

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

CUARTO CURSO PANAMERICANO
DE METALURGIA

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - 1968

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

CUARTO

CURSO

PANAMERICANO

DE METALURGIA

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - 1963

INTRODUCCION

El Cuarto Curso Panamericano de Metalurgia brindó a profesionales de Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, España, México, Perú y Argentina, capacitación acelerada para desempeñarse en distintas áreas de la especialidad metalúrgica, desde la industria, la investigación o la docencia universitaria.

Aquellos que trabajan en la industria, adquirieron las bases necesarias para encarar realizaciones tecnológicas nuevas, ya que hemos tenido en cuenta el portentoso y continuo avance de la tecnología y suministramos nociones fundamentales, junto al conocimiento de principios que habilitan al profesional para innovar, evitando la simple descripción de equipos y procesos.

Los investigadores y los metalurgistas físicos comprendieron la importancia de controlar las propiedades dependientes de la estructura para obtener materiales con las combinaciones más favorables para un determinado fin. Sin esperar saber toda la física, toda la química y toda la mecánica en profundidad, deben ser capaces de extraer los conceptos esenciales para devolverlos bajo la forma de materiales adecuados para cumplir sus funciones de manera eficiente y económica. El diálogo que iniciaron con los ingenieros de producción les será sumamente productivo.

Los docentes universitarios podrán incorporar con programación moderna la enseñanza de la metalurgia o de la ciencia de los materiales en sus países de origen, y finalmente, los metalurgistas nucleares, adquirieron conocimientos teóricos y prácticos sobre los problemas de los materiales que componen los reactores, especialmente diseño y producción de elementos combustibles.

La continuidad de nuestra tarea ha sido factible gracias al apoyo de instituciones y organismos nacionales y extranjeros. Este apoyo, por patrocinio o por cooperación financiera está destinado a posibilitar los puntos neurálgicos de estos cursos, cuya realización en otras condiciones, entendemos no sería eficaz. Estos aspectos indispensables son: dedicación exclusiva por parte de los alumnos; enseñanza teórica moderna, trabajo práctico personal e intercambio entre centros de investigación e industria.

La dedicación exclusiva por parte de los alumnos, indispensable dado el carácter intensivo de esta enseñanza, se logra mediante el aporte de becas de CNEA, la Organización de los Estados Americanos, de Instituciones nacionales como la Armada Nacional y el Ejército Argentino y de empresas privadas, como Siam Electromecánica y Hojalata y Lámina de México.

La enseñanza teórica en el ciclo fundamental, destinada a la adquisición de las nociones básicas, exige que los programas de los diferentes cursos sean coordinados cuidadosamente y sus materias fueron dictadas, en general, por profesores del Departamento de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Para el ciclo de especialización se contrataron profesores extranjeros destacados que brindaron una visión del estado actual del conocimiento en cada especialización. Los alumnos tomaron contacto con las investigaciones en marcha y con las tecnologías recientemente desarrolladas en lugares como las Universidades de Sheffield, Cambridge, California, Brasil, The College of Aeronautics de Cranfield, en centros de investigación como Argonne National Laboratory, Centre d'Etudes Nucleaires de Saclay, Mellon Institute, The General Electric Research Laboratory. La asistencia de estos profesores extranjeros fué posible gracias a la invaluable cooperación del Consejo Británico de Relaciones Culturales, del Servicio de Cooperación Técnica de la Dirección General de Asuntos Culturales y Técnicos del Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia y de las Comisiones de Energía Atómica Francesa.

Otro de los puntos que mereció nuestra especial atención fué el trabajo práctico personal, pues consideramos que no se puede encarar la enseñanza metalúrgica sin realizar intensa experiencia práctica paralela. El equipamiento necesario para poder planear un programa práctico, útil, moderno y que contemple las necesidades de un grupo de alumnos de origen e intereses tan heterogéneos es muy grande, variado, costoso y, naturalmente, imposible de dedicar exclusivamente a la enseñanza. Pero los grupos de investigación que forman el Departamento de Metalurgia, hacen rentable la adquisición de equipos modernos y de alto valor que son aprovechados integralmente en los programas de investigación durante todo el año y que se destinan a nuestros programas de enseñanza durante la realización de las prácticas correspondientes.

El préstamo otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo, ha contribuido y contribuye a la contemplación de nuestro equipamiento; contamos actualmente con los elementos necesarios para la realización de los trabajos prácticos complementarios de la enseñanza teórica y de aquellos que permiten conocer el manejo, aplicación y alcance de equipos nacionales e importados. Tomamos especial cuidado en señalar la infraestructura industrial que es necesaria para su eficiente y continuo funcionamiento, en nuestros países.

Es importante establecer y consolidar las relaciones entre los ingenieros-investigadores y los ingenieros en fábrica tanto en su formación como en su vida profesional. Para ello contamos con nuestro Servicio de Asistencia Técnica a la Industria y en ese aspecto consideramos muy importante la cooperación de empresas como Siam Electromecánica y Hojalata y Lámina, que becando a sus ingenieros, favorecerán este intercambio.

Para mantener la infraestructura indispensable para la realización de estos cursos y para el programa de actividades complementarias como Seminarios, conferencias, películas, visitas y publicaciones especiales, contamos con la cooperación de la Ford Foundation y de UNESCO.

No olvidamos tampoco el aspecto humano, al recibir a este grupo de profesionales de países hermanos y preparamos, con la cooperación de la Secretaría de Cultura de la Municipalidad de Buenos Aires y del Instituto Torcuato Di Tella un programa que les permitió captar la actividad cultural de la ciudad de Buenos Aires, así como visitas a fábricas del interior que contribuyeron a dar una visión integral en nuestro país.

Finalmente es menester señalar que todo ésto es posible gracias a la organización de esta Comisión Nacional de Energía Atómica, cuyos componentes colaboran desde cualquiera de sus puestos.

Confiamos que el Cuarto Curso Panamericano de Metalurgia haya facilitado los contactos entre los profesionales de la misma especialidad de los diversos países de nuestro continente y otros de habla hispana que disminuirán seguramente el aislamiento de tantos centros de investigación y de enseñanza que se encuentran en formación o en desarrollo.

CUARTO CURSO PANAMERICANO DE METALURGIA

Directora del Curso

NELLY H.A. DE LIBANATI (CNEA)

Supervisores

Dr. C. ARAOZ
 Ing. J.N. BAEZ
 Dr. J. COLL
 Dr. J.R. GALVELE
 Ing. H. KOLL
 Ing. A. LEYT
 Dr. C.M. LIBANATI
 Ing. O. WORTMAN

del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Profesores

El personal docente, integrado por profesores universitarios argentinos, por investigadores de la Comisión Nacional de Energía Atómica y por profesores extranjeros especialmente contratados, fué el siguiente:

Dr. R.L. APPS	The College of Aeronautics (Cranfield, Inglaterra)
Dr. J.L. BERNARD	Centre d'Etudes Nucleaires de Saclay, (Francia)
Ing. H. BILONI	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. E. BISOGNI	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)

Dr. A. BONFIGLIOLI	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. L. BOSCHI	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. F. FOOTE	Argonne National Laboratory (EE.UU.)
Dr. A. FUNES	Armada Argentina
Ing. P. GOMES DE P. LEITE	Universidad de Brasil
Dr. T. P. HOAR	Universidad de Cambridge (Inglaterra)
Ing. L. IURMAN	Universidad del Sur (Argentina)
Ing. J. KITTL	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. D. LIEBERMAN	Universidad de Illinois (EE.UU.)
Ing. C. MARTINEZ VIDAL	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. T. MASSALSKI	Mellon Institute (EE.UU.)
Ing. J. MAZZA	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. A. G. QUARRELL	Universidad de Sheffield (Inglaterra)
Ing. A. SAENZ LOPEZ	Universidad del Sur (Argentina)
Dr. C. M. SELLARS	Universidad de Sheffield (Inglaterra)
Dra. S. V. de TANIS	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. E. G. THOMSEN	Universidad de California (EE.UU.)
Ing. D. I. VASSALLO	Departamento de Metalurgia de la CNEA (Argentina)
Dr. J. L. WALKER	General Electric Research Lab. (EE.UU.)

ALUMNOS EGRESADOS

RENE BAYARDO ALBUJA SALAZAR

Procedencia: ECUADOR
Ing. Industrial Mecánico
Asc. Otis Elevator Co.

ALFONSO BARRIENTOS GONZALEZ

Procedencia: MEXICO
Ing. Químico del Dpto.
Metalúrgico de Hojalata
y Lámina S.A.

ENRIQUE ANTONIO BAUMANN

Procedencia: ARGENTINA
Ing. Electromecánico
Escuela Mecánica de la
Armada

HECTOR FERNANDO BRACONI ANDREIS

Procedencia: ARGENTINA
Ing. en Máquinas de la
Armada Nacional

CELSO CALVO RODRIGUEZ

Procedencia: ESPAÑA
Lic. en Química, Dpto.
de Metalurgia Junta de
Energía Nuclear

CARLOS ALBERTO GUIMARAES PAGNANO

Procedencia: BRASIL
Ing. Aeronáutico del Centro
Técnico de Aeronáutica, San Pablo

RICARDO DANIEL GUTIERREZ

Procedencia: ARGENTINA
Ing. Industrial

OSCAR HERRERO

Procedencia: ARGENTINA
Ing. Químico del Dpto. de
Metalurgia de la CNEA

JOSE LECEA FERNANDEZ

Procedencia: CHILE
Ing. Politécnico, Jefe Dpto.
Arm. Menor y Maestranzas
del Ejército

CARLOS JOSE LERCH

Procedencia: ARGENTINA
Ing. Mecánico orientación
metalurgia

LUIS FRANCISCO LOZANO DELGADILLO

Procedencia: COLOMBIA
Ing. Químico, Jefe Dpto.
Metalúrgico de la Facultad
de Ingeniería Metalúrgica, Bogotá

CARLOS MUÑOZ CARDOZA

Procedencia: CHILE
Técnico Universitario
Profesor de la Universidad
Técnica del Estado, Santiago

PABLO ALFREDO NICHU CUITCAPUSA

Procedencia: PERU
Ing. Mecánico, Jefe de las
sec. de Fundición y Soldadura
Politécnico Nacional "José
Pardo", Lima

SAMUEL IRATI NOVAES GOMES

Procedencia: BRASIL
Lic. en Física, Instructor
de la Facultad de Filosofía,
Ciencias y Letras de Ribeirao
Preto

JOSE VICTORIO OVEJERO GARCIA

Procedencia: ARGENTINA
Licenciado en Física
Profesor del Instituto Técnico
de la Universidad Nacional de
Tucumán

JORGE GUILLERMO ROLDAN

Procedencia: ARGENTINA
Oficial Ingeniero Militar
Ejército Argentino

RAFAEL VARGAS RANGEL

Procedencia: COLOMBIA
Ing. Civil
Laboratorio de Ensayo de
Materiales de la Universidad
Nacional de Bogota

PLAN DE ESTUDIO

Ciclo Básico

Fecha de iniciación	11 de marzo de 1968
Ultimo día de clases	8 de julio
Exámenes eliminatorios	4 de julio
	5 de julio

Cursos

Clases teóricas

Introducción a la Metalurgia	20 horas
Solidificación y Fundición	15 horas
Instrumental	12 horas
Cristalografía y Difracción de rayos X	24 horas
Metalurgia Física	30 horas
Transformación de fase y Tratamientos Térmicos	10 horas
Comportamiento mecánico y Trabajado de metales	37 horas
Fundamentos de la Metalurgia Moderna	12 horas
Total de clases teóricas	160 horas
Total de clases prácticas	400 horas

Ciclo de Especialización

Fecha de iniciación	5 de agosto de 1968
Ultimo día de clases	6 de diciembre
Exámenes finales	9- 13 de diciembre
Colación de grados	13 de diciembre

Cursos

Especialidad Metalurgia Física

Defectos en metales	35 horas
Teoría de Aleaciones	30 horas
Propiedades anisotrópicas de materiales y cambios de fase de primer orden	30 horas
Total de clases teóricas	95 horas

Especialidad Metalurgia Tecnológica

Fundición	18 horas
Tratamientos Térmicos	24 horas
Trabajado mecánico de metales	53 horas
Total de clases teóricas	95 horas

Materias Optativas

Metalurgia Nuclear	25 horas
Soldadura	30 horas
Elementos combustibles UO_2 - Zr	15 horas
Corrosión	25 horas
Ensayos no destructivos en metales	30 horas
Total de Trabajos Prácticos por cada especialidad	400 horas

CICLO BASICO
MATERIAS DICTADAS

Introducción a la Metalurgia

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

Programa

Qué es un metal.
Preparación de superficies.
Deformación de metales.
Principios de termodinámica.
Diagramas de equilibrio.
Solidificación.
Soluciones sólidas.
Compuestos intermetálicos.
Transformaciones en estado sólido.
Transformaciones en aceros.

Solidificación y Fundición

Prof. Ing. H. Biloni

Programa

Solidificación:

Introducción, Nucleación.
Crecimiento en metales puros: Crecimiento dendrítico,
Orientaciones preferenciales en metales puros.
Redistribución del soluto: coeficiente de distribución,
Distribución de soluto en presencia de una interface plana.
Sobreenfriamiento constitucional.
Subestructuras de Segregación.
Segregación: Microsegregación, Macrosegregación.
Eutécticos

Fundición:

Flujo del líquido en el moldeo.
Extracción calórica a través del molde.

Tensiones térmicas durante la solidificación.
 Estructuras de fundición.
 Segregación en los lingotes.
 Cambios de volumen durante el proceso de solidificación.
 Topografía superficial debido al proceso de solidificación.

Instrumental

Prof. Dr. L. Boschi

Programa

Medición de energía eléctrica.
 Pirometría.
 Controladores.
 Registradores.
 Hornos y Refractarios.
 Bajas Presiones.
 Células Fotoeléctricas.
 Ensayos no destructivos.
 Diseño de Instrumental.

Cristalografía y Difracción de Rayos X

Prof. Dr. A. Bonfiglioli

Programa

Cristalografía:

Estructura reticular de los sólidos cristalinos.
 Simetría geométrica de los cristales.
 La proyección estereográfica.
 Estructura atómica de los metales.
 Estructura atómica de aleaciones.

Difracción de Rayos X:

Difracción de ondas por los cristales.
 Los rayos X.
 Métodos experimentales.
 Aplicaciones de los métodos radiocristalográficos
 Efectos de las imperfecciones cristalinas en la difracción.

Metalurgia Física

Prof. Dr. A.J. Funes

Programa

Estados condensados de la materia.
 Electrones en metales.
 Propiedades magnéticas.
 Imperfecciones geométricas de los cristales.
 Difusión.
 Plasticidad de cristales.

Transformaciones de Fase y Tratamientos Térmicos

Prof. Ing. J. Mazza

Programa

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

Comportamiento Mecánico y Trabajo de Metales

Prof. Ing. C. Martínez Vidal e Ing. A. Saenz Lopez

Programa

Introducción al trabajo de metales.
 Notación tensorial.
 Análisis de tensiones.
 Análisis de deformaciones.
 Relaciones tensión-deformaciones.
 Métodos de solución de problemas de trabajo.
 Problemas de fricción y lubricación.

Recuperación y recristalización.
 Procesos de forjado.
 Procesos de laminación.
 Procesos de trafilación.
 Otros procesos tradicionales.
 Tendencias actuales en el trabajado de metales.

Ca Fundamentos de la Metalurgia Moderna
 Prof. Dr. A.G. Quarrell

Programa

Metalurgia es a la vez una Ciencia y una Tecnología. Durante los últimos años, a medida que la Ciencia se fué haciendo más especializada, se fué tornando más remota para la metalurgia productiva.

Se estudiaron algunos problemas adicionales que se presentan cuando los conceptos fundamentales son aplicados en escala industrial:

- 1) Tratamiento térmico de grandes piezas de acero.
- 2) Desarrollo de aceros mejorados capaces de satisfacer nuevos requerimientos, incluso la necesidad de obtener propiedades mecánicas específicas en piezas grandes.
- 3) Decarburización.
- 4) Eliminación de Hidrógeno.
- 5) Algunos efectos de la fusión en vacío sobre las propiedades de los aceros.
- 6) Endurecimiento por precipitación de a) carburos y b) fases intermetálicas.
- 7) Tratamientos Termodinámicos.

Se discutió además el desafío que la metalurgia moderna presenta tanto a los metalurgistas como a aquellos dedicados a la educación de metalurgistas.

TRABAJOS PRACTICOS

Introducción a la Metalurgia

Prof. Ing. J. Kittl

Ing. D. Vassallo

Programa

El uso del microscopio.

Pulido químico, electrolítico y mecánico. Deformación superficial Zn.

Observación de metales deformados.

Recristalización: recocido de un metal deformado.

Eutéticos. Análisis térmico en Cd-Zn y observación metalográfica.
de otros casos.

El sistema Cu-Sn. Observación metalográfica.

El diagrama FeC. Observación metalográfica. Fundiciones. Aceros.

Cristalografía y Difracción de Rayos X

Prof. Dr. A. Bonfiglioli

Programa

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.

Trabajos 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 difractor.
4. Determinación de la figura de polos para una chapa laminada con un goniómetro de figuras polares automático.

Trabajos Prácticos Generales

Prof. Dra. S.V. de Tanis

Programa

Solidificación y fundición. Estudio del sobrecalentamiento y efecto del soluto sobre la estructura de fundición.

Observaciones de la subestructura en monocristales de Sn 99,9% y Pb 99,99%.

Estudio del envejecimiento de aleaciones ligeras.

Influencia de los tratamientos térmicos en la estructura de las aleaciones hierro carbono.

Transformaciones isotérmicas de un acero especial (perlita, bainita, martensita).

Ensayo Jominy.

Estudio de la deformación plástica en metales y aleaciones.

Deformación en frío y en caliente de aleaciones hierro-carbono, de latones (70-30), de cupro aluminio 90-10, α y β .
Influencia del sobrecalentamiento.

Resolución de problemas. Utilización de tablas y manuales.

CICLO DE ESPECIALIZACION

MATERIAS DICTADAS

ESPECIALIDAD METALURGIA FISICA

Defectos en Metales

Prof. Dr. E. Bisogni

Programa

Defectos puntuales, intersticiales y vacancias.
Defectos puntuales y propiedades físicas.
Dislocaciones.
Energía propia de una dislocación.
Deformación de monocristales por deslizamiento.
Movimiento de dislocaciones activado térmicamente.
Efectos de solutos sustitucionales, precipitación y ordenamiento sobre la consolidación.
Fractura dúctil y frágil.

Teoría de Aleaciones

Prof. Dr. T. Massalski

Programa

Enfoque termodinámico de estabilidad y equilibrio de fases.
Energía de deformación en soluciones sólidas.
Reseña de algunos conceptos de la teoría electrónica de los metales.
Grupos afines de aleaciones.
Fases electrónicas vs. estequiometría fija.
Estructuras ordenadas de empaquetamiento compacto.
Química cristalina general de aleaciones.
Estabilidad.
Algunos conceptos de meta-estabilidad.

Propiedades Anisotrópicas de Materiales y Cambios de Fase de Primer Orden

Prof. Dr. D. Lieberman

Programa

- . Revisión del vector álgebra.
- . Desarrollo de la matriz álgebra y operaciones, tensores de materia y de campo.
- . Determinación de los autovalores y vectores de los tensores y sus significados, transformaciones similares y diagonalización.
- . Tratamiento de la conductividad eléctrica, difusión y otras propiedades físicas, operaciones de simetría y determinación del número de las constantes de las propiedades para varios sistemas cristalinos.
- . Introducción a las transformaciones de fase de primer orden y la física de la teoría fenomenológica de Wechsler-Lieberman-Read.
- . La formulación algebraica de la matriz de la teoría Wechsler-Lieberman-Read.
- . La formulación gráfica de la teoría de Wechsler-Lieberman-Read sobre una red estereográfica.
- . Aplicación de la teoría de Wechsler-Lieberman-Read a varios sistemas y el desarrollo de un esquema de clasificación de transformaciones martensíticas y tipo-martensíticas y productos; uso de la teoría para determinar el mecanismo de la transformación; sugerencias para trabajos futuros.

ESPECIALIDAD METALURGIA TECNOLÓGICA

Fundición

Prof. Dr. J.L. Walker

Programa

Introducción.

- A. Definición de Fundición de un metal o aleación.
- B. Problemas en la práctica de Fundición.
- C. Procesos de Fundición como son definidos por la Tecnología de Fundición.

Principios de Solidificación.

Cambios discontinuos durante la solidificación.

Estructura metálica de metales y aleaciones fundidas

- A. Tamaño de grano, forma y orientación.
- B. Microsegregación de elementos químicos.
- C. Macrosegregación de elementos químicos.
- D. Porosidad gaseosa.
- E. Superficie en la interface metal-molde.
- F. Porosidad por contracción.

Tecnología de Fundición

- A. Alimentación de fundiciones.
- B. Sistemas de canales de colada en fundición.
- C. Control de los defectos de Fundición.

Desarrollos recientes en tecnología de Fundición

- A. Aleaciones solidificadas direccionalmente.
- B. Control de tamaño de grano en fundición.
- C. Fundiciones de alta calidad.
- D. Comparación de cálculos teóricos y resultados experimentales
- E. Fundición a presión de aleaciones ferrosas.
- F. Nuevas técnicas de moldeo.

· Tratamientos Térmicos
 Sl Prof. Dr. C.M. Sellars

Programa

Introducción.

Efecto de la microestructura sobre la Resistencia Mecánica.

Reacciones en estado sólido.

Cinética de las reacciones controladas por difusión y marten-
 síticas.

Principios de los tratamientos térmicos:

- (a) Soluciones sólidas: ejemplos de aleaciones de Cu y Ni.
- (b) Envejecimiento: ejemplos de aleaciones de Al, Cu y Ni.
- (c) Ordenamiento: ejemplos de aleaciones de Cu y Au.
- (d) Transformaciones alotrópicas: ejemplos de bronce de Al;
 aleaciones de Ti; aceros al C simples.
- (e) Reacciones gas-metal, carburación, nitruración.

Tratamientos Térmicos de aceros:

Descomposición de austenita isotérmicamente y en enfriamien-
 to continuo. Efecto de elementos aleantes.

Templado, Templabilidad.

Aceros especiales.

Trabajado Mecánico de Metales

Parte I Prof. Ing. L. Iurman
 Ing. C. Martínez Vidal

Programa

Análisis de tensiones.
 Notación tensorial.
 Análisis de deformaciones.
 Relaciones tensión-deformación.
 Métodos de solución de problemas de trabajado I.

 Parte II Prof. Dr. E.G. Thomsen
 Ing. C. Martínez Vidal

Programa

Procesado de metales.
 Forjado.
 Extrusión.
 Extrusión por impacto.
 Laminación de placas y chapas.
 Trefilación.
 Maquinado.

MATERIAS OPTATIVAS

Metalurgia Nuclear

Prof. Dr. F. Foote

Programa

Definición de materiales nucleares y metalurgia nuclear.
 Reacciones nucleares en relación a la selección de materiales.
 Reactores: generalidades, tipos, componentes principales.
 Metalurgia de uranio. Procesamiento y fabricación.
 Metalurgia de plutonio y sus aleaciones.
 Metalurgia de torio.
 Materiales cerámicos en elementos combustibles.
 Elementos combustibles cerámicos y metálicos.
 Fabricación de núcleos cerámicos.
 Fabricación de núcleos metálicos.
 Operaciones de envainado. Control.
 Ensayos no destructivos.
 Ciclo de combustible.

Soldadura

Prof. Dr. R.L. Apps

Programa

- . Clasificación de procesos, soldadura en estado sólido, brasado y soldadura de bajo punto de fusión.
 - . Física del arco, soldadura con electrodo recubierto, procesos de soldadura con arco sumergido y por fusión de escoria (electroslag), procesos bajo gas inerte (TIG, MIG, MIG-CO₂) y arco con corriente pulsante.
 - . Metalurgia de la soldadura - flujo de calor. Solidificación, fisurado en caliente, porosidad, fatiga de juntas soldadas.
- Metalurgia de la soldadura de ferrosos, influencia de hidrógeno

estructura y propiedades del metal soldado y de la zona afectada por el calor. Fisurado en caliente y en frío.

- . Fractura frágil. Soldadura de acero de medio y bajo carbono.
- . Soldadura de acero inoxidable y aleaciones livianas.

Programa de Trabajos prácticos

Observación de hot-cracking en aleaciones de aluminio-magnesio.

Observación de underbead cracking y soldadura en zonas precalentadas, variación de las estructuras en aceros dulces y de baja aleación.

Medición de la característica estática en una fuente de potencia.

Determinación de la característica del arco.

Elementos combustibles UO_2 - Zr

Prof. Dr. J.L. Bernard

Programa

- . Las aleaciones de Zr como material o de estructura (propiedades físicas, mecánicas, influencia de la irradiación).
- . Corrosión de las aleaciones de Zr (por agua, gas, vapor).
- . Fabricación de tubos de vainas y de estructura.
- . Piezas de estructura de los elementos combustibles (grillas, espaciadores, soportes) constitución, realización.
- . Los combustibles (propiedades, fabricación).
- . Técnica de fabricación de los elementos combustibles.
- . Técnicas de control.
- . Concepción y ensayos de comportamiento de los elementos

combustibles.

Reactores a D_2O . El canal: tubos de fuerza y calandra - aislamiento térmica, uniones.

Corrosión

Prof. Dr. T.P. Hoar

Programa

Conceptos básicos de corrosión.
Principios de corrosión en soluciones acuosas.
Corrosión bimetalica. Ataque localizado.
Pasividad y Pasivación.
Corrosión a altas temperaturas. Películas de óxidos, propiedades.
Factores mecánicos que afectan la corrosión.
Prevención y control de la corrosión.
Métodos modernos en el estudio de la corrosión.

Programa de Trabajos Prácticos

Pasivación.
Pares Galvánicos.
Oxidación de metales a alta temperatura

Ensayos no Destructivos en Metales

Prof. Dr. Paulo Gomes de Paula Leite

Programa

- . Inspección visual de piezas con defectos. Señalar e identificar discontinuidades. Utilización del boroscopo.
- . Utilización de líquidos penetrantes. Interpretación del ensayo.
- . Interpretación y análisis de los standars radiográficos. Bureau of ships (Piezas fundidas). International Institute of Welding (Soldaduras). Observación de radiografías.

- . Comparación de radiografías con las especificaciones. Identificación de defectos. Evaluación de soldaduras según radiografías. Justificación de aprobación o rechazo.
- . Radiografía con rayos X. Determinación de las condiciones del ensayo. Cálculo de KV y de la exposición. Exposición. Procesamiento de films. Interpretación. Verificación de Sensibilidad. Aprobación o rechazo de elemento radiográfico según normas.
- . Gammagrafía. Condiciones del ensayo. Cálculo de exposición según energía de la fuente. Interpretación. Sensibilidad. Monitoreo de área.
- . Inspección ultrasónica. Calibración del instrumento. Preparación de la superficie. Ensayos e interpretación.
- . Inspección por el método electromagnético. Examen de barras. Examen de tubos. Defectos dimensionales. Discontinuidades.
- . Metalografía no destructiva. Pulido tampón. Obtención de réplicas. Metalizado. Examen microscópico.

Programa de Trabajos Prácticos

Ensayo visual. Instrumentos auxiliares de inspección.
 Líquidos penetrantes. Campos de aplicación y limitaciones.
 Radiografía industrial. Equipos de rayos X y de rayos gamma.
 Radioscopia y xeroradiografía.
 Ensayo por ultrasonido.
 Ensayo por partículas magnéticas.
 Ensayo por el método electromagnético.
 Ensayo por el método térmico.
 Metalografía no destructiva.

TRABAJOS PRACTICOS

Especialidad Metalurgia Física

Tema	"Estudio de la microsegregación y morfología dendrítica en aleaciones Al-Cu"
Alumno	Sr. Celso Calvo
Dirección	Ing. H. Biloni, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA
Tema	"Estudio del fenómeno Portevin-Le Chatelier en aleaciones Al-Mg"
Alumno	Sr. Carlos Muñoz Cardoza
Dirección	Dr. E. Bisogni, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA
Tema	"Evolución de la fase de pre-precipitación Al-40% Zn en la formación de la zona G-P por medio de difracción a pequeños ángulos"
Alumno	Sr. Samuel Irati Novaes Gomes
Dirección	Lic. Carlos Acuña, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA
Tema	"Origen de los granos en la estructura equiaxial central en lingotes de Al-2% Cu de 12.500 Kg. de peso"
Alumno	Sr. José V. Ovejero Garcia
Dirección	Ing. H. Biloni, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Especialidad Metalurgia Tecnológica

Tema "Determinación de la variación de la conductividad eléctrica en Cu con distintas estructuras"

Alumno Sr. René Bayardo Albuja Salazar

Dirección Dr. H. Destailats, de Elmesa S.A.

Tema "Determinación de la teoría de transición para la formación de carburos en límites de grano en acero inoxidable con 0.08%C"

Alumno Sr. Alfonso Barrientos Gonzalez

Dirección Ing. L. Darnond, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Tema "Estudio de la microestructura y variación de la presión de laminación en latón 70/30 laminado a 800°C"

Alumno Sr. Enrique Antonio Baumann

Dirección Dra. S.V. de Tanis, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Tema "Calibración del equipo SONOREY de ultrasonido con muestras de acero 1045 y determinación de la velocidad del sonido"

Alumno Sr. Héctor Fernando Braconi Andreis

Dirección Ing. C. Venturino, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Tema "Puesta a punto de ensayos no destructivos, técnica, rayos X y determinación de pérdidas de He en soldadura de zircaloy"

Alumno Sr. Ricardo Daniel Gutierrez

Dirección Ing. H. Koll, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Tema "Anodizado de Zircaloy"

Alumno Sr. Oscar Herrero

Dirección Dr. J.R. Galvele, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Tema "Ensayos de tracción y análisis de los resultados en aceros al Nb laminados a distintas temperaturas"

Alumno Sr. José Lecea Fernandez

Dirección Ing. A. Hey, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Tema "Estudio de la influencia de la temperatura durante la laminación en caliente en la aleación Al-2,8% Mg por medio de la presión de laminación"

Alumno Sr. Carlos José Lerch

Dirección Ing. C. Martínez Vidal, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

Tema	"Pérdidas en pruebas neumáticas"
Alumno	Sr. Pablo Alfredo Nicho Cuicapusa
Dirección	Ing. J.M. Cabezudo Sanchez, de Metalúrgica Tandil
Tema	"Extracción de carburos por vía electrolítica de un acero al Cr-Mo. Identificación por medio de rayos X en diagrama Debye-Scherrer"
Alumno	Sr. Luis Francisco Lozano Delgadillo
Dirección	Ing. D. Vassallo, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA
Tema	"Trefilación de cobre Selección de lubricantes y secuencia de trefilas"
Alumno	Sr. Carlos Alberto Guimaraes Pagnano
Dirección	Ing. C. Maisonave, de Pirelli S.A.
Tema	"Monografía sobre criticidad, riesgo, contaminación, irradiación de los materiales fisiónables"
Alumno	Sr. Jorge Guillermo Roldán
Dirección	Dr. C. Araoz, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA
Tema	"Determinación cuantitativa de los cambios microestructurales de aceros al Nb laminados en caliente"
Alumno	Sr. Rafael Vargas Rangel
Dirección	Ing. A. Hey, del Dpto. de Metalurgia de la CNEA

ACTIVIDADES TECNICAS EXTRA CURSO

SEMINARIOS

JORGE A. SABATO (CNEA)

Actividades de la Gerencia de Tecnología

CESAR M. LIBANATI (Dpto. Metalurgia, CNEA)

La microsonda electrónica- Sus posibilidades y limitaciones en la investigación metalúrgica.

HORACE POPS (Essex Wire and Cable Co. Pittsburgh, USA)

Relación industrial-investigación metalúrgica. Algunos casos.

JUAN N. BAEZ (Dpto. Metalurgia, CNEA)

Actividades del Servicio de Asistencia Técnica a la Industria del Departamento de Metalurgia.

RICARDO FERREYRA (Instituto de Matemáticas, Astronomía y Física, de Córdoba, IMAF)

Enseñanza Programada de la Física.

JULIO GARRIDO (Director del Centro Regional para el Fomento de la Ciencia en América Latina, de UNESCO, Montevideo, Uruguay)

Servicios de Documentación Científica y Técnica.

ROBERT WYLIE (South West Research Institute, USA)

Pressure Vessel Research at South West Research Institute.

A.G. QUARRELL (Universidad de Sheffield, Inglaterra)

Metallurgical Education for Research Production.

NELLY A. DE LIBANATI (Dpto. Metalurgia de la CNEA)

Algunas consideraciones sobre la introducción de la Ciencia de los Materiales en la educación superior, emanadas de la Conferencia Inter Americana en Tecnología de Materiales de San Antonio (Texas).

J.L. WALKER (General Electric Research Lab.)

Origen de los cristales en fundición.

- T. MASSALSKI (Mellon Institute, USA)
Phase Transformation.
- C.M. SELLARS (Universidad de Sheffield, Inglaterra)
Strength and structure during hot working.
- LAURA LEVY (CNICT)
Características e interpretación del crecimiento dendrítico en hielo. Algunas consecuencias del mismo.
- E. FRACCHIA (Fábrica Militar de Aceros)
Uso del Oxígeno en Siderurgia.
- E. ABRIL (C.I.M.)
Actividades del Centro de Investigaciones Metalúrgicas de Córdoba.
- D. LIEBERMAN (Universidad de Illinois, USA)
Transformaciones martensíticas
- M. AHLERS (Centro Atómico Bariloche)
Transformaciones martensíticas en latones β
- A. BAR-OR (Comisión de Energía Atómica, Israel)
Actividades del Departamento de Metalurgia de la Comisión de Energía Atómica, Israel.
- A. BAR-OR
Transformaciones de fase en aleaciones de uranio.
- J. BERNARD (Centre d'Etudes Nucleaires de Saclay, Francia)
Relaciones entre laboratorios de investigación y la industria.
- T.P. HOAR (Universidad de Cambridge, Inglaterra)
Interchange experience in corrosion between industrie and research in England.
- F. FOOTE (Argonne National Laboratory, USA)
Relación entre investigación básica y tecnológica en el proyecto sobre elemento combustible.

ASISTENCIA A CONFERENCIAS Y SIMPOSIOS

1. Seminario sobre Laminación de Metales.

Organizado por ILAFA y CNEA
entre los días 9 y 13 de mayo.

Desarrollado en la Sede Central CNEA.
2. III Jornadas Metalúrgicas Argentinas.

Organizadas por la S.A.M.
entre los días 22 y 29 de septiembre.

Desarrolladas en la Sociedad Científica Argentina.
3. Simposio sobre Maquinado de Metales.

Organizado por la Asociación de Industriales Metalúrgicos, CNEA y CEMHA
entre los días 11 y 18 de octubre.

Desarrollado en la Asociación de Industriales Metalúrgicos.

PELICULAS TECNICAS EXHIBIDAS

1. Martensita en el sistema CuZn: martensita inducida por tensión.
2. Martensita en sistema Cu Zn X.
3. Astillero Naval de Río de Janeiro, Brasil.

PUBLICACIONES ESPECIALES

- Dr. A. BONFIGLIOLI "Cristalografía"
en castellano, 100 págs.
- Dr. A. FUNES "Metalurgia Física"
en castellano, 68 págs.
- Dr. J.R. GALVELE "Introducción a la Corrosión
de los Metales"
en castellano, 27 págs.
- Dr. J. PLATEAU "Fractura"
en castellano, 69 págs.
- Dr. A.G. QUARRELL "Fundamental Concepts in
Modern Metallurgy"
en inglés, 52 págs.
- Dr. C.M. SELLARS "Heat Treatments"
en inglés, 120 págs.
- Dr. E. THOMSEN "Some Subjects on Plasticity
of Metals"
en inglés, 132 págs.
- Dr. E. THOMSEN "Maquinado en Metales"
en castellano, 111 págs.
- Dr. J.L. WALKER "Foundry"
en inglés, 25 págs.

VISITAS A UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACION

CENTRO ATOMICO EZEIZA (Pcia. Buenos Aires)

CENTRO DE INVESTIGACIONES METALURGICAS (Córdoba)

ESCUELA NAVAL RIO SANTIAGO (Pcia. Buenos Aires)

FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CORDOBA

INSTITUTO DE MATEMATICAS, ASTRONOMIA Y FISICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA (I.M.A.F.)

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AERONAUTICAS Y ESPACIALES (Pcia. Córdoba)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS (L.E.M.I.T.) (La Plata, Pcia. Buenos Aires)

OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE BOSQUE ALEGRE (Pcia. Córdoba)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN (San Miguel de Tucumán)

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS DE LA UNIVERSIDAD NAC. DEL LITORAL (Rosario, Pcia. Santa Fe)

DEPARTAMENTO DE MECANICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FISICOMATEMATICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA (Pcia. Buenos Aires)

CENTRAL NUCLEAR ATUCHA (Pcia. Buenos Aires)

VISITAS A ESTABLECIMIENTOS METALURGICOS

ACINDAR S.A. (Villa Constitución, Pcia. Santa Fe)
ACINFER (Villa Constitución, Pcia. Santa Fe)
ALTOS HORNOS ZAPLA (Palpalá, Pcia. Jujuy)
ASTILLEROS RIO SANTIAGO (Río Santiago, Pcia. Buenos Aires)
CAMEA S.A. (Capital Federal)
CERAMICA HAEDO (Haedo, Pcia. Buenos Aires)
FIAT ARGENTINA (Pcia. Córdoba)
GRANDES MOTORES DIESEL (Pcia. Córdoba)
GURMENDI S.A. (Avellaneda, Pcia. Buenos Aires)
INDUSTRIAS KAISER ARGENTINA (Pcia. Córdoba)
INDUSTRIAS MECANICAS DEL ESTADO (Pcia. Córdoba)
MARATHON ARGENTINA (Villa Constitución, Pcia. Santa Fe)
MATERFER (Pcia. Córdoba)
MELLOR COMBUSTION (Munro, Pcia. Buenos Aires)
METALURGICA TANDIL (Tandil, Pcia. Buenos Aires)
METAN (Tandil, Pcia. Buenos Aires)
RENCA (Capital Federal)
SOMISA S.A. (San Nicolás, Pcia. Buenos Aires)
TANDIL MAT (Tandil, Pcia. Buenos Aires)
LOMA NEGRA (Olavarría, Pcia. Buenos Aires)
MINA DON OTTO (CNEA- Pcia. Salta)

ACTIVIDADES CULTURALES Y SOCIALES EXTRA CURSO

Los alumnos pudieron seguir el ritmo cultural y artístico de la ciudad de Buenos Aires y visitar lugares turísticos del interior del país gracias a la colaboración de:

- A. La Secretaría de Cultura de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, que facilitó entradas gratuitas para las funciones de los teatros: Del Bajo, Sarmiento y del Museo Larreta.
- B. El Instituto Torcuato Di Tella que facilitó entradas gratuitas para las actividades de sus centros de arte: conferencias, conciertos, exposiciones y funciones del Teatro del Instituto.
- C. La Dirección de Turismo de la Provincia de Jujuy que facilitó el transporte para las excursiones en esa Provincia.
- D. La Universidad Nacional de Tucumán que facilitó el transporte para las excursiones a los alrededores de Tucumán.
- E. La Universidad Nacional de Córdoba que facilitó el transporte para las visitas a los distintos establecimientos metalúrgicos de esa zona.

Durante los viajes de estudio realizados al interior de la República se organizaron y financiaron las siguientes excursiones turísticas y visitas culturales:

- 1. La Plata (a 56 km. de la ciudad de Buenos Aires)
Visita al Museo de Ciencias Naturales
Paseo del Bosque.
- 2. Rosario (a 300 km. de la ciudad de Buenos Aires)
Visita al Monumento de la Bandera y su Museo en el Parque Belgrano.
- 3. Córdoba (a 700 km. de la ciudad de Buenos Aires)
Paseos por las sierras: Embalse Río Tercero, Villa Carlos Paz y Alta Gracia.
Paseo en lancha por el lago San Roque.
Visita a Iglesias y Museos de la ciudad de Córdoba.

4. San Salvador de Jujuy (a 1.660 km. de la ciudad de Buenos Aires)
Visita a la casa de Gobierno, Iglesia Catedral, Museo Lavalle, Cabildo.
Excursión hasta la Quebrada de Humahuaca, pasando por Purmamarca, Huacalera, Tilcara, Uquía y Termas de Reyes.
Excursión a Salta por la Cornisa.
5. Salta (a 1.480 km. de la ciudad de Buenos Aires)
Visita de la Catedral, el Cabildo, el Museo Histórico del Norte, Museo Colonial y de Bellas Artes, del Museo Pajarito Belardez, Monumento a Güemes.
Excursión a la Cuesta del Obispo y al Valle de Lerma.
6. Tucumán (a 1.310 km. de la Ciudad de Buenos Aires)
Excursión al Cerro San Javier y Villa Nugués.
Visita a la Casa Histórica de Tucumán y Catedral
Visita a los ingenios azucareros de los alrededores
Visita al Parque 9 de Julio.
7. Tandil (a 300 km. de la ciudad de Buenos Aires)
Visita a Museos, a la Inauguración de la Exposición de Grados.
Visita a las Sierras de Tandil y Estancia Acelain.

Es de destacar que los viajes a Córdoba, Jujuy, Salta y Tucumán se realizaron en avión.

CON LA COOPERACION DE:

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

Consejo Británico de Relaciones Cul-
turales.

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas, Argentina.

Fundación Ford.

Servicio de Cooperación Técnica de
la Dirección General de Asuntos
Culturales y Técnicos del Minis-
terio de Relaciones Exteriores de
Francia.

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

BECAS OTORGADAS POR:

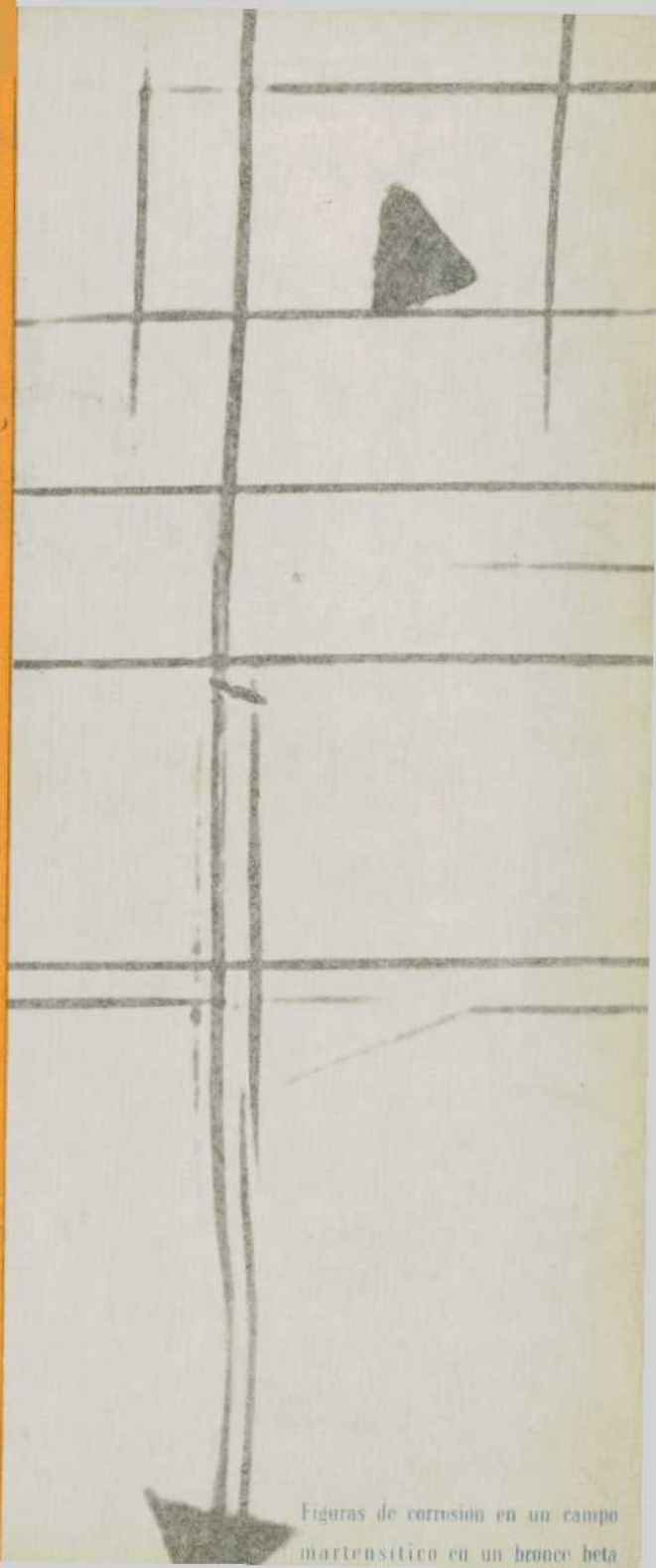
Armada Argentina

Comando en Jefe del Ejército

Hojalata y Lámina S. A. (México)

Siam Electromecánica S. A.

Organización de los Estados Ameri-
canos (OEA)



Figuras de corrosión en un campo
martensítico en un bronce beta