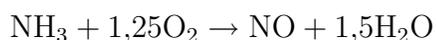


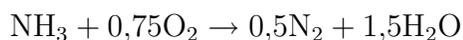
La alimentación de amoníaco se dispone ya a 10atm y 350°C . Esta alimentación se mezcla con el aire primario para a continuación entrar en el reactor de oxidación de amoníaco. El oxígeno se alimenta en exceso sobre el estequiométrico, obteniéndose una concentración de amoniaco en esta mezcla de aproximadamente un 13.5 %molar.

2. Reacción

En esta sección se produce la reacción de oxidación del amoniaco. El reactor de oxidación tiene un catalizador basado en platino que permite operar a 940°C y 10atm para obtener una conversión de amoníaco del 94 %. La reacción de oxidación es la siguiente:



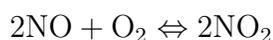
En esas condiciones de operación la única reacción que compite con la anterior es la de formación de nitrógeno:



La reacción de oxidación es fuertemente exotérmica y el calor que desprende se aprovecha para calentar los gases de cola procedentes de la absorción. La corriente saliente del reactor sufre un enfriamiento inicial hasta los 450°C . Este calor se aprovecha para generar vapor. Posteriormente intercambia calor con la corriente de gases procedente de la absorción antes de entrar en el primer enfriador.

3. Enfriamiento-condensación

El monóxido de nitrógeno producido por la oxidación del amoníaco reacciona con el oxígeno según la siguiente reacción reversible:



Esta reacción se favorece a bajas temperaturas, consiguiéndose a temperaturas por debajo de 150°C un desplazamiento casi total hacia la formación del dióxido de nitrógeno.

La corriente procedente del intercambiador entra en el primer enfriador, en este se produce la oxidación del monóxido junto con la dimerización del mismo a N_2O_4 , reacción reversible que también es favorecida a bajas temperaturas. Estas dos reacciones se puede considerar que alcanzan el equilibrio. También sucede la reacción de formación de ácido nítrico, pero las condiciones de operación del primer enfriador son tales que no hay fase líquida para evitar una condensación del nítrico. La extensión de la reacción de formación del nítrico es tal que a la salida del mismo hay una fracción molar de alrededor de un 2%.

La salida de este enfriador pasa a un segundo en el que suceden las mismas reacciones y además se produce condensación de nítrico, la extensión de la reacción de formación de nítrico es aproximadamente un 19 % (típicamente entre un 15 y un 20%) de los moles de NO_x presentes en la

corriente de entrada. Las otras dos reacciones alcanzan igualmente el equilibrio. La temperatura de este enfriador-condensador es tal que el condensado tenga una concentración de nítrico (en peso) de entre el 40 y el 50 % puede tomarse inicialmente 45 %.

4. Absorción y desgasado

La producción mayor de ácido nítrico se realiza en la columna de absorción. Esta es una columna en la que además de la absorción se produce reacción química. El diseño de la columna es complejo y aunque la reacción de absorción se puede expresar de forma global como:



en la realidad suceden más de una decena de reacciones. Para simular la columna se van a considerar las siguientes reacciones:

Absorción de dióxido en agua.

Oxidación de NO

Dimerización de del dióxido de nitrógeno

Absorción del dímero según la reacción (ficticia, es una ponderación de las que participa este compuesto): $1,5\text{N}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$. Las tres primeras reacciones se simularán como que se sitúan cerca del equilibrio, con temperaturas de aproximación al equilibrio que oscilan entre 0 y 10°C . Mientras que para la última reacción se pondrá una conversión del 80 % de N_2O_4 .

La columna tiene entre 30 y 50 platos y es alimentada por cabeza por agua y por el fondo por la corriente vapor procedente del enfriador-condensador. La corriente de condensado del enfriador-condensador se alimenta también a la columna de absorción en un plato entre la cabeza y la mitad de la columna.

La salida de fondo de la columna se alimenta al desgasador (bleacher) por cabeza mientras que por el fondo entra el aire secundario (enfriado hasta 300°C) que arrastrará más del 99 % del NO_2 que venía con la corriente de ácido nítrico de la columna de absorción. Normalmente esto se consigue con un número reducido de etapas, entre 5 y 10.

La salida de fondos del desgasador es la corriente producto del proceso, mientras que los vapores son alimentados al primer enfriador donde se produce la oxidación del NO.

Se quieren obtener unas 2300t/d de ácido nítrico con una concentración en peso de un 60 % (o próxima a ella).

5. Recuperación de energía

La corriente de gases de cola procedente de la columna de absorción intercambia calor con la corriente que sale del reactor y posteriormente aprovecha el calor de reacción de la oxidación de amoníaco. Finalmente esta corriente pasa a una turbina isentrópica de gas donde se expande en 2 etapas y se aprovecha la energía (esta sirve para accionar en gran parte el compresor de aire). La eficiencia de

cada etapa es del 70 %.

Otro aprovechamiento de energía es con la corriente a la salida del reactor que pasa por un cambiador inicial donde se enfría hasta 450°C . Ese calor sirve para generar vapor a 18atm que acciona una turbina donde se aprovecha de nuevo energía. Esta turbina es igualmente isentrópica, de dos etapas y con una eficiencia en cada etapa del 70 %.

De esta forma se consigue que las turbinas proporcionen alrededor del 80 % de la potencia necesaria en el compresor.

Referencias

Apuntes de la asignatura Tecnología Química Inorgánica
Enciclopedia Kirk-Othmer.