



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE
LOS MATERIALES

DIVISION	FISICA Y MATEMATICA
DEPARTAMENTO	CIENCIA DE LOS MATERIALES
ASIGNATURA	MT-4424 Reducción Directa
REQUISITO	
HORAS/SEMANA	
VIGENCIA	Octubre 1998

OBJETIVOS

- Conocer las principales tecnologías de reducción directa, sus materias primas, requerimientos energéticos, equipos y las principales especificaciones de los productos obtenidos.
- Comprender y conocer la termodinámica y los principios cinéticos que rigen la reducción directa de los minerales de hierro.
- Comprender el efecto de las variables del proceso sobre la cantidad del producto reducido obtenido.

CONTENIDO

PROGRAMA SINÓPTICO:

1. Tecnologías de reducción directa.
2. Termodinámica de la reducción directa.
3. Principios cinéticos de la reducción directa.
4. Calidad de los productos obtenidos en la reducción directa.
5. Usos de los productos de reducción directa en la fabricación de aceros.

PROGRAMA DETALLADO:

TEMA 1. Tecnologías de Reducción Directa.

1.1 Reducción directa e indirecta de los minerales de hierro. Tecnologías convencionales de reducción de mineral de hierro: El Alto Horno y el horno eléctrico de reducción.

1.2 Tecnologías de reducción directa. Características fundamentales de los procesos de reducción directa. Materias primas. Equipos principales. Operación y productos finales obtenidos. Detalle de los procesos:

1.2.1 Proceso Midrex.

1.2.2 Proceso HYL.

- 1.2.3 Proceso FIOR.
- 1.2.4 Proceso FINMET.
- 1.2.5 Comparación entre los procesos.
- 1.3 Tecnologías emergentes: los procesos de reducción-fusión. Principios fundamentales, materias primas, equipos principales y productos finales
 - 1.3.1 Proceso COREX.

TEMA 2. Termodinámica de la Reducción Directa.

- 2.1 El sistema Fe-O.
- 2.2 Termodinámica de la reducción de los óxidos de hierro.
 - 2.2.1 Reducción por CO. La reacción de Boudouard. La importancia de la relación CO/CO₂.
 - 2.2.2 Reducción por H₂. La importancia de la relación H₂/H₂O.
 - 2.2.3 Reducción con mezcla de gases CO-H₂. La importancia de la relación H₂/CO.
- 2.3 Reformación del Gas Natural.
 - 2.3.1 Reformación con CO₂.
 - 2.3.2 Reformación con H₂O.
 - 2.3.3 Importancia de los catalizadores en la reformación.
 - 2.3.4 Fundamentos de la autorreformación-autorreducción.
 - 2.3.5 Ensayos de Reducción.

TEMA 3. Principios Cinéticos de la Reducción Directa.

- 3.1 Cinética de las reacciones.
- 3.2 Reductibilidad de los minerales de hierro. Factores que afectan la reductibilidad.
- 3.3 Cambios estructurales durante la reducción.
- 3.4 Principales factores que controlan la velocidad de reducción.
- 3.5 Estados finales de reducción.
- 3.6 La importancia de las impurezas y de los aditivos en la reducción. Efecto del SiO₂. Efecto del CaO. Efecto del MgO.
- 3.7 Efecto de la composición del gas y de la presión.
- 3.8 Reducción por carbono sólido.

TEMA 4. Calidad de los Productos Obtenidos de la Reducción Directa.

- 4.1 Composición química. Porcentaje de metalización. Contenidos de: hierro metálico, hierro total, carbono, azufre, fósforo y ganga. Mejoramiento del contenido de carbono del mineral reducido de hierro.
- 4.2 Aspectos físicos y dimensionales de los productos de reducción directa.
- 4.3 Comparación entre las pellas y las briquetas de mineral reducido de hierro.

TEMA 5. Uso de los Productos de Reducción Directa en la Fabricación de Aceros.

- 5.1 Uso de las pellas de mineral reducido de hierro en la alimentación continua de Hornos Eléctricos de Arco.
- 5.2 Uso de las briquetas en batch y en alimentación continua de Hornos Eléctricos de Arco.
- 5.3 Uso de las briquetas en convertidores de oxígeno.
- 5.4 Análisis comparativo de usar briquetas vs. la chatarra para la fabricación de acero.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

Textos de Consulta:

- Iron and Steel Society – AIME – Direct Reduction Iron. Technology and Economics of Production and Use. 1980.
- Szekely, J., J.W. Evans, H.Y. Sohn, “Gas-Solid Reaction”, Academic Press, N.Y., 1976.
- Ward, R.G., “An Introduction to the Physical Chemistry of Iron and Steel Making”, Ed. Arnold, 1962.
- Geiger, G. and Fine, A., “Handbook on Material and Energy Balance Calculations in Metallurgical Process”, AIME.

Material de Referencia:

- HYL, Departamento de Investigación y Tecnología.
- Midrex Corporation, Reserach and Development Unit.
- FIOR-FINMET, Vicepresidencia de Investigación y Desarrollo.