

2005

*Carga horaria: cuatro horas semanales, durante quince semanas.*

## ***1. Estructuras cristalinas. Difracción de rayos X.***

Sólidos amorfos y cristalinos. Cristales iónicos, cristales covalentes y cristales metálicos. La molécula de polímero, enlace y estructura. Propiedades de los sólidos dependientes del tipo de potencial de interacción: temperatura de fusión, módulo elástico y coeficiente de dilatación térmica.

Redes espaciales. Celda unitaria. Celda Primitiva. Redes de Bravais. Principales estructuras cristalinas metálicas. Cristales cúbicos: simples (SC), centrados en las caras (FCC), centrados en el cuerpo (BCC). Estructura Hexagonal (HCP). Otras estructuras cristalinas. Índices de Miller. Índices de planos y direcciones cristalográficas en sistemas cúbicos y hexagonales. Modelo de esferas rígidas. Densidad de distintas estructuras cristalinas. Número de coordinación. Sitios intersticiales, tamaños. Sitios intersticiales en diferentes estructuras. Alotropía o polimorfismo. Análisis de estructuras cristalinas. Rayos X. Difracción de rayos X. Difracción por un cristal. Condiciones de difracción. Ley de Bragg. Métodos experimentales de difracción. Factor de estructura.

## ***2. Soluciones sólidas***

Soluciones. Estructura de las soluciones sólidas. Soluciones intersticiales y sustitucionales. Reglas de solubilidad. Cantidades parciales molares. Energía libre de formación de una solución. Solución ideal. Aproximación cuasiquímica aplicada a soluciones ideales y regulares. Fases de Laves. Orden en soluciones.

## ***3. Termodinámica metalúrgica***

Equilibrio entre fases de composición variable. Solubilidad de una componente en otra fase. Ecuación de Thompson-Freundlich. Solubilidad retrógrada. Energía libre de sistemas binarios (AB) Energía libre versus composición para el caso: a) A y B tienen la misma estructura cristalina y b) A y B tienen diferente estructura cristalina. Sólidos y líquidos para una solución ideal. Diagramas de fase; diferentes tipos. Gap de solubilidad. Eutéctico simple. Monotécticos. Peritécticos. Diagramas ternarios: el triángulo de composición. Técnicas experimentales para medir diagramas de fases.

## ***4. Defectos puntuales en cristales. Difusión.***

Defectos puntuales simples: vacancias, intersticiales e impurezas. Defectos de Frenkel y Shottky. Impurezas sustitucionales e intersticiales. Energía libre de formación de defectos puntuales. Concentración de equilibrio de defectos puntuales. Naturaleza de la difusión. Mecanismos de difusión atómica en sólidos. El mecanismo de vacancias. Energía libre de formación y migración de vacancias. Autodifusión en metales puros. autodifusión y difusión de soluto en aleaciones diluidas y concentradas. Efecto Kirkendall. Cortocircuitos de difusión. La ecuación de difusión. Difusión en estado estacionario.. Primera ley de Fick. Segunda ley de Fick. El coeficiente de difusión.

## ***5. Defectos lineales en cristales***

Dislocaciones. Dislocaciones de borde, de hélice y mixtas. Dislocaciones extendidas. Dislocaciones parciales. Fallas de

apilamiento. Propiedades de las dislocaciones. Dislocaciones en cristales iónicos. Movimiento de dislocaciones. Trepado y deslizamiento cruzado. Interacción entre dislocaciones. Jogs y kinks. Multiplicación de dislocaciones. Interacción entre dislocaciones y defectos puntuales. Difusión atómica en dislocaciones.

#### *6. Defectos planos y volumétricos en cristales*

Fallas de apilamiento. Maclas. Energía de falla de apilamiento. Bordes de grano. Tipos de bordes de grano y sus propiedades. Movimiento del borde de grano: deslizamiento y migración. Difusión por borde de grano. Poros internos. Interfases. Microscopía óptica. Microscopía electrónica de barrido (MEB) y de transmisión (MET). Caracterización de microestructuras.

#### *7. Transformaciones Estructurales*

Transformaciones de fase. Fuerzas impulsoras. Transformaciones difusivas y de desplazamiento. Transformaciones controladas por difusión en volumen y por difusión en la interfase. Nucleación homogénea y crecimiento de una segunda fase. Nucleación heterogénea. Solidificación de materiales puros y de aleaciones. Cinética de la interfaz, redistribución de soluto frente a una interfaz plana. Morfologías de la interfaz sólido líquido. Crecimiento dendrítico. Solidificación unidireccional. Cinética de transformaciones de fase difusivas. Ecuación de Avrami. Diagramas TTT. Transformación martensítica. Diagramas de fases metaestables. Cinética de precipitación de fases metaestables.

### **8. Estabilidad de microestructuras**

Contribuciones a la energía libre de una dada microestructura. Energía libre química, de deformación, interfacial, magnética. Exceso de energía libre de una microestructura. Fuerza impulsora de la transformación microestructural. Mecanismos de reducción del exceso de energía libre: crecimiento y disolución de segundas fases, engrosamiento ('ripening') de precipitados, recuperación, poligonización, recristalización, crecimiento de grano. Crecimiento anómalo de grano.

### **9. Propiedades mecánicas**

Elasticidad y anelasticidad. Fluencia y plasticidad. El ensayo tensil. Fractura dúctil. Fractura frágil. Superficies de fractura. Creep. Estadios de creep. Creep secundario. Falla por creep. Fatiga. Mecanismos de fatiga. Falla por fatiga. Ensayos mecánicos.

#### *10. Propiedades electroquímicas*

Corrosión.. Efecto de la concentración de la solución. Serie galvánica. Potencial de corrosión. Control de la corrosión.

### **11. Materiales compuestos.**

Cerámicos, polímeros y materiales compuestos: estudio comparativo de sus estructuras y sus propiedades generales. Comparación con cristales metálicos.

### **12. Propiedades Magnéticas**

Paramagnetismo. Ferromagnetismo. Antiferromagnetismo. Ferrimagnetismo. Temperatura de Curie. Temperatura de Neel. Materiales ferromagnéticos blandos. Histéresis magnética. Paredes de Bloch. Mecanismos de magnetización. Pérdidas.

Materiales ferromagnéticos duros: Histéresis. Sistemas magnéticos nanocristalinos. Mecanismos de magnetización. Producto de energía.

### **Laboratorios**

13. Metalografía
14. Fabricación de aleaciones.
15. Tratamientos térmicos (4hs).
15. Seminario de técnicas de laboratorio.

### **Problemas**

### **Bibliografía**

- Swalin, R. A. *Thermodynamics of solids*. John Wiley & Sons, Inc .New York.
- Verhoeven, J. *Fundamentals in physical metallurgy*. John Wiley & Sons, Inc .New York.
- Ashby, M. and Jones, D. R. H., *Engineering Materials vol. 1*. Butterworth-Heinemann Oxford
- Ashby, M. and Jones, D. R. H., *Engineering Materials vol. 2.: An introduction to Microstructures, Processing and Design*. Butterworth-Heinemann Oxford
- Weertman, J and Weertman J, *Elementary Dislocations Theory*. Oxford University Press. London.
- Kittel, C. *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley & Sons, Inc .New York
- Publicaciones seleccionadas.*
- Córdoba, noviembre 2004*