

Diseño de operaciones de captura de CO₂ para acondicionamiento de aires submarinos

Daniel Hospital Benito

Máster en Ingeniería Química



MÁSTERES
DE LA UAM
2017 - 2018

Facultad de Ciencias

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA QUÍMICA

CURSO ACADÉMICO 2017-18



TRABAJO FIN DE MASTER

**DISEÑO DE OPERACIONES DE
CAPTURA DE CO₂ PARA
ACONDICIONAMIENTO DE AIRE
EN SUBMARINOS**

AUTOR: DANIEL HOSPITAL BENITO

DIRECTORES: JOSÉ PALOMAR HERRERO Y CRISTIAN MOYA ÁLAMO

1. RESUMEN.

La eliminación del dióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera interior de un submarino nuclear típico puede lograrse mediante múltiples técnicas. La absorción química del CO_2 con una solución acuosa de monoetanolamina (MEA) es la más extendida de ellas. El gran inconveniente de esta tecnología son las fugas de MEA que se producen a causa de su volatilidad y que son de gran preocupación por la corrosividad y toxicidad de este compuesto. Por ello, este proyecto abordará la absorción química utilizando un líquido iónico (LI) como alternativa tecnológica a la actual absorción química con MEA para la captura de CO_2 en submarinos.

Se realizó una revisión bibliográfica para fijar unas bases de diseño para la modelización de ambos procesos que se ajustasen a la realidad operacional del submarino. Se definió una corriente común de aire a tratar; con un caudal de 32,8 kmol/h, compuesta por un 0,5%vol de CO_2 , un 2,4%vol de agua, un 17,0% de O_2 y un 80,1%vol de N_2 (según niveles de exposición en submarinos) y con una temperatura de 26,7°C y una presión de 1 atm; así como un caudal de CO_2 a eliminar de 6 kg/h en base a la emisión que produce de este gas una tripulación típica en un submarino nuclear.

Se empleó el simulador Aspen Plus para la modelización del proceso de captura de CO_2 tanto con MEA como con LI, teniendo en cuenta tanto la operación de absorción química del CO_2 como la regeneración del absorbente. En primer lugar, se realizó la validación de los modelos de propiedades (ENRTL-RK para la MEA y COSMO-SAC para el LI) a partir de datos experimentales (isotermas gas-líquido) recopilados para ambos absorbentes. En el caso de la MEA, es necesario adecuar el modelo ENRTL-RK mediante el ajuste de su paquete de reacciones asociado para que describa el equilibrio termodinámico en el rango de presiones parciales de CO_2 de interés mientras que para el LI éste se describe adecuadamente mediante COSMO-SAC.

A continuación, se modelizó la operación de absorción para cada absorbente utilizando la corriente de aire y la tasa de eliminación de CO_2 definidas. En el caso del proceso de MEA, el absorbente se alimenta a 32,2°C y 1 atm de presión y se estudió el efecto del caudal (1-15 kmol/h) en la altura de columna necesaria, logrando con 4 kmol/h una altura de 1,5 m. Para el LI se hizo lo mismo pero modificando, además del caudal, su temperatura de alimentación a la columna (25-50°C) y la presión de operación (1-3 atm), obteniendo que alimentando el LI a 25°C y operando a 3 atm es posible el uso de una columna de 1,5 m con un caudal mínimo de 2,6 kmol/h.

Posteriormente, se modelizó la regeneración del absorbente. Para el proceso con MEA se determinó que operando a 2,5 atm en lugar de a 1 atm era posible alcanzar prácticamente un 80% de regeneración del absorbente en una columna de 1,5 m de altura debido al aumento de la temperatura en el calderín (131°C) que se generaba.

En el caso del LI, se combinó el efecto de la subida de la temperatura (105-175°C) con una despresurización cuando la absorción trabajaba a alta presión (2-3 atm) y se estudió el efecto de la altura de columna, llegando a la conclusión de que a temperaturas de en torno a 145°C y despresurizando de 3 hasta 1 atm se pueden alcanzar regeneraciones de absorbente mayores (83%) con una columna de idéntica altura (1,5 m).

Finalmente, se modelizó el proceso completo de captura para ambos absorbentes englobando los dos operaciones con el objetivo de calcular y analizar los consumos energéticos de cada proceso. Se comprobó que utilizar el LI supone un incremento importante del consumo energético, que pasa de 30,4 kW para la solución de MEA a 125,3 kW para el LI. En el proceso base con MEA estos consumos están marcados por la temperatura de regeneración. Con el LI la influencia predominante es el elevado caudal másico de absorbente necesario (825,4 kg/h) debido a su alto peso molecular. No obstante, la utilización de la solución acuosa de MEA conlleva unas pérdidas totales de 7,6 kg/h de disolvente (agua) y de reactivo (MEA), alcanzándose concentraciones de MEA superiores a 9 ppm en la corriente de aire tratado y 21 ppm en la corriente gas de salida del regenerador, por lo que sería necesario su tratamiento, mientras que el LI no presenta emisiones de ningún tipo. Trabajos futuros podrían mejorar la viabilidad de la propuesta de este proyecto optimizando la integración energética del proceso y estudiando alternativas que permitan la reducción de la masa molecular del absorbente.