

9

**PRODUCIR FRIO
ABSORBIENDO
BURBUJAS DE
AMONIACO**

Producir frío absorbiendo burbujas de amoníaco

Roberto Best y Brown¹, Jorge de J. Chan González².

¹IER-UNAM,²Facultad de Ingeniería, UAC.

Introducción

Los sistemas de enfriamiento por absorción se han utilizado comercialmente desde algunas décadas, para diversos usos incluyendo el aire acondicionado y la refrigeración, utilizando para ello diversos ciclos termodinámicos y tecnologías de intercambio de calor. No obstante, su uso se ha limitado debido principalmente a su bajo rendimiento y altos costos de inversión, por lo menos comparados con los sistemas de compresión que se utilizan de manera masiva por todo el mundo. Debido a esto los sistemas de absorción y más recientemente los sistemas de adsorción y los sistemas desecantes se han utilizado en lo general solamente cuando existen grandes cantidades de energía térmica como el

calor de desecho, y se pueden adaptar a tecnologías como la solar térmica y la geotérmica, entre otras.

El trabajo de investigación desarrollado hasta ahora a nivel mundial ha dado frutos tanto en la investigación de nuevos sistemas más eficientes y en la reducción de costos, sin embargo, falta una política clara de los gobiernos en apoyar estos esfuerzos de desarrollo tecnológico.

Es con esta intención que se decidió proponer el proyecto CEMIESOL P09 con el objetivo de desarrollar sistemas de enfriamiento operados con energía solar. El objetivo principal es el desarrollo de sistemas de enfriamiento por absorción para la conservación de productos y el acondicionamiento de espacios con

energía solar operando a través de la investigación aplicada para el desarrollo de prototipos nacionales.

1. Antecedentes

El uso del amoníaco en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado tiene una larga trayectoria ya que sus propiedades termodinámicas son excelentes, tiene un calor latente de evaporación sólo superado por el agua, pero a diferencia de esta puede operar a temperaturas por debajo de los -40°C .

Aunque tiene un problema de toxicidad, se ha vuelto a posicionar como un refrigerante muy importante ya que además de sus propiedades termodinámicas, no destruye la capa de ozono ni tiene ningún efecto de tipo invernadero, es por tanto un refrigerante ecológico.

En los sistemas de refrigeración convencionales el buen funcionamiento del condensador es vital, porque es ahí donde se disipa el calor ganado durante el proceso de evaporación y durante el proceso de compresión mecánica, así como calor por sobrecalentamiento ganado en algún punto del sistema (por ejemplo, tubería de retorno, desnuda y expuesta a la radiación solar); en algunos

casos si el condensador no funciona adecuadamente se puede tener hasta un 20% más de consumo de energía. En el caso de los sistemas de refrigeración por absorción es crítico para su buen funcionamiento el diseño del absorbedor debido a que ahí ocurren fenómenos de transferencia de calor y de masa y están asociados calores ganados durante la evaporación, la generación y el calor exotérmico de la absorción. La mezcla amoníaco-agua ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$) es el fluido de trabajo más utilizado por los equipos de absorción empleados en refrigeración. Se plantea un estudio teórico-experimental del proceso de absorción en un intercambiador de calor de placas utilizando una mezcla alternativa al amoníaco-agua, tal como el amoníaco-Tiocianato de Sodio ($\text{NH}_3\text{-NaSCN}$) para acoplarse a equipos de refrigeración por absorción.

El absorbedor propuesto es un intercambiador de placas al cual se le adaptará un distribuidor para inyectar el amoníaco vapor de amoníaco como burbujas en los canales del intercambiador realizando una absorción más eficiente que en otros sistemas empleados como son los de película descendente. Se ha demostrado que para mezclas absorbentes viscosas como la mezcla $\text{NH}_3\text{-NaSCN}$ los absorbedores

de burbuja pueden mejorar el proceso de absorción y combinado con el intercambiador de placas resulta en un componente sumamente compacto.

2. ¿Cuál es la demanda de aire acondicionado?

La demanda mundial de aire acondicionado y refrigeración está aumentando; subió un 4.5% anual entre el 2000 y el 2014, impulsado principalmente por Medio Oriente, el Sudeste Asiático y América Latina. Los sistemas de enfriamiento por compresión dominan el mercado con cifras que llegan a millones de sistemas instalados cada año, Se estima que para el año 2050, 1,600 millones de nuevos aires acondicionados serán instalados globalmente [MIREC

Dentro de los sistemas de producción de frío los sistemas que dominan el mercado internacional son los sistemas por compresión mecánica de vapor, cubriendo más del 95 % de los sistemas instalados comercialmente

Sin embargo aunque son cada vez más eficientes los sistemas utilizan principalmente energía eléctrica para operar. No existen muchos sistemas que puedan ser una alternativa, sin embargo en este trabajo se sigue una línea de

investigación y desarrollo que propone el uso de sistemas de refrigeración por absorción que utiliza principalmente energía térmica para activarlos. Las alternativas de fuentes térmicas son variadas, el uso de la energía solar es una posibilidad ya que se tiene normalmente la necesidad del frío cuando se cuenta con el recurso solar.

El IER coordina el proyecto “Desarrollo de sistemas de enfriamiento solar” CeMIE-Sol P09 cuyo objetivo principal es el desarrollo y construcción de nuestros propios tecnología de sistemas de enfriamiento utilizando sistemas térmicos de refrigeración como los sistemas por absorción.

El sistema más desarrollado es el sistema de absorción y sobre todo si se propone el uso de energía solar térmica para su operación. Es importante recalcar que hay muchas fuentes de energía térmica que se puede utilizar, como puede ser el calor de desecho y de procesos industriales, biomasa a través de calderas que la quemamos o con la producción de biogás, en fin cualquier fuente térmica disponible si tiene la temperatura adecuada se puede utilizar, como puede ser el calor rechazado en los autos por el escape, o sistemas de cogeneración donde el calor de desecho de la turbina puede activar

aciones de los elementos presentes en la
ie de la película delgada de ZnO

un sistema de absorción.

El amoníaco ha sido utilizado en sistemas de absorción desde hace más de un siglo, se utiliza agua como absorbente. Sin embargo en nuestro grupo de trabajo como en otras instituciones se ha tratado de experimentar con otro absorbente como el nitrato de litio y más recientemente aunque hasta ahora en forma teórico con el tiocianato de sodio. Buscando obtener ciertas mejoras con respecto al agua, como es no requerir un rectificador para limpiar el amoníaco vapor que sale del generador, así como menores temperaturas de activación.

En los últimos años, se han realizado una serie de investigaciones sobre el uso de sales inorgánicas en sustitución del agua como absorbente del amoníaco

Ante la escasa información experimental de la utilización de NaSCN, Tiocianato de sodio, como absorbente de amoníaco, se propone realizar algunas pruebas en un circuito de enfriamiento de absorción incorporando el absorbedor de placas con un distribuidor interno que mejore la absorción. Para lograr una absorción eficiente del amoníaco en la solución de Tiocianato se propone utilizar un absorbedor de burbujas que permite un contacto completo entre el amoníaco en

forma de burbujas que se inyecta a través de un distribuidor y la solución diluida en amoníaco que la absorbe dentro del intercambiador de placas que

Lo que se espera de los estudios teóricos previos y propiedades de la mezcla es que el sistema con tiocianato produce una buena absorción mejor que la de nitrato de litio incrementando el COP, como se muestra en la tabla 1 donde se comparan datos de las dos mezclas, ya que es menos viscosa, y además con la ventaja sobre el sistema amoníaco agua de no requerir una rectificación del vapor saliendo del generador. La desventaja pudiera ser un rango de temperaturas de operación en el evaporador más restringido por el riesgo de cristalización en comparación con las otras mezclas propuestas.

Respecto a la sal NaSCN se ha reportado como no tóxico, no corrosivo no explosivo y relativamente barato en comparación con el Nitrato de litio.

3. Resultados esperados en esta propuesta.

Ya se han realizado por este grupo de trabajo estudios teóricos y experimentales con amoníaco como refrigerante y nitrato de litio como absorbente, reportados en

varios artículos. Sin embargo, no se han reportado estudios con la mezcla de amoníaco con NaSCN en sistemas por absorción y absorbedor de burbujas.

Se propone entonces realizar el estudio del proceso de absorción en el absorbedor de tipo burbuja que ha dado buenos resultados. El otro resultado de la reunión es que ya no se utilizaría la instalación experimental usada en los trabajos anteriores sino que dada la disponibilidad de varios sistemas de absorción desarrollados bajo el alcance del proyecto CEMIESOL P09 se utilizaría el sistema de absorción que se muestra en la figura 1 que está integrado por intercambiadores de placas en todos sus componentes y ha sido operado satisfactoriamente con amoníaco nitrato de litio y amoníaco agua.

Es importante instrumentar con más sensores el absorbedor de placas ya que es la base de que el sistema opere eficientemente..

Otra ventaja de utilizar este equipo es que el inventario de solución requerida no es mayor a 9 litros de solución por lo que se cuenta con sal suficiente para abastecer este equipo.

AMONIACO		TIOCIANAT O	DE	SODIO	
TEV, °C	T _{CO} , °C	TAB, °C	TGE, °C	FR, ADIM	COP, ADIM
-10	30	30	90	16.6	0.288
-5	30	30	90	9.54	0.489
0	30	30	90	6.55	0.500

AMONIACO		NITRATO	DE	LITIO	
TEV, °C	T _{CO} , °C	TAB, °C	TGE, °C	FR, ADIM	COP, ADIM
-10	30	30	90	7.30	0.343
-5	30	30	90	6.39	0.406
0	30	30	90	4.88	0.456

Tabla 1. Datos comparativos de operación a distintas temperaturas de evaporación de las mezclas amoníaco-nitrato de litio y amoníaco -tocianato de sodio



Figura 1.. Sistema de refrigeración por absorción con intercambiadores de placas