

Problemas Tema 3. Industria de los procesos inorgánicos.

**Cemento**

III1. Un horno rotatorio de cemento de 40 m de longitud y 1,95 m de diámetro nominal funciona con carbón pulverulento, cuya entrada tiene lugar mediante soplante que insufla su mezcla con aire.

Atendiendo a los datos recogidos a continuación, determinar:

- El carbón consumido.
- La carga de alimentación por tonelada de clínquer producido.

Datos:

-Cada 8 h se producen 18.500 kg de clínquer habiendo adicionado 550 kg de yeso.

-Composiciones de las corrientes en base másica:

Gas salida		Clínquer		Caliza-Arcilla		Carbón	
CO <sub>2</sub>	25,4	CaO	65,4	CO <sub>2</sub>	31,9	C	64,5
O <sub>2</sub>	1,0	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,2	CaO	44,6	H	5,1
N <sub>2</sub>	73,6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,2	SiO <sub>2</sub>	15,9	S	1,8
		SiO <sub>2</sub>	23,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,5	O	6,2
				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,1	Cenizas	22,3

III2. Un clínquer de cemento tiene 6,6 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2,24 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y 0,2 % de SO<sub>3</sub> proveniente éste tanto de la materia prima como del combustible. Determinar la proporción en la que ha de adicionarse piedra de yeso del 97 % para evitar el efecto del A3C en el fraguado del cemento.

III3. Se desea obtener un cemento con un 70 % de silicatos con relación unidad entre ambas especies. Para ello se cuenta con las siguientes materias primas: arcilla (A), caliza (B) y bauxita (C). Determinar la dosificación de las tres especies.

A		B		C	
CaO	0,2	CaO	94,4	CaO	0,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	62,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,2	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,3
SiO <sub>2</sub>	75,0	SiO <sub>2</sub>	3,5	SiO <sub>2</sub>	10,3
PF	12,1	PF	42,3	PF	0,7
Otros	0,4	Otros	0,2	Otros	2,8

PF=Pérdidas al fuego

### Ácido sulfúrico

III4. Se obtiene ácido sulfúrico fumante (óleum) absorbiendo trióxido de azufre en fase gas en ácido sulfúrico del 98 % de pureza en masa. La oxidación catalítica en fase gas del dióxido de azufre con aire da lugar al trióxido de azufre según se expresa a continuación:



Por otro lado, todo el agua del ácido sulfúrico absorbente reacciona con el trióxido de azufre para dar sulfúrico, eliminando así el agua del sistema.

Tras 10 h en torre de absorción se obtienen los datos que siguen:

-Análisis de los gases de entrada y salida:

Gas	Composición entrada	Composición salida
SO <sub>2</sub>	0,2	0,22
SO <sub>3</sub>	7,5	0,00
O <sub>2</sub>	10,3	11,13
N <sub>2</sub>	82,0	88,65

-Masa obtenida de óleum = 18.350 kg

Calcular la masa de entrada de ácido y el volumen de los gases de entrada y salida.

III5. Una instalación de ácido sulfúrico tiene una emisión de gases de las características siguientes previa a su tratamiento:

Gas	Composición
SO <sub>2</sub>	0,5
O <sub>2</sub>	4,0
N <sub>2</sub>	95,5

La línea de tratamiento de gases correspondiente se corresponde con una calefacción hasta los 723,2 K seguida de una oxidación catalítica con una conversión de equilibrio del 47,7 % en proceso adiabático. Tras enfriamiento de la mezcla gaseosa resultante, se realiza absorción del trióxido de azufre en torre diseñada para el fin buscado con eficacia del 95 % y selectividad del 100 % con respecto a este gas. Calcular:

- Temperatura final del convertidor catalítico adiabático.
- Composición de los gases de salida (tras línea de tratamiento).
- Evaluar la mejora o no del tratamiento mediante un índice compuesto de la presentica de los dos óxidos, siendo el criterio de ponderación 10 para el SO<sub>2</sub> y 1 para el SO<sub>3</sub>.

Datos adicionales:

$$K_P (\text{atm}^{-0,5}) = P_{\text{SO}_3} \cdot (P_{\text{SO}_2})^{-1} \cdot (P_{\text{O}_2})^{-0,5}$$

$$R (\text{cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \cdot T (\text{K}) \cdot \ln K_P = 22.600 - 21,36 \cdot T (\text{K})$$

## Ingeniería de Procesos. Grado en Ingeniería Química. Curso 2014/15

### Cloro – Sosa

III6. Una célula de electrolisis de cloruro de sodio, tipología cátodo de mercurio, funciona:

Intensidad de trabajo	100 kA
Densidad de corriente (catódica)	61 A·dm <sup>-2</sup>
Tensión de trabajo	4,3 V
Masa de mercurio	2.200 kg
Producción de cloro	3,1 t·día <sup>-1</sup>
Concentración máxima de sodio en amalgama	0,2 %

Calcular:

- Consumos energéticos unitarios referidos a cloro, sosa e hidrógeno.
- Rendimientos energético y de la corriente.
- Caudal másico de recirculación de amalgamas.
- Calor generado por efecto Joule expresado por unidad de tiempo.

III7. Dos células de electrolisis para la obtención de cloro-sosa tienen las características siguientes:

Célula	Mercurio	Membrana
Densidad de corriente	1,0 A·cm <sup>-2</sup>	0,45 A·cm <sup>-2</sup>
Consumo energético en concentrar sosa al 50 %	0	420 MJ·t <sup>-1</sup>
Rendimiento de la corriente	97 %	93 %
Tensión	-3,5 V	-3,5 V
Superficie catódica por celda	10 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>

Considerando una producción anual de 100.000 t de cloro (1 año industrial equivale a 8.000 h), calcular y comparar en ambos casos:

- Superficie catódica necesaria y número de celdas.
- Consumos energéticos unitario, anual, eléctrico y térmico.
- Producción anual de sosa cáustica.