



Guías Educativas de Tecnología de Deposición al Vacío

Tecnología de Vacío: *Bombas Mecánicas de Vacío*

Las bombas mecánicas son bombas de desplazamiento positivo que toman una gran volumen de gas a baja presión y lo comprimen a un pequeño volumen a alta presión. Algunas bombas mecánicas pueden ser usadas con compresores de aire. Las primeras bombas de vacío fueron mecánicas. En 1905, Gaede desarrolla una bomba mecánica que es muy similar a las bombas de paleta rotatoria de sello de aceite usan hoy en día. Varias bombas mecánicas tienen múltiples etapas operando a partir un solo motor y eje. Las bombas mecánicas pueden ser con transmisión por correa o de acople directo. Algunas bombas acopladas directamente pueden ser separadas del motor sin necesidad de separar el arreglo de bombeo del sistema. Esto es particularmente útil cuando se bombean gases peligrosos que el arreglo de bombeo puede mantenerse sellado mientras se hace un cambio de motor.

Las bombas mecánicas son usadas para hacer un vacío primario desde la presión atmosférica, a través del régimen de flujo viscoso, hasta una baja presión (100 motor), donde el sistema de bombeo se cambia de las bombas mecánicas a las bombas de alto vacío. Las bombas mecánicas se deben usar solamente en el régimen de flujo viscoso para disminuir el retorno de aceite, desde las bombas mecánicas hacia el sistema de vacío. Las trampas de aceite de Zeolita son apropiadas para obtener una mayor reducción en el retorno de aceite.

Las bombas mecánicas son utilizadas como respaldo de las bombas de alto vacío, y la capacidad de bombeo no debe estar limitada por la transmisión entre la bomba mecánica y la bomba de alto vacío. Las bombas mecánicas están conectadas a las bombas de alto vacío por medio de un arreglo en la línea de descarga. La presión de la línea de descarga de una bomba de difusión de alto vacío es un factor importante en el control de contaminación. Si esta es muy alta, se presenta flujo de retorno desde la bomba de difusión hacia la cámara de vacío. Si esta es muy baja se presenta flujo de retorno de aceite desde la bomba mecánica hacia la bomba de difusión.

Las bombas mecánicas más comunes son bombas mecánicas de multietapas o monoetapa “selladas al aceite”, tales como la bomba de paletas rotatoria mostrada en la figura. Las paletas son mantenidas en contacto con la pared por la acción de un resorte. Estas bombas están disponibles con capacidades de hasta de 100 cfm (pies cúbicos por minuto). Cuando las bombas mecánicas “selladas al aceite” son usadas con químicos o cuando se forman partículas sólidas durante el proceso se recomienda filtrar el aceite. Las bombas pueden ser enfriadas por aire o por agua, y el sistema de filtrado de aceite puede tener un enfriador de aceite. Varias bombas mecánicas están equipadas con una válvula de compensación que permite la inyección de gases diluyentes (por ejemplo hidrogeno seco o aire seco) directamente dentro de la toma de la bomba, como se muestra en la figura. Estos gases diluyentes

reducen la presión parcial de los vapores condensables entonces los líquidos no se condensan cuando son comprimidos en la bomba. Cuando se bombea materiales corrosivos, las partes internas de la bomba pueden corroerse. Para prevenir esto, las superficies internas de se pueden recubrir con aceite aplicado por salpicadura (splashing action)—esto podría lograrse teniendo un alto caudal de gas usando la válvula de compensación. También se podría hacer trabajar la bomba caliente para ayudar a volatilizar los líquidos en el aceite. Un fluido contaminante en el aceite de la bomba disminuye el desempeño de la bomba hasta el punto que la mínima presión alcanzable es la presión del vapor del fluido contaminante. Los fluidos en el aceite también producen espuma que ocasionan problemas en el sellado de bombas selladas al aceite. La producción de espuma se puede observar a través de la ventana de verificación de nivel de aceite.

Las bombas mecánicas usualmente usan aceite de hidrocarburo para el sellado. Cuando se bombea especies reactivas, los aceites de hidrocarburo se degradan fácilmente. Los poliéteres perfluorizados (PFPE)—los cuales tienen flúor, oxígeno y carbono—pueden ser usados para proporcionar una mayor estabilidad química; aunque estos aceites de bombas tienen menores propiedades lubricantes en comparación con el aceite de hidrocarburo. Cuando se usa este tipo de aceite, las bombas mecánicas pueden tener un colector de aceite con calentador para reducir la viscosidad del aceite, especialmente para los arranques.

Si la bomba mecánica se detienen debido a una falla eléctrica, rotura de correa o daño de una balinera, la bomba puede “succionar hacia atrás”—trayendo aire del lado de alta presión devuelta a través de la bomba. Esto hará que se succione algo de aceite fuera de la bomba hacia la línea de descarga de la bomba de vacío. Esta succión puede ser evitada teniendo una “válvula checadora” en la bomba, o teniendo una válvula de compensación o un orificio que permita subir la presión en línea de descarga sin tener una succión hacia la bomba (diseño a prueba de fallas). La temperatura de la bomba debería ser monitoreada, y el sobrecalentamiento debería ser detectado y avisado. El nivel de aceite de la bomba mecánica debería ser rutinariamente revisado y periódicamente cambiado. Las vibraciones de la bomba mecánica deberían ser aisladas del sistema de vacío mediante conexiones flexibles.

La bomba mecánica usualmente escapa fuera del local. El arreglo del escape de esta no debería causar una presión de retorno durante el arranque y así mismo debería ser dimensionado el sistema. La línea de escape debería tener un “desvaporizador” que condense los vapores de aceite en la tubería de escape y los haga retornar a la bomba. Algunos procesos de vacío, como la remoción (etching), pueden generar gases peligrosos que pueden condensarse en el aceite de la bomba. Por ejemplo, el cloro—teniendo gas junto

con agua u oxígeno puede producir fosgeno (COCl_2)—un gas venenoso. Si las bombas son usadas para el bombeo de materiales peligrosos, el aceite de la bomba debería ser tratado como basura peligrosa y desechado como tal.

El oxígeno es usado en algunos procesos de PVD (deposición del vapor físico). La compresión del oxígeno puro en contacto con los aceites de hidrocarburos puede causar una explosión si hay algún lugar caliente en la cámara. Cuando se comprime el oxígeno en contacto con los aceites de hidrocarburo, se debe utilizar una mezcla menos explosiva, como aire. Alternativamente se puede usar una válvula de compensación o un orificio de compensación para diluir la mezcla de gases a una composición menos explosiva, y/o aceites resistentes a la oxidación pueden ser usados.

Altas velocidades de bombeo son suministradas por ventiladores simples y multietapas. Los tipos más comunes son los ventiladores de Roots (Roots blowers) y los de gancho (claw blowers), mostrados en la figura; pero otros tipos también están disponibles, como bombas de tornillo, de voluta (scroll) y de pistón. Estas bombas son usualmente llamadas “bombas secas” porque no usan aceite para el sellado. Las bombas secas frecuentemente usan rodamientos lubricados por aceite; por lo tanto no son verdaderamente libres de aceite. Aunque estas si minimizan la posibilidad de contaminación por aceite del sistema de deposición. Estas también son más tolerantes con las partículas y los vapores que las bombas mecánicas de paletas selladas al aceite. Ellas pueden tener puertos de inyección de gas para permitir la introducción de gases de purga que ayudan al barrido de partículas a través de la bomba. La temperatura del ventilador debería ser monitoreada, y el sobrecalentamiento debería ser detectado y alertado. Donde el aceite sea usado se debería monitorear rutinariamente y cambiado periódicamente.

Los ventiladores generalmente no escapan a presión atmosférica ya que la compresión de grandes cantidades de gas a alta presión lleva a un calentamiento extensivo. Los equipos de bombeo mecánico con un ventilador respaldado por una bomba mecánica sellada al aceite están disponibles con tasas de bombeo mayores de 10000 cfm. Frecuentemente la cámara de bombeo de la bomba seca se contamina con aceite de la bomba mecánica sellada al aceite y por lo tanto se vuelve “menos seca” con el uso.

La bomba de diafragma es una bomba seca mecánica que comprime los gases por medio de un diafragma flexible y puede ser usada cuando la carga de gases no es muy alta. Algunas bombas de diafragma tienen un rango de bombeo eficiente de 10 Torr a la presión atmosférica, con un caudal de 1,5 litros/s o más, y con un vacío último de 10^{-6} Torr. La bomba de diafragma puede ser usada como respaldo de las bombas de arrastre molecular y turbomoleculares con etapas de arrastre molecular, conformando un sistema de bombeo libre de aceite para bombeo de bajo caudal, como los detectores de fugas.

La edición 2002 de Guías Educativas de Tecnología de Deposición al Vacío contiene más de 100 guías independientes, de dos páginas, respecto a distintos aspectos de equipos y tecnología asociada con el revestimiento al vapor. Ud. puede mandar a pedir el juego completo de Guías de la Society of Vacuum Coaters por \$50 (más el costo de embarque y manejo del embarque por correo aéreo a lugares fuera de los Estados Unidos). Favor de comunicar con SVC a svcinfo@svc.org o llame al 505-856-7188.

Figura 1: Bombas mecánicas.

