión-deformaciones
6. Métodos de solución de problemas de trabajo
 - a) de energía uniforme de deformación
 - b) de "bloque" ("Slab")
 - c) viscoplasticidad
 - d) campo de deslizamiento ("slip-line field")
 - e) teoremas de límite inferior y superior
7. Problemas de fricción y lubricación
8. Recuperación y recristalización
9. Procesos de forjado

10. Procesos de laminación
11. Procesos de trafilación
12. Otros procesos tradicionales
13. Tendencias actuales en el trabajado de metales

8. FUNDAMENTOS DE LA METALURGIA MODERNA

Prof. Dr. A.G. Quarrell

Este curso comprenderá una serie de clases y seminarios en las que se analizarán críticamente los conceptos fundamentales de la Metalurgia Moderna, su origen, su importancia actual y su proyección futura en la Metalurgia Física y en la Metalurgia Tecnológica.

TPG - TRABAJOS PRACTICOS GENERALES

Prof. Dra. S.V. de Tanis

1. Solidificación y fundición. Estudio del sobrecalentamiento y efecto del soluto sobre la estructura de fundición.
2. Estudio del envejecimiento de aleaciones ligeras.
3. Influencia de los tratamientos térmicos en la estructura de las aleaciones hierro carbono.
4. Transformaciones isotérmicas de un acero especial (perlita, bainita, martensita).
5. Ensayo Jominy.
6. Estudio de la deformación plástica en metales y aleaciones.
7. Estudio de la estricción. Deformación crítica.
8. Deformación en frío y en caliente de aleaciones hierro carbono, de latones, (70-30 y 60-40) de cupro aluminio 90-10. Influencia del sobrecalentamiento.
9. Resolución de problemas. Utilización de tablas y manuales.

