



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS

Ríos Rosas, 21
28003 MADRID.

DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y COMBUSTIBLES

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

AMPLIACIÓN DE TECNOLOGÍA DE COMBUSTIBLES

Curso : 4º
Cuatrimestre : 2º
Carácter : Optativa

Créditos totales
Teóricos : 1,5
Prácticos : 3

PLAN DE ESTUDIOS 1996

Edición 1: 2000-09-22

AMPLIACIÓN DE TECNOLOGÍA DE COMBUSTIBLES: PROGRAMA

a) **OBJETIVOS Y CONTENIDOS**

BLOQUE 1: Introducción

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1 *Conocer los sistemas de almacenamiento de carbón; pérdida de propiedades tecnológicas.*
- 1.2 *Conocer las condiciones generales de almacenamiento del carbón, en cuanto al origen y control de la combustión espontánea.*
- 1.3 *Conocer la cinética de la combustión y las características de la llama.*
- 1.4 *Aplicar las leyes químico-físicas a la expresión de los diferentes regímenes térmicos del proceso.*
- 1.5 *Aplicar los conceptos termodinámicos y cinéticos de las reacciones de combustión.*
- 1.6 *Estudiar la llama en sus tipos y zonas.*
- 1.7 *Deducir la temperatura alcanzada en la combustión.*

CONTENIDOS

1.1 CAMBIOS DEL CARBON DURANTE EL ALMACENAMIENTO

- Importancia de las cantidades almacenadas.
- Efectos de la acción del aire y de la humedad.
- Oxidación gradual del carbón. Efectos producidos por la misma: Aumentos de su masa, contenido en oxígeno, punto de ignición, higroscopicidad y solubilidad. Disminuciones correlativas del contenido de carbono e hidrógeno, poder calorífico y tamaño de partículas.
- Aumento de la temperatura y combustión espontánea.
- Observación de las pilas de carbón.
- Métodos para evitar la combustión espontánea.

1.2 EL PROCESO DE LA COMBUSTIÓN

- Definición del proceso de combustión.
- Teoría general según Semenov y Frank-Kamenevsky.
- Complejidad de los fenómenos químico-físicos.
- Régimen y región estables.
- Valores constantes.

1.3 ESTUDIO DE LA LLAMA

- La llama: Formación y regiones, tipos de llama.
- Fenómenos químico-físicos en la llama, variables, velocidad y estabilidad de la llama.

1.4 APLICACIONES

- Cálculo de la temperatura alcanzada en la combustión de distintos combustibles.

BLOQUE 2: Coquización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1 *Conocer los métodos utilizados para el análisis de la naturaleza química de la hulla.*
- 2.2 *Conocer el tratamiento y tecnologías de extracción del carbón con disolventes como medio de separación de sus componentes y relación con su composición petrográfica y química.*
- 2.3 *Comprender los conceptos fundamentales y previos al estudio de la coquización.*
- 2.4 *Comprender los fenómenos de plasticidad, dilatación libre, efectos de presión, aglutinamiento y aglomeración. Métodos de ensayo y unidades empleadas.*
- 2.5 *Conocer las teorías sobre la coquización del carbón y su repercusión tecnológica, así como la relación de ésta sobre los distintos carbones y sus mezclas.*
- 2.6 *Conocer las baterías y hornos de fabricación de coque, sus limitaciones dimensionales y térmicas, así como los sistemas de calentamiento y recuperación térmica.*

CONTENIDOS

2.1 METODOS UTILIZADOS PARA EL ANALISIS DE LA NATURALEZA QUÍMICA DE LA HULLA

- Descomposición por medio del calor y análisis de los productos: Limitaciones y objeciones a este método.
- Extracción con disolventes: Disolventes más frecuentemente utilizados, experimento de Fischer, de Bone y de Wheeler. Objeciones a este método.
- Experimentación con reactivos: Reactivos de reducción, de oxidación, de halogenación y de hidrólisis.
- Crítica de estos métodos.
- Desarrollo actual de la extracción: Solvólisis.

2.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y PREVIOS AL ESTUDIO DE LA COQUIZACION

- Comportamiento del carbón al ser calentado en ausencia de aire. Sucesión de procesos y diferencias observadas según el tipo de carbón.
- Desgasificación y descomposición térmica.
- Dilatación libre y expansión o hinchamiento. Confusiones sobre estos conceptos.
- Plasticidad en el carbón: Curvas de Giessler.
- Medida de la dilatación, hinchamiento en crisol. Medida constante del proceso de dilatación. Dilatómetro y curvas Arnu de los carbones: Su interpretación.
- Medida de expansión: Aparatos de Koppers y horno de pared móvil, interpretación de las curvas.
- Aglutinación y aglomeración. Curvas isométricas.

2.3 EVOLUCION DEL CONCEPTO DE “CARBON COQUIZANTE” Y TEORIAS SOBRE LA COQUIZACIÓN

- Definiciones del carbón coquizante, según el desarrollo de la Técnica. Futura extensión de este concepto según la investigación.
- Teoría de Fischer y Glud, basada en la extracción con disolventes. Elementos constitutivos de la hulla (carbón residual y bitumen oleaginoso y sólido).
- Teoría de Gillet o de fusión completa. Fases sucesivas de la transformación del carbón en coque.
- Teoría petrográfica, según la interpretación de Oele: Vitrinita o “Principio coquizante”, elementos inertes.
- Influencia de la velocidad de calentamiento en la coquización.
- Experimento de Berkowitz con lignitos aglomerados y calentamiento de alta frecuencia.
- Mecanismo de la coquización según Van Krevelen. Otras teorías.
- Teoría de Pertierra y Kreulen de la estructura micelar del carbón.

2.4 CONDICIONES DEL CARBON PARA COQUIZAR

- Preparación inmediata, mezclas, cálculo de mezclas, método de Burstlein, determinación de resultados.

2.5 ESTUDIO DE LA FABRICACIÓN DEL COQUE

- Tipos de hornos de coquización. Horno de colmena, de calor perdido y de recuperación de calor, de recuperación de subproductos, de canales horizontales y verticales.
- Utilización de gas rico, de gas de horno alto y de gas de gasógeno en el calentamiento del horno.
- Forma y dimensiones de los hornos.
- Estudio del refractario de los hornos.
- Transformaciones de refractario de “silica”.
- Tiempo de coquización. Estudio de los diversos factores que influyen en el tiempo de coquización: Anchura de las cámaras y velocidad de calentamiento. Temperatura de la paredes.
- Influencia del tamaño del carbón, de su humedad y de la densidad de carga. Mezclas con aceite. Efectos del precalentamiento.
- Marcha del horno de coque: carga, nivelado, descarga, apagado, elementos accesorios (máquinas de deshornado y colocación de puertas, vagón de coque).
- Horno de Stevens para el calentamiento eléctrico. Hornos continuos.
- Tendencias actuales de la coquización.
- Influencia de la velocidad de calentamiento en la calidad del coque.
- Condiciones óptimas de coquización.

2.6 ESTUDIO DEL COQUE Y DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA COQUIZACIÓN

- Distribución porcentual del coque y de los subproductos de coquización.
- Coque metalúrgico: Propiedades químicas, cenizas, humedad, azufre, fósforo. Propiedades físicas (abrasividad, fragilidad, solidez, porosidad, densidad, reactividad, ensayos de ruptura), valor de utilización e índices.

2.7 RECUPERACION DE SUBPRODUCTOS

- Métodos indirecto, directo y semidirecto para la recuperación de los subproductos. Ventajas e inconvenientes.
- Estudio de los subproductos: Alquitrán de hulla, creosotas, breas, coque de alquitrán.
- Industrias derivadas del aprovechamiento del alquitrán: colorantes y disolventes, amoniaco y compuestos nitrogenados, aceites ligeros (benzol, toluol y xiloles), nafta, naftaleno, antraceno y aromáticos superiores.
- Purificación y recuperación del azufre y del ácido cianhídrico.
- El gas de coquería: Su composición química, poder calorífico, industrias derivadas del fraccionamiento del gas de coquería.
- Estudio de balances térmicos en el proceso de coquización. Aplicación a los diversos tipos de hornos. Influencia del sistema de apagado.

BLOQUE 3: Gasificación de combustibles sólidos y líquidos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1 Conocer los distintos procedimientos para la obtención de gases combustibles por gasificación.
- 3.2 Conocer las reacciones que intervienen en el proceso de gasificación y analizar la cinética de cada equilibrio.
- 3.3 Comprender la teoría del gasógeno y la gasificación cíclica.
- 3.4 Conocer los distintos procesos de gasificación, sus características y sus aplicaciones.
- 3.5 Conocer los tratamientos de acondicionamiento de los gases obtenidos por gasificación.

CONTENIDOS

3.1 GASIFICACIÓN. CONCEPTOS

- Obtención de gases combustibles por gasificación de combustibles sólidos y líquidos.
- Conceptos fundamentales de la gasificación, equilibrios que intervienen en los procesos, variables.
- Procesos iniciales de gasificación, desgasificación de la hulla.
- Gasógeno. Gasificación cíclica.

3.2 PROCESOS DE GASIFICACION

- Procesos primarios de gasificación: La transformación de las moléculas sólidas o líquidas en gaseosas.
- Gasógeno: Teoría, tipos actuales de gasógenos (reformados de hidrocarburos con vapor de agua, oxidación parcial de hidrocarburos, hidrogenación e hidrogasificación, craqueo).
- Procesos secundarios de gasificación: Adaptación del gas primario al gas útil, conversión de monóxido de carbono, lavado y eliminación de dióxido de carbono, desulfuración, metanización, depuración (secado, filtrado, estabilización), mezclado y dilución.

3.3 APLICACIONES

- Problemas sobre gasificación con vapor de agua y gasificación por combustión incompleta con y sin presión.

BLOQUE 4: Intercambiabilidad y conversión de mezclas gaseosas

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.1 Comprender la necesidad del estudio de la intercambiabilidad de gases combustibles y aplicar los criterios adecuados.*

CONTENIDOS

4.1 PROBLEMAS Y CRITERIOS EN LA INTERCAMBIABILIDAD DE GASES

- El problema de la intercambiabilidad.
- Criterios de Wobbe y Delbourg. Otros criterios.
- Índices y diagramas. Limitaciones en el uso de gases.
- Despegue de la llama, índice de puntos amarillos, retroceso de llama, límite de combustión incompleta.
- Diagrama de Delbourg.

4.2 APLICACIONES

- Problemas sobre intercambiabilidad de gases y manejo de diagramas.

BLOQUE 5: Determinación de las características más importantes de los combustibles sólidos y líquidos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.1 Aplicar los métodos adecuados para la determinación de las características más importantes de los combustibles sólidos y líquidos e interpretar los resultados.

CONTENIDOS

Según se detalla en la relación de prácticas, en el apartado c).

b) BIBLIOGRAFIA

BÁSICA:

- CANSECO, A. *Apuntes de Cátedra*. E.T.S.I. Minas, Madrid, 2000.
- VAN KREVELEN, S.W. *Coal Science*. Elsevier, Oxford, 1997.
- WILSON, P.J. *Coal, Coke and Coal Chemicals*. McGraw-Hill, Londres, 1997.
- BARNARD, J. A. *Flame and Combustion*. Chapman and Hall, Londres, 1996.
- SHAIK A. QADER. *Natural gas substitutes from coal and oil*. Elsevier, Oxford, 1985.

COMPLEMENTARIA:

- BADIN, E.J. *Coal Combustion-Correlation Aspects*. Elsevier, Amsterdam, 1994.

c) PRACTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS

1. ORGANIZACIÓN

Las prácticas en el laboratorio se organizarán por grupos y en los días señalados en el horario. Para la organización de dichos grupos se procurará que los alumnos elijan tanto el día como los compañeros de prácticas. Para ello, se entregará al profesor responsable del laboratorio la ficha correspondiente con los datos personales y una fotografía, de buena calidad y actual, pegada. Todo ello se llevará a cabo en los diez primeros días desde el comienzo de las clases. El cumplimiento de este trámite, dentro del plazo indicado, es indispensable para ser admitido en las prácticas de laboratorio.

Las prácticas de laboratorio tendrán lugar los días señalados en el calendario que se establezca y no podrán dejar de realizarse ningún día lectivo, salvo orden expresa de la Subdirección de Ordenación Académica o fuerza mayor. Una eventual falta de asistencia por motivos particulares se recuperará al final de curso en los días que se establezcan.

2. RELACION DE PRÁCTICAS

2.1 COMBUSTIBLES SÓLIDOS

Carbones:

- Práctica nº 1: Determinación de la humedad total.
- Práctica nº 2: Determinación de las cenizas.
- Práctica nº 3: Determinación de las materias volátiles.
- Práctica nº 4: Determinación del azufre total.
- Práctica nº 5: Hinchamiento en crisol.
- Práctica nº 6: Poder calorífico superior.

2.2 PRODUCTOS DEL PETRÓLEO

Crudos de petróleo:

- Práctica nº 7: Contenido en agua.
- Práctica nº 8: Fraccionamiento atmosférico.

Combustibles para aviación y querosenos:

- Práctica nº 9: Puntos de inflamación y de combustión en vaso abierto.
- Práctica nº 10: Puntos de inflamación y de combustión en vaso cerrado.

Combustibles Diesel:

- Práctica nº 11: Puntos de anilina y anilina-heptano.

Fuelóleo:

- Práctica nº 12: Residuo carbonoso Conradson.
- Práctica nº 13: Residuo carbonoso Ramsbottom.

Aceites lubricantes:

- Práctica nº 14: Índices de acidez y alcalinidad con indicador de color.
- Práctica nº 15: Ensayos sobre viscosidad Engler, Saybolt y Cinemática.
- Práctica nº 16: Determinación de la rigidez dieléctrica.

d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

1. El contenido de la asignatura se divide en tres partes: teoría, problemas y prácticas en el laboratorio.
2. La evaluación de la teoría se lleva a cabo mediante cuestiones breves valorando la capacidad de aplicación de los conceptos, evitando la reproducción de lo expuesto en las clases o contenido literal de los textos recomendados. Los temas objeto de la evaluación se escogerán al azar al comienzo de la prueba de entre los que figuran en el programa de la asignatura.
3. Los problemas son de aplicación de conceptos y tienen características similares a los resueltos durante el curso.

Con el enunciado se adjunta toda la documentación necesaria para su resolución.

4. Para obtener el aprobado de la asignatura es indispensable tener aprobadas las prácticas de laboratorio.
5. Las prácticas de laboratorio se podrán aprobar por curso. Las prácticas serán calificadas en base a dos criterios:
 - 5.1. Destreza en el laboratorio y resultados obtenidos
 - 5.2. Memoria realizada al finalizar la misma.

La calificación de laboratorio obtenida por curso contará, de forma ponderada, en la calificación final de la asignatura.

Para los alumnos que no aprueben las prácticas por curso, se realizará un examen final. Existirá otro examen de prácticas de laboratorio en la convocatoria de septiembre. En estas convocatorias finales la calificación del laboratorio será apto (5,0) o no apto.