

Posibilidad de aplicación del deshumidificador de rueda desecante en procesos de producción y conservación de alimentos en Cuba.

T. Carbonell Morales G. Quesada Ramos.

Facultad de Ingeniería Mecánica.
 Instituto Superior Politécnico *José A. Echeverría* (ISPJAE).
 Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables
 Calle 127 s/n, CUJAE, Marianao 15, Ciudad Habana, Cuba.
 Teléfono: 53 7-260 2267, Fax: 53 7-267 7129.

(Recibido el 12 de Marzo del 2002, aceptado el 17 de Septiembre del 2002).

Resumen.

El control de la humedad relativa es de vital importancia en el desarrollo con calidad de muchos procesos industriales, tales como: procesos de climatización y refrigeración para evitar la indeseable formación de escarchas en la manipulación y almacenaje de productos a granel en la industria azucarera y del cemento, y en la producción y conservación con calidad de muchos alimentos.

En este trabajo se muestra el sistema deshumidificador de rueda desecante como una variante novedosa de producción de aire seco y para el control de humedad, detallándose su principio de funcionamiento y los materiales desecantes más frecuentemente empleados.

Palabras claves: Deshumidificación, desecantes, humedad.

1. Introducción.

Muchos procesos de producción industrial requieren condiciones específicas de humedad, siendo necesario un control estricto de este parámetro.

El control de la humedad del aire a presión atmosférica puede realizarse de tres formas: enfriándolo para condensar el vapor de agua, total para originar la condensación, o presentando un desecante ante el aire.

A la mayoría de las personas le es familiar el principio de la condensación. Cuando el aire se enfría por debajo de su temperatura de rocío, la humedad se condensa sobre la superficie más próxima y el aire ha sido deshumidificado por el principio de enfriamiento y condensación. La cantidad de humedad eliminada depende de cuanto se puede enfriar el aire (cuanto más baja sea la temperatura, más seco estará el aire). Este es el principio de funcionamiento que se esconde detrás de la mayoría de los sistemas de acondicionamiento de aire comerciales y residenciales.

Un sistema de refrigeración convencional enfría el aire, elimina parte de su humedad en forma de condensado y devuelve al local un aire deshumidificado y más frío. El sistema, básicamente bombea el calor

desde el aire seco hasta un aire situado en otra localización, empleando para ello gas refrigerante, como se muestra en la Figura 1.

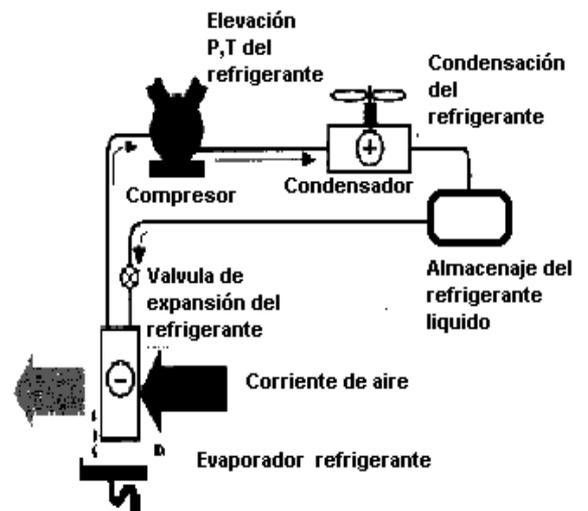


Fig.1. Esquema de la deshumidificación por refrigeración.

Los equipos deshumidificadores basados en el enfriamiento son muy diversos, literalmente, miles de combinaciones diferentes de compresores, evaporadores y condensadores se emplean en todo el mundo. Pero hay tres configuraciones básicas interesantes para los diseñadores de sistemas de control de humedad, estas son:

- Refrigeración por expansión directa
- Refrigeración por líquido frío
- Sistemas de deshumidificadores - recalentamiento

Bajo ciertas condiciones, estos sistemas ofrecen deshumidificación muy eficaz, sin embargo existen varias desventajas importantes con este tipo de deshumidificación:

Solo pueden funcionar, hasta 6 °C, en cuyo punto el serpentín evaporador comienza a cubrirse de hielo, de manera que la unidad tiene que funcionar en un ciclo de descarchado y se hace difícil mantener una humedad relativa constante a temperatura más bajas.

Hay que instalar un procedimiento de mantenimiento regular con una vida de sustitución de entre 7 a 10 años.

El empleo de refrigerantes permite alcanzar valores inferiores, pero también tiene inconvenientes:

1. Alto riesgo de corrosión
2. Las fugas son un riesgo
3. Costos energéticos mayores
4. Más dificultades para lograr condiciones estables

Secado del aire mediante empleo de desecantes.

Los deshumidificadores desecantes se diferencian bastante de los basados en el principio del enfriamiento. En lugar de enfriar el aire hasta condensar su humedad, los desecantes atrapan la humedad del aire al crear un área de baja presión de vapor en la superficie del desecante. La presión ejercida por el agua en el aire es mas alta, por eso las moléculas de agua se desplazan desde el aire hacia el desecante y el aire se deshumidifica.[1]

Los desecantes comerciales diseñados para atrapar agua pueden absorber desde el 10 % hasta 10 000% de su peso seco. La característica esencial de los desecantes es la baja presión de vapor de su superficie. Si el desecante esta frío y seco, la presión de vapor en su superficie es baja y puede atrapar humedad del aire.

Los deshumidificadores desecantes emplean los cambios en la presión de vapor de su superficie para secar el aire continuamente mediante un ciclo repetitivo de tres etapas:

- **Adsorción:** El desecante frío y seco atrapa humedad del aire; a medida que va absorbiendo humedad se va

calentando y humedeciendo hasta que su presión de vapor es igual a la del aire que lo rodea, a partir de entonces, ya no puede absorber más agua

.- **Desorción:** El desecante es apartado del aire húmedo, calentado y colocado en un flujo de aire diferente, tiene ahora una presión de vapor muy alta en su superficie, la humedad sale de él, se llega a un punto en que el material adsorbente esta seco pero caliente.

- **Enfriamiento:** Para recobrar su baja presión el desecante se debe enfriar y así reiniciar el ciclo.

Los desecantes pueden ser sólidos o líquidos, por ejemplo la silica gel es un desecante sólido muy utilizado, el trietileno glicol es un poderoso líquido desecante. Los desecantes sean sólidos o líquidos, se comportan de la misma forma: la presión de vapor de su superficie es función de su temperatura y su contenido de humedad.

Una sutil diferencia entre los desecantes es su reacción a la humedad. Algunos simplemente la recogen, al igual que una esponja recoge el agua (el agua se mantiene en la superficie del material y en los estrechos pasadizos en el interior de la esponja) .Estos desecantes se llaman *adsorbentes*, y la mayoría de los sólidos lo son. Otros desecantes experimentan un cambio físico o químico cuando atrapan humedad. Se llaman *absorbentes* y normalmente son líquidos, o sólidos que se convierten en líquidos al absorber humedad. El cloruro de litio es una sal higroscópica que recoge vapor de agua por absorción, el cloruro sódico es otro de ellos.[1]

Existen 5 deshumidificadores típicos de desecantes:

- * Torre de rociado de líquido
- * Doble torre de desecante sólido
- * Lecho horizontal giratorio
- * Lecho vertical múltiple
- * Rueda desecante giratoria tipo panel de abeja o Honey Combe.

En este último sistema en particular se centra la atención en este trabajo.[2]

Sistema de rueda desecante rotatorio o panel de abeja (Honey combe).

Este diseño de deshumidificador emplea una rueda giratoria con estructura de panel de abeja para exponer el desecante ante los flujos de proceso y de reactivación. A veces se les conoce como sistemas DEW (Desiccant Wheel). El desecante, finamente dividido se impregna en la estructura semicerámica, que tiene la apariencia de un cartón ondulado que ha sido enrollado en forma de

rueda. Su estructura es corrugada para constituir un vasto número de canales de aire, orientados en sentido axial. Una distribución fina e uniforme de desecante está fijada en las paredes de estos canales de aire para formar un contacto enormemente íntimo entre aire y desecante que permite conseguir una retirada constante de humedad. En la figura 2 se muestran las dos configuraciones más usadas.

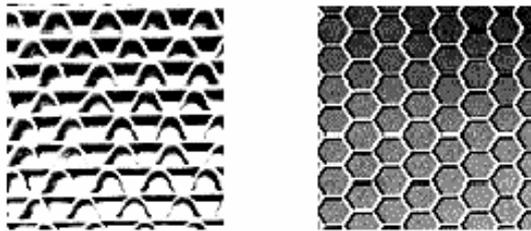


Fig.2. Configuración corrugada y Hexagonal

La rueda gira lentamente entre los flujos de proceso y reactivación. El aire de proceso fluye entre los canales formados por las arrugas, y el desecante impregnado en la estructura va absorbiendo la humedad del aire hasta que se satura, aumentando la presión de vapor de su superficie. Cuando la rueda entra en el sector de reactivación, el desecante es calentado por el flujo de aire de reactivación, eliminándose la humedad en el mismo. Una vez terminada la etapa de reactivación, el desecante caliente vuelve a la zona de proceso, donde se enfría al ponerse en contacto con una pequeña corriente de aire de proceso, estando listo para volver a absorber humedad.

Este principio de funcionamiento se ilustra en el siguiente esquema.

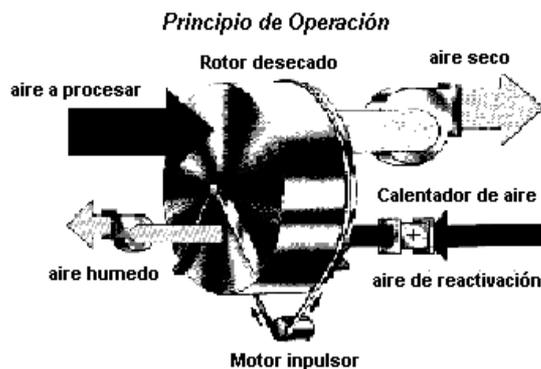


Fig. 3. Principio de funcionamiento.

Este tambor ó rotor secador está distribuido en dos zonas por obstrucciones flexibles. Una *zona de trabajo*, en la que el rotor secador absorbe la humedad procedente del aire procesado. La otra zona, *zona de reactivación*, en la que el aire ambiental calentado

absorbe la humedad procedente del rotor secador y abandona el deshumidificador como aire caliente, húmedo.[2]

El rotor secador gira lentamente, entre 8 y 20 revoluciones por hora, logrando así una deshumidificación continua. Debido a su forma de funcionamiento, el deshumidificador funciona satisfactoriamente a temperaturas muy por debajo de 0 °C.

Este principio de rotor desecante proporciona:

- Gran cantidad de aire en la zona de contacto del desecante.
- Elevada relación eficacia / peso.
- Caída de presión baja y predecible.

Ventajas del equipo.

1. Diseño compacto y eficaz que proporciona bajos costos de funcionamiento.
2. Pocos elementos móviles asegurando duración y fiabilidad.
3. Ventiladores integrados permiten que el aire seco se distribuya en zonas lejanas al deshumidificador.
4. Funciona igualmente a temperaturas inferiores o superiores a 0°C, garantizando condiciones controladas a lo largo de todo el año. Siendo su gama de temperatura desde -40 °C a +45 °C.
5. Están disponibles varias opciones para acomodarse a la fuente energética más conveniente para el usuario, electricidad, gases producto de la combustión y vapor de alta o baja presión son soluciones estándar, que resultan fáciles de acomodar.
6. Aumentan los intervalos de inspección y mantenimiento a los equipos o productos que se encuentran en almacenamiento a largo y corto plazo.
7. Mantiene volúmenes elevados de producción, excelente calidad del producto e higiene.
8. La producción en verano es igual a la de invierno, en cuanto a velocidad y calidad.
9. Eliminan gran cantidad de agua por metro cúbico de aire.
10. No contienen fluidos frigoríficos (CFC). No dañan la capa de ozono.
11. No forman escarcha ya que no enfrían el aire.

Opciones de desecantes.

Cada tipo de desecante tiene características de absorción específicas. A continuación se presentan los usos y beneficios que se pueden obtener de algunos tipos de desecante que se utilizan en la actualidad.[1,4].

Gel de Sílica / Titanio.

Cuando el sistema trabaja con flujos de aire saturados, el sílica gel mejorado con titanio es una excelente opción; tiene una moderada retención de agua en una amplia gama de niveles de humedad, con requerimiento modesto de energía de reactivación. Son resistentes al lavado y cuando son mejorados mantienen una eficiencia mayor de 90% hasta por 10 años de operación.

Cloruro de litio.

Si la aplicación requiere una alta capacidad de eliminación de humedad con un mínimo uso de energía dentro de un amplio rango de niveles de humedad, las ruedas con cloruro de litio son especialmente útiles, además, como un inhibidor natural de crecimiento bacteriano, estas ruedas desecantes son usadas frecuentemente en farmacias y hospitales, donde es esencial la reducción de la contaminación microbiológica.

Zeolita (tamiz molecular).

En ambientes muy secos los desecantes con zeolita son ideales. Para compensar una mayor inversión en energía de reactivación, reduce la humedad en corrientes de aire caliente y seco, aún para humedades relativas por debajo del 10%.

2 Posibles Aplicaciones en Cuba en la producción y conservación de alimentos.

Producción de jamones y embutidos.

La calidad de los alimentos constituye el factor competitivo más importante de las empresas de este tipo. Los deshumidificadores pueden aportar esa calidad necesaria para poder cubrir las necesidades y demandas del consumidor. ¿Cómo?. Controlando la humedad relativa durante el secado.

La humedad relativa de las cámaras frigoríficas es el factor esencial de regulación del proceso de desecación que sufren los embutidos y que puede provocar una disminución de la calidad, pérdida de producción e inestabilidad de calidad en el curado.

La importancia del curado radica en tres aspectos fundamentales:

1. Desarrollo del color
2. Desarrollo del aroma y el sabor
3. Efecto antibacteriano

La figura No.4 muestra la utilización de un deshumidificador de rueda desecante rotatoria.

La Congelación en los Procesos de Alimentos. Productos envasados.

Hay una tendencia general en la industria alimentaria para intentar producir el mayor volumen con el mismo equipo. Esto requiere períodos más largos de fabricación ininterrumpida. La fabricación de alimentos congelados no es ninguna excepción a tal demanda. Sin embargo, la fabricación de productos congelados tiene en realidad una limitación importante en lo que se refiere a tiempos de congelamiento más prolongados.

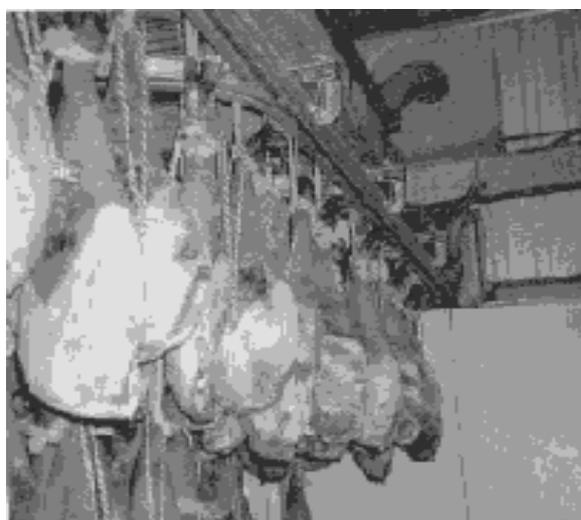


Fig. 4. Uso del deshumidificador M120 comercializado por Munters en una cámara de Refrigeración.

El equipo congelador existente suele estar diseñado para un nivel concreto de producción. Cuando aumenta la necesidad de fabricación - producción, el frío en los evaporadores constituye a menudo un factor que puede impedir que se amplíe el funcionamiento sin interrupciones.

Se hace difícil mantener la temperatura dentro del refrigerador, porque o bien tiene que descongelarse o el ritmo de fabricación tiene que reducirse para lograr temperaturas correctas de congelación. La consecuencia es una producción reducida y más paradas para descarchar. Las interrupciones para descarchar conducen a una costosa pérdida de producción, que se preferiría evitar.

El hielo sobre los evaporadores se produce por el aire húmedo al condensarse sobre la superficie fría del evaporador y forma un revestimiento de hielo que aumenta progresivamente. La capa de hielo se hace demasiado espesa y el evaporador ha de descongelarse con el fin de lograr la capacidad de congelación

necesaria. Con la utilización de un deshumidificador se elimina una gran porción de la humedad transportada por el aire al interior del congelador, reduciéndose la escarcha acumulada sobre el evaporador.

Ventajas importantes del uso de deshumidificadores de rueda desecante en esta aplicación.[2,4,5]:

- Aumento de la capacidad de fabricación
- Interrupciones más cortas para descongelar
- Eleva la calidad de los productos
- Protege el medio ambiente

Moldeado de Plásticos.

El control de todas las fases del moldeado constituye una prioridad y el ambiente húmedo que suele haber en la fábrica es un enemigo constante. Cuando el aire húmedo entra en contacto con la superficie fría del molde se producen condensaciones y "sudoración". Las condensaciones sobre los moldes dejan señales de agua y provoca que se aumenten los tiempos de ciclo de trabajo, disminución en las capacidades de producción, ineficacia laboral y elevados niveles de desechos.

Una solución es subir la temperatura de la superficie del molde, sin embargo, esto implica aumentar los ciclos de fabricación, lo que redundaría en una reducción considerable de la productividad.

El problema se resuelve con facilidad mediante un deshumidificador, en donde su forma de actuar, es rodear el molde con una corriente de aire seco que impide de forma continua la aparición de condensaciones, incluso sobre un molde más frío.

Con la utilización de este deshumidificador desecante rotatorio se obtendrían las posibles ventajas siguientes:

- Evita de forma permanente la condensación, incluso en los períodos más húmedos del año.
- Las velocidades de fabricación pueden mantenerse a altos niveles a lo largo de todo el año, con independencia de las condiciones del medio ambiente.
- Elimina por completo las señales dejadas por el agua en los moldes y la corrosión procedente de la sudoración del molde.
- Permite que las máquinas de moldeado funcionen a temperaturas inferiores a 10°C sin condensación, e incluso a temperaturas bajo cero.
- Garantiza la calidad de las superficies del producto.
- Desaparición de desechos por fallos de fabricación.

Manipulación de productos a granel.

Los materiales higroscópicos (muchas veces alimentos para el hombre) como el azúcar, cacao, sal,

productos químicos, aromatizantes, etc, generalmente se almacenan en silos.

Un alto contenido de humedad o condensación en las paredes del silo debido a las fluctuaciones en la temperatura exterior causan un crecimiento en la población de bacterias y solidifica el producto sobre las paredes del mismo. La humedad del aire en el interior del silo es absorbida por el producto, ocasionando problemas en la manipulación.

A la larga, estos problemas sanitarios y de manipulación causarían costosos paros de producción.

Con la utilización del deshumidificador desecante de rueda rotatoria se obtendría los siguientes beneficios para esta aplicación.

1. Se asegura alta calidad del producto durante todo el año, manteniendo buena higiene.
2. Evita que el producto se pegue en el silo, reduciendo la costosa mano de obra para limpiarlo.
3. Elimina la condensación dentro del silo, evitando problemas sanitarios.
4. Reduce la saturación de los filtros y por lo tanto el costo de cambiarlos.

En la producción de azúcar granulado la humedad puede crear problemas. Para conseguir que el azúcar común se convierta en azúcar granulado se utiliza un aglomerante vegetal y agua. Cuando el azúcar granulado sale de la máquina, está húmedo, pero el mercado necesita de un producto seco. Para poder realizar esto se necesita deshumidificar, y es aquí donde los deshumidificadores de absorción entran en juego.

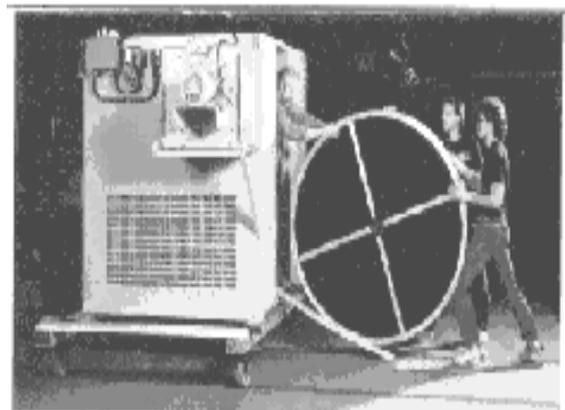


Fig. 5: Rotor desecante de alta capacidad utilizado en grandes almacenes.

En este caso el deshumidificador tiene dos funciones, una es extraer casi toda la humedad del aire y la otra es que este también debe calentarse. Para la empresa productora esto representa grandes ventajas. Sobre todo

reducen los costos energéticos ya que el calor se recicla y, además, la corriente continua de aire caliente y seco garantiza la extracción del agua del azúcar.[2,4,5]

En este caso este tipo de garantiza:

1. Extraer casi toda la humedad del aire que entrará a proceso.
2. Reducir los gastos energéticos.
3. Mejorar la calidad del producto.
4. Garantizar la producción del azúcar.

2 Conclusiones.

A través de este trabajo se ha pretendido presentar a los sistemas desecantes rotatorios como una variante ecológica y económicamente atractiva de deshumidificación o de control de humedad. El estudio bibliográfico realizado muestra que en estos momentos esta tecnología se encuentra ampliamente difundida y su aplicación en diversos sectores industriales ha sido exitosa. En Cuba dado el contenido tan alto de humedad relativa que EXISTE, esta Tecnología se presenta como una variante exitosa de producción de aire seco y control de humedad.

3 Bibliografía.

1. .ASHRAE. 1993. "Chapter 19: Sorbents and Desiccants." ASHRAE Handbook: Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, Georgia.
2. .ASHRAE.1996." Chapter 22: Desiccant dehumidification and pressure drying equipment" .ASHRAE.Handbook .
3. .Burns P R., J.W. Mitchell, W.A. Beckman. 1985. Hybrid desiccant cooling systems in supermarket applications. ASHRAE Transactions, 91(1B): 457-468.
4. .Energy User News (EUN). 1996. Energy User News Matrix of Commercial and Industrial Utility Incentive Program. Energy User News, July, pp. 50-52.
5. .Harriman, III, L.G., Editor. 1990. The Dehumidification Handbook. 2nd Edition, published by Munters Cargocaire, Amesbury, Massachusetts.
6. .Harriman, L. 1996. Applications Engineering Manual for Desiccant Systems. American Gas Cooling Center, Arlington, Virginia.
7. .Meckler, M., R. Heimann, J. Fischer, and K. McGahey. 1995. Desiccant Technology Transfer Workshop Manual. American Gas Cooling Center, Arlington, Virginia.
8. .Novosel D. 1996. Advances in Desiccant Technologies. Energy Engineers, 93(1): 7-19.

Possibility of application of desiccant wheel dehumidifier in production and conservation of foods in Cuba.

Abstract.

The control of relative humidity is of vital importance in many industrial processes to assure their performance with high quality, among these processes we have: air conditioning and refrigeration processes to avoid the undesirable formation of frosts, in the manipulation and storage of products, in the sugar and cement industries, in the production and conservation of foods.

In this paper the dehumidification of wheel desiccant system is shown, as a successful variant for the production of dry air and for the control of humidity, their operation principle is being explained in detail and the desiccant materials more frequently used are mentioned.

Key words. Dehumidifier, desiccants, humidity