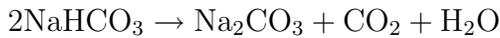


Problema 4 (Julio de 2000)

Una de las etapas del proceso Solvay de fabricación de carbonato sódico (Na_2CO_3) consiste en calcinar el bicarbonato sódico (NaHCO_3) para obtener el carbonato sódico, además de CO_2 y agua. LA reacción que tiene lugar, de forma total, en el calcinador es al siguiente:



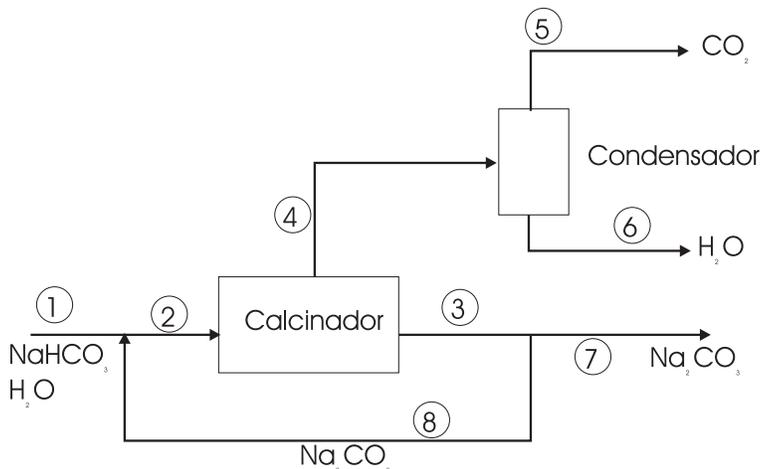
La totalidad del CO_2 y del agua salen por la corriente (4) hacia un condensador, que se supone trabaja en unas condiciones teóricas de presión y temperatura tales que condensa la totalidad el agua, que se retira por su parte inferior, (6), mientras que todo el CO_2 lo hace por la parte superior, corriente (5).

El carbonato sódico puro obtenido en el calcinador sale por (3), y, tras recircularse una parte, (8), a la cabeza del proceso, constituye el producto final, (7).

La corriente (1) entrante al proceso está formada por 1000kg/h de bicarbonato sódico húmedo (95 % bicarbonato, resto agua). La entrada al calcinador, (2), debe tener un máximo de un 4 % de agua. Se pide:

1. Balance de materia de todas las corrientes.
2. Si las condiciones teóricas en el condensador, en lugar de teóricas, fueran 20°C y 760mmHg de presión, y sabiendo que la presión de vapor del agua a 20°C es de 17,5mmHg, determinar la cantidad de agua que condensaría por al parte inferior y cómo serían las nuevas corrientes (5) y (6).

Datos: Pesos atómicos: C=12, O=16, H=1, Na=23



Solución

1) Análisis de los grados de libertad

	1	2	3	4	5	6	7	8
	%p	%m						
NaHCO ₃	0.95	?	?	0	0	0	?	?
H ₂ O	0.05	?	0	?	0	1	0	0
CO ₂	0	0	0	?	1	0	0	0
Na ₂ CO ₃	0	?	?	0	0	0	?	?
TOTAL	1000kg/h	?kmol/h						

INCÓGNITAS

Número de incógnitas en las corrientes: 18

Número de reacciones: 1

Número total de incógnitas: 18+1=19.

ECUACIONES

Balances

Calcinador 4 (4 especies participan)

Condensador 2 (2 especies participan)

Mezclador 3 (3 especies participan)

Divisor 2 (2 especies participan)

Restricciones

Sumatorios 5

Igualdad de composiciones a la salida del divisor 1

Especificaciones

Reacción total 1

Contenido máximo en agua 1

TOTAL : 4+2+3+2+5+1+1+1 = 19

$GRADOS DE LIBERTAD = 19 - 19 = 0$ Luego el problema está bien especificado.

NOTA: Todo el mundo ha considerado directamente en la tabla que la reacción es completa con lo que la corriente ③ queda definida con un contenido del 100% de carbonato sódico y consecuentemente las corrientes ⑦ y ⑧ también quedan con ese único componente. Por lo tanto son 6 incógnitas menos. Quedan 13 incógnitas. Las ecuaciones se reducen 1 en el divisor, 3 en los sumatorios, se elimina la restricción del sumatorio al sólo tener 1 componente y se elimina la especificación de reacción total. En definitiva desaparecen 6 ecuaciones. El análisis de grados de libertad queda de esta manera 13-13=0.

2) Planteamiento de la ecuaciones

Siendo $n_{i,x}$ = número de moles del componente x en la corriente i. Y siendo los componentes: bic=bicarbonato sódico, c=carbonato sódico, ag=agua y co2=CO₂.

Balances al mezclador

$$n_{1,bic} + n_{8,bic} = n_{2,bic}$$

$$n_{1,c} + n_{8,c} = n_{2,c}$$

$$n_{1,ag} + n_{8,ag} = n_{2,ag}$$

Balances al calcinador

$$\text{bic: } n_{2,bic} - \xi = n_{3,bic}$$

$$\text{c: } n_{2,c} + \xi/2 = n_{3,c}$$

$$\text{ag: } n_{2,ag} + \xi/2 = n_{3,ag}$$

$$\text{co2: } n_{2,co2} + \xi/2 = n_{3,co2}$$

Balances al divisor

$$n_{3,bic} = n_{7,bic} + n_{8,bic}$$

$$n_{3,c} = n_{7,c} + n_{8,c}$$

Balances al condensador

$$n_{4,ag} + n_{6,ag}$$

$$n_{4,co2} + n_{6,co2}$$

Reacción completa

$$\xi = n_{2,bic}$$

Especificación agua

$$x_{2,ag} = 0,04$$

Restricción del divisor

$$x_{7,bic} = x_{8,bic}$$

Sumatorios

$$\sum x_{k,i} = 1 \text{ Donde k son las corrientes: 2,3,4,7,8}$$