



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
Vicerrectorado Académico

1. **Departamento:** Ciencia de los Materiales MT

2. **Asignatura:** Tecnología del Aluminio Avanzada

3. **Código de la asignatura:** MT5118

No. de unidades-crédito: 4

No. de horas semanales: Teoría: 3 Práctica: 1 Laboratorio: 0

4. **Fecha de entrada en vigencia de este programa:** Abril 2007

5. **OBJETIVO GENERAL:** Esta asignatura pretende consolidar, profundizar y actualizar los conocimientos relacionados con la reducción electrolítica de alúmina en la celda Hall-Heroult, que le permita a los profesionales del área evaluar, diagnosticar y optimizar dicho proceso.

6. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Fortalecer los conceptos físico-químicos que permitan un mejor entendimiento y control del proceso de extracción de aluminio.
2. Establecer los principales factores que inciden sobre la operatividad de la celda.
3. Adquirir herramientas fundamentales para realizar evaluaciones experimentales que tengan como fin el planteamiento de estrategias para resolver problemas en las líneas de producción.
4. Lograr que el estudiante ejecute y analice cálculos relacionados con balances de masa y energía en la celda que garantice un desempeño adecuado.
5. Familiarizar al estudiante con las nuevas tendencias y recientes desarrollos en la industria del aluminio.

7. **CONTENIDO:**

Tema 1. Introducción. (1 Semana). Fundamentos del proceso de reducción de aluminio. Estado del arte en la tecnología de celdas Hall-Heroult. Costos de la producción de aluminio. Parámetros de operación. Indicadores de eficiencia. Materias primas: Alúmina: Propiedades de la alúmina Bayer. Criolita: Propiedades, Estructura y Efecto de los aditivos. Ánodos y Cátodos de carbón.

Tema 2. Disolución de alúmina. (1 Semana). Solubilidad de la alúmina. Cinética de la disolución. Mecanismos de disolución. Efecto de las condiciones de operación y sistemas de alimentación sobre la disolución de la alúmina en operación. Formación de la costra de alúmina y formación de los lodos y su efecto sobre la operación.

Tema 3. Materiales utilizados para revestimiento de celdas. (1 Semana). Materiales refractarios usados en la industria: funciones, propiedades, instalación y parámetros que afectan su desempeño en la celda. Pasta de sellado: características, funciones, instalación y factores que afectan su aplicación.

Tema 4. Operación de la Celda Hall-Heroult. (4 Semanas). Pre calentamiento y arranque de la celda. Voltaje y amperaje de la celda. Polarización. Reacción anódica y catódica. Eficiencia de corriente y consumo energético. Control de parámetros operacionales para un desempeño estable de la celda. Compensación magnética: generación de fuerzas electromagnéticas, técnicas de compensación en celdas conectadas por los extremos y transversalmente. Vaciado del aluminio. Sistemas de ventilación.

Tema 5. Balances de Masa y Energía. (2 Semanas). Fundamentos de balances de materiales y energía en sistemas reactivos multicomponentes. Ecuación general de balances integrales y diferenciales. Conceptos de entalpía de reacción, calor sensible, calor específico. Ley de Kirchoff. Mecanismos de transferencia de masa y calor. Balances combinados.

Tema 6. Problemas operacionales en la Celda Hall-Heroult. (2 Semanas). Efecto anódico: causas, mecanismos, manifestaciones del EA, emisiones de polifluorocarbonos, aniquilación. Desbalances térmicos, químicos y eléctricos en la celda: causas, consecuencias y medidas correctivas. Degradación de materiales durante la operación de la celda. Contaminación del baño: origen de los contaminantes, efectos, medidas de control.

Tema 7. Avances en la Tecnología del Aluminio. (1 Semana). Incremento del amperaje. Ánodos inertes. Cátodos mojables. Revestimientos delgados en las paredes de las celdas. Nueva tendencia en la producción carbotérmica de aluminio.

8. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS, DIDACTICAS O DE DESARROLLO DE LA ASIGNATURA:

Las estrategias metodológicas que se planifican para este curso incluyen:

1. Seminarios de temas seleccionados.
2. Sesiones semanales de problemas en donde los estudiantes deben resolver y discutir los resultados obtenidos.
3. Análisis y discusión de publicaciones recientes relacionadas con los temas del curso.
4. Desarrollo de programas para resolución de problemas de balance de masa y energía. Manejo de programas termodinámicos.

9. ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:

El seguimiento del aprendizaje de los estudiantes se llevará a cabo a través de:

1. Tres pruebas escritas (parciales)
2. Tareas
3. Participación activa de los estudiantes en el desarrollo de un tema.
4. Seminarios semanales.

10. FUENTES DE INFORMACIÓN:

1. Grjotheim, K. *Aluminum Smelter Technology: A pure and Applied approach*. Aluminum-Verlag. (1980).
2. Gaskell, D. *Introduction to the Thermodynamics of Materials*. 4th Edition. Taylor & Francis publishers; USA. (2003).
3. Schlesinger, M. *Mass and Energy Balances in Materials Engineering*. Prentice Hall. USA. (1996).
4. Choate W. y Green, J. U.S. Energy Requirements for Aluminum Production: Historical Perspective, Theoretical Limits and New Opportunities. U. S. Department of Energy. USA. (2003). Consultado en: <http://www.secat.net/>.
5. Publicaciones recientes, particularmente de la Revista: *Light Metals*.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

<i>Semana</i>	<i>Actividades</i>
1	Presentación. Evaluación. Introducción al curso. Industria del aluminio en Venezuela. Fundamentos del proceso de reducción de aluminio. Tecnologías de celdas Hall-Heroult: Soderberg, Ánodo Precocido y Erftwerk. Costos de la producción de aluminio. Materias primas: Alúmina: Propiedades físico-químicas de la alúmina Bayer. Criolita: Propiedades, Estructura y Efecto de los aditivos. Ánodos y Cátodos de carbón: Fabricación y desempeño de los electrodos.
2	Termodinámica de las reacciones involucradas en el baño. Concepto de Solubilidad. Cinética y mecanismos involucrados en la disolución de alúmina. Sistemas de alimentación en celdas: continua, desde la costra. Parámetros que afectan la disolución. Mecanismos de formación de la costra de alúmina y formación de los lodos y su efecto sobre la operación.
3	Materiales refractarios usados en la industria del aluminio: funciones, propiedades, instalación y parámetros que afectan su desempeño en la celda. Efecto del refractario sobre el balance térmico de la celda. Pasta de sellado: características, funciones, instalación y factores que afectan su aplicación. Degradación de refractarios por interacción con el baño. Formación del lecho.
4	Fundamentos de Electrodeposición: Voltaje de la celda, Ecuación de Nernst, Caídas ohmicas en la celda. Sobrepotenciales por concentración, por activación y mixtos. Ley de Faraday. Eficiencia de corriente. Factores que afectan la eficiencia de corriente a nivel industrial. Reacción anódica y catódica.
5	Operación de la celda. Etapa inicial: Pre calentamiento. Técnicas de pre calentamiento: quemadores, por resistencia y adición de metal. Parámetros que afectan el pre calentamiento y su efecto sobre la vida útil del revestimiento y la carcasa. Arranque de la celda: Estabilización de la celda.
6	Control de parámetros operacionales para un desempeño estable de la celda. Mecanismos de control en la celda: voltaje, amperaje, composición química del baño, emisión de gases, sistemas de alimentación de alúmina. Vaciado del aluminio.
7	Compensación magnética: Objetivos generales de la compensación magnética. Balance de las fuerzas electromagnéticas en la celda de reducción. Criterios generales de compensación. Compensación magnética en celdas conectadas por los extremos y transversalmente. Diseño del Busbar: criterios generales. Utilización de escudos magnéticos. Compensación magnética utilizando lazos de corriente independientes.
8	Fundamentos de balances de materiales y energía en sistemas reactivos multicomponentes. Ecuación general de balances integrales y diferenciales.
9	Conceptos de entalpía de reacción, calor sensible, calor específico. Ley de Kirchoff. Mecanismos de transferencia de masa y calor. Balances combinados.
10	Efecto anódico: causas, mecanismos, manifestaciones del EA, emisiones de polifluorocarbonos, aniquilación. Desbalances térmicos, químicos y eléctricos en la celda: causas, consecuencias y medidas correctivas.
11	Degradación de materiales durante la operación de la celda. Interacción baño-lecho. Contaminación del baño: origen de los contaminantes, efectos, medidas de control.
12	Incremento del amperaje en celdas de primera generación. Desarrollo de celdas de alto amperaje. Ánodos inertes: materiales utilizados y diseños propuestos. Cátodos mojables: materiales propuestos y técnicas de aplicación. Revestimientos delgados en las paredes de las celdas. Nueva tendencia en la producción carbotérmica de aluminio.