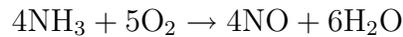


En un reactor de oxida amoníaco gas con aire para producir óxido de nitrógeno y agua(vapor) según la siguiente reacción:



La reacción tiene una conversión de amoníaco del 80% (porcentaje de moles convertidos).

Se alimenta al reactor una corriente (①) de 100kmol/h de amoníaco a 50°C junto con otra corriente (②) de aire con un caudal molar correspondiente al estequiométrico y una temperatura de 80°C.

La corriente producto de la reacción se introduce en un condensador donde se separa todo el agua y el amoníaco presente en la corriente. Los gases no separados se alimentan a un separador que retiene todo(y únicamente) el óxido de nitrógeno formado en la reacción. La corriente restante (oxígeno y nitrógeno) se recicla al reactor realizando previamente a su introducción una purga del 30%(molar) de la misma para evitar la acumulación de nitrógeno (inerte en la reacción) en el proceso. Determinar:

- Dibujar el diagrama de flujo del proceso (1 ptos)
- Realizar el análisis de los grados de libertad del proceso (4 ptos)
- Resolver los caudales de todas las corrientes del proceso (7.5 ptos)
- Sabiendo que el reciclo al reactor entra a 140°C calcular la temperatura de la corriente de salida del reactor. (2.5 ptos)

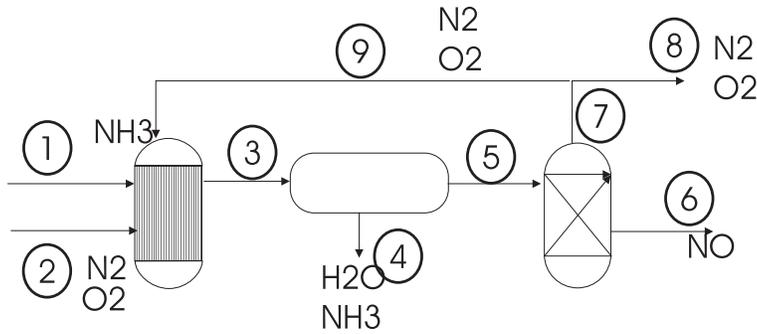
Datos :

- Calor específico medio del amoníaco 9.8kcal/kmol°C
- Calor específico medio del nitrógeno 7.1kcal/kmol°C
- Calor específico medio del oxígeno 7.5kcal/kmol°C
- Calor específico medio del vapor de agua 8.2kcal/kmol°C
- Calor específico medio del óxido de nitrógeno 7.4kcal/kmol°C
- Calor de reacción a 120°C y 1 atm -52kcal/mol de óxido formado. (reactivos y productos en fase gas)

Puntuación total del problema 15 puntos.

Tiempo 1 hora.

Solución



kmol/h-%		①		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧		⑨
NH ₃		100		0		?		?		0		0		0		0		0
O ₂		0		23		?		0		?		0		?		?		?
N ₂		0		77		?		0		?		0		?		?		?
NO		0		0		?		0		?		100		0		0		0
H ₂ O		0		0		?		?		0		0		0		0		0
TOTAL	100	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100

Número de Incógnitas: 24 + 1 reacción. TOTAL 25

Número de Ecuaciones:

-BALANCES DE MATERIA

Al reactor: 5

Al Condensador: 5

Al Separador: 3

A la División: 2

TOTAL: 15

- RESTRICCIONES

Sumatorios: 6

Especificaciones: 3 (conversión reacción, proporción entrada estequiométrica y % de purga)

Igualdad de composiciones de un componente en la dos corrientes en que se separa la división: 1
(sólo es necesario 1 ya que el resto viene dado por la restricción del sumatorio al ser 2 componentes)

TOTAL: 10

TOTAL ECUACIONES: 25

Grados de libertad: 25-25 = 0

La cantidad que reacciona es el 80% de la alimentación de amoníaco dada su conversión. Luego reaccionan $\xi = 0.8 * N_{1,NH_3} = 0.8 * 100 = 80 \text{ kmol/h}$

La cantidad de aire que entra es la estequiométrica con la cantidad de amoníaco luego entran

$$N_{2,O_2} = 5/4 N_{1,NH_3} = \frac{5}{4} * 100 = 125 \text{ kmol/h}$$

Conociendo la composición del aire tenemos el nitrógeno que acompaña al oxígeno:

$$N_{2,N_2} = 0.77 * N_{2,O_2} / 0.23 = 418.48 \text{ kmol/h}$$

Como en estado estacionario todo lo que entra al sistema debe de salir tenemos que la purga debe llevarse el nitrógeno entrante más el oxígeno sobrante.

Balance global

$$\text{Nitrógeno: } N_{8,N_2} = N_{2,N_2} = 418.48 \text{ kmol/h}$$

$$\text{Oxígeno: } N_{8,O_2} = N_{2,O_2} - 5/4\xi = 125 + 5/4 * 80 = 25 \text{ kmol/h}$$

La purga está formada por $418.48 + 25 = 443.48 \text{ kmol/h}$. La composición de la purga queda:

$$x_{8,O_2} = 25/443.48 = 0.056 \text{ y } x_{8,N_2} = 418.48/443.48 = 0.944 \text{ Como la purga es el 30\% de la corriente}$$

⑦ tenemos:

$$0.3N_7 = N_8 \Rightarrow N_7 = 443.48/0.3 = 1478.3 \text{ kmol/h}$$

Y haciendo un **balance al divisor de la purga:**

$$N_9 = N_7 - N_8 = 1478.3 - 443.48 = 1034.8 \text{ kmol/h}$$

Al ser un divisor las composiciones de las corrientes ⑦, ⑧ y ⑨ son iguales luego los moles de oxígeno y nitrógeno en la corriente ⑨ reciclada al reactor son:

$$N_{9,O_2} = N_9 * x_{8,O_2} = 1034.8 * 0.056 = 57.95 \text{ kmol/h}$$

$$N_{9,N_2} = N_9 * x_{8,N_2} = 1034.8 * 0.944 = 976.85 \text{ kmol/h}$$

Balances al reactor

$$N_{3,NH_3} = N_{1,NH_3} - \xi = 100 - 80 = 20$$

$$N_{3,O_2} = N_{2,O_2} + N_{9,O_2} - 5/4\xi = 125 + 57.95 - 5/4 * 80 = 82.95 \text{ kmol/h}$$

$$N_{3,N_2} = N_{2,N_2} + N_{9,N_2} = 976.85 + 418.48 = 1395.3 \text{ kmol/h}$$

$$N_{3,NO} = \xi = 80 = 80 \text{ kmol/h}$$

$$N_{3,H_2O} = 6/4\xi = 6/4 * 80 = 120 \text{ kmol/h}$$

Balance al Condensador

Todo el agua y el amoníaco salen en la fase líquida. $N_{4,NH_3} = N_{3,NH_3} = 20 \text{ kmol/h}$

$$N_{4,H_2O} = N_{3,H_2O} = 120 \text{ kmol/h}$$

$$N_{5,O_2} = N_{3,O_2} = 82.95 \text{ kmol/h}$$

$$N_{5,N_2} = N_{3,N_2} = 1395.3 \text{ kmol/h}$$

$$N_{5,NO} = N_{3,NO} = 80 \text{ kmol/h}$$

Balance al Separador

Se separa todo el óxido formado en la reacción. $N_{6,NO} = N_{5,NO} = 80 \text{ kmol/h}$

$$N_{7,O_2} = N_{5,O_2} = 82.95 \text{ kmol/h}$$

$$N_{7,N_2} = N_{5,N_2} = 1395.3 \text{ kmol/h}$$

Estas composiciones de la corriente ⑦ se comprueba que corresponden a las de la purga como era de esperar.

kmol/h-%		①		②		③		④		⑤		⑥		⑦
NH ₃		100		0	20	1.2	20	14.3		0		0		0
O ₂		0	125	23	82.95	4.9		0	82.95	5.4		0	82.95	5.6
N ₂		0	418.48	77	1395.3	82.1		0	1395.3	89.5		0	1395.3	94.4
NO		0		0	80	4.7		0	80	5.1	80	100		0
H ₂ O		0		0	120	7.1	120	85.7		0		0		0
TOTAL	100	100	543.48	100	1698.2	100	140	100	1558.2	100	80	100	1478.3	100

kmol/h-%		⑧		⑨
NH ₃		0		0
O ₂	25	5.6	57.95	5.6
N ₂	418.48	94.4	976.85	94.4
NO		0		0
H ₂ O		0		0
TOTAL	443.48	100	1034.8	100

Balance de entalpía

$\Sigma m_{in}H_{in} = \Sigma m_{out}H_{out} + M_{reac}H_{reac}$ Tomamos como temperatura de referencia 120°C ya que es la que nos permite realizar los cálculos al tener el calor de reacción a esa temperatura.

$$m_1Cp_1(T - T_{ref}) + m_2Cp_2(T - T_{ref}) + m_9Cp_9(T - T_{ref}) = m_3Cp_3(T - T_{ref}) + M_{reac}H_{reac}$$

$$100 * 9.8 * (50 - 120) + 125 * 7.5 * (80 - 120) + 418.48 * 7.1 * (80 - 120) + 57.95 * 7.5 * (80 - 120) + 976.85 * 7.1 * (80 - 120) = 20 * 9.8 * (T - 120) + 82.95 * 7.5 * (T - 120) + 1395.3 * 7.1 * (T - 120) + 80 * 7.4 * (T - 120) + 120 * 8.2 * (T - 120) + 80 * (-52000)$$

Despejando resulta una temperatura de 416°C.