

# Tecnología de vacío para procesos químicos y farmacéuticos



Todas las tecnologías de generación de vacío tratadas en este documento tienen ventajas e inconvenientes. No existe una solución ideal única para todas las aplicaciones. Por esta razón es importante asesorarse con un experto en vacío y tener en cuenta todos los parámetros importantes del proceso: desde las condiciones del proceso, los gases de proceso y la integración con el control del proceso, hasta la rentabilidad, la seguridad y la fiabilidad de la futura generación de vacío. En la mayoría de los casos, tener en cuenta estos factores permite obtener un sistema de vacío personalizado y adaptado directamente a sus necesidades.

## BUSCH IBÉRICA

A menudo, seleccionar la tecnología de vacío más adecuada para aplicaciones de procesos químicos y farmacéuticos es una tarea difícil. En primer lugar, un sistema de vacío debe ser capaz de ofrecer el caudal requerido a la presión de funcionamiento y así garantizar el tiempo de vaciado requerido. En segundo lugar, no puede ser sensible a los gases de proceso y debe cumplir todos los requisitos en términos de limpieza CIP (limpieza *in situ*) y de recuperación de gas. La fiabilidad y la rentabilidad también desempeñan un papel importante a la hora de escoger una tecnología de vacío.

En este documento resaltamos las tres tecnologías de vacío más utilizadas en procesos tecnológicos químicos y farmacéuticos:

- Bombas de vacío de anillo líquido.
- Bombas de vacío de tornillo en seco.
- Bombas de vacío de paletas rotativas lubricadas con aceite.

### BOMBAS DE VACÍO DE ANILLO LÍQUIDO

Las bombas de vacío de anillo líquido (Figura 1) se utilizan en numerosas aplicaciones. Se trata de bombas rotativas de desplazamiento positivo con un impulsor colocado de forma excéntrica en

una cámara cilíndrica (Figura 2). Suele emplearse agua como líquido de funcionamiento. La rotación del impulsor crea un anillo líquido en el interior de la cámara que sella los espacios entre cada una de sus aspas. El gas se vehicula a través de los espacios creados entre el centro, las aspas y el anillo líquido. Gracias a la posición excéntrica del impulsor, el volumen de estos espacios aumenta, y así se succiona el gas por la toma de aspiración. A medida que el impulsor continúa girando, el volumen de estos espacios se reduce, con lo cual se comprime el gas y se descarga de nuevo por el conducto de escape. La bomba de vacío de anillo líquido puede

operar con un sistema de agua directa sin recirculación o con un sistema con recirculación total o parcial.

Tras muchos años de uso, estas bombas han demostrado ser generadores de vacío sólidos y fiables en los procesos químicos. El líquido de funcionamiento disipa continuamente el calor de compresión en la cámara de compresión, de modo que la bomba funciona de forma casi isotérmica. Esto significa que el gas de proceso no se calienta demasiado y la bomba funciona a temperaturas relativamente bajas. Esto reduce considerablemente el riesgo de reacciones no deseadas o explosiones. Las bajas temperaturas de funcionamiento también facilitan la condensación de los vapores y los gases, lo cual aumenta el caudal nominal de la bomba de vacío.

Suele emplearse agua para generar el anillo líquido. También se utilizan en la práctica etilenglicol, aceites minerales o disolventes orgánicos. La presión final alcanzada de la bomba de vacío depende de la presión de vapor y de la viscosidad del líquido. La viscosidad del líquido de funcionamiento afectará al consumo energético de la bomba de vacío.

Las bombas de vacío de anillo líquido están disponibles en diferentes versiones, con diferentes materiales y sellos.

#### VENTAJAS DE LAS BOMBAS DE VACÍO DE ANILLO LÍQUIDO:

- La entrada de vapores o líquidos dentro del sistema prácticamente no les afecta.
- Sus distintas versiones de materiales les permiten adaptarse al gas de proceso.

#### INCONVENIENTES:

- Posibilidad de contaminación del líquido de funcionamiento con el condensado del gas de proceso, lo cual hace necesario tratar posteriormente el líquido de funcionamiento antes de eliminarlo.
- Elevado consumo energético.
- La presión final alcanzada depende de la presión del vapor del líquido de funcionamiento.

FIGURA 1. Bombas de vacío de anillo líquido Dolphin de Busch



FIGURA 2. Principio de funcionamiento de una bomba de vacío de anillo líquido de dos etapas

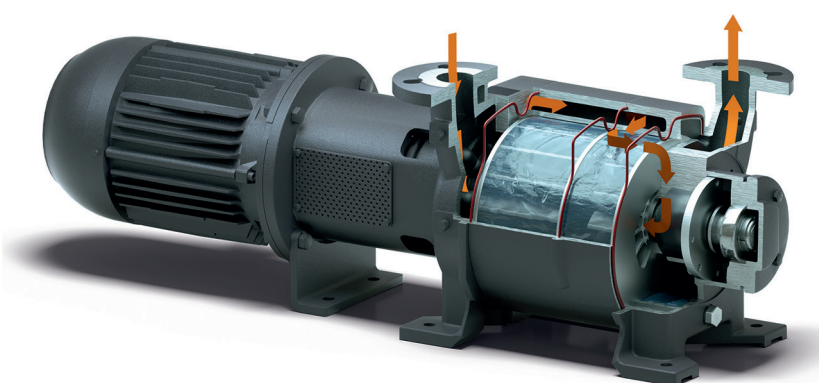


FIGURA 3. Bomba de vacío de tornillo COBRA NC



#### BOMBAS DE VACÍO DE TORNILLO EN SECO

La tecnología de vacío de tornillo en seco también se utiliza muy frecuentemente en los sectores químico y farmacéutico. Sin embargo, es una tecnología relativamente nueva respecto a la de anillo líquido.

En los años 90, Busch presentó la

primera bomba de vacío de tornillo en seco del mercado, la COBRA AC. La principal diferencia respecto a la bomba de vacío de anillo líquido descrita más arriba es el hecho de que las bombas de vacío de tornillo (Figura 3) no necesitan un líquido de funcionamiento para comprimir el gas de proceso. Por esta razón se

llaman bombas de vacío de tornillo «en seco».

En una bomba de vacío de tornillo, dos rotores en forma de tornillo giran en direcciones opuestas (Figura 4). La solución bombeada queda atrapada entre el cilindro y los tornillos, se comprime y se transporta hasta la salida de gases. Durante el proceso de compresión, los rotores no entran en contacto entre sí ni con el cilindro. La precisión en su fabricación y el espacio mínimo entre las piezas móviles son los dos factores que hacen posible este principio de funcionamiento,

y así se garantiza un vacío límite < 0,1 mbar.

Las bombas de vacío de tornillo utilizan refrigeración por agua, lo cual asegura una distribución homogénea de la temperatura en todo el cuerpo de la bomba y, por tanto, una estabilidad térmica a lo largo de todo el proceso.

Las bombas de vacío de tornillo modernas tienen un paso de rosca variable que permite una compresión homogénea del gas de proceso a lo largo de todo el tornillo. Esto ofrece la ventaja de que garantiza la misma

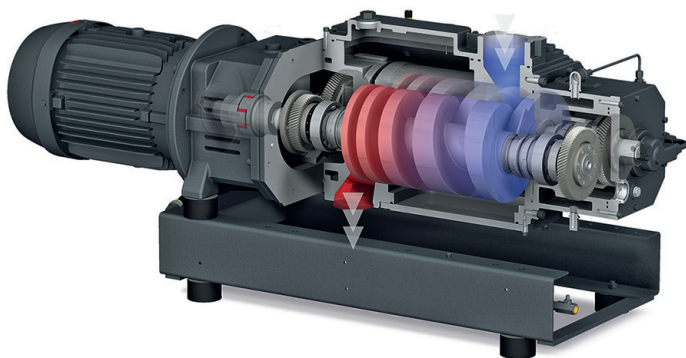
temperatura en toda la cámara de compresión, de forma que se puede controlar fácilmente. En las generaciones más antiguas de las bombas de vacío de tornillo, el paso de rosca es el mismo en toda su longitud. Esto provoca la compresión del gas de proceso en la última media rotación del tornillo, generando una carga térmica excesiva en ese punto. De este modo, resulta más complicado ajustar la temperatura de funcionamiento ideal con refrigeración por agua. Generalmente, las bombas de vacío de tornillo funcionan a temperaturas más altas que las bombas de vacío de anillo líquido. De esta manera se elimina en gran medida la condensación de los elementos del gas de proceso. Esto permite transportar el gas de proceso a través de la bomba de vacío sin contaminar el líquido de funcionamiento ni provocar una reacción con él. El hierro fundido es el material estándar utilizado en todas las piezas que entran en contacto con la solución aspirada. Es un material no tratado o tratado con un recubrimiento especial para que sea resistente a casi todos los productos químicos. Al finalizar el proceso, recomendamos lavar la bomba de vacío con un líquido de limpieza apto y purgarla con nitrógeno para evitar la corrosión y la formación de sedimentos durante periodos de inactividad.

Gracias a sus distintos sistemas de sellado y a su variedad de recubrimientos, las bombas de vacío de tornillo de Busch pueden configurarse para ser compatibles con cualquier producto químico.

**VENTAJAS DE LAS BOMBAS DE VACÍO DE TORNILLO EN SECO:**

- Compresión en seco, sin posibilidad de contaminación o reacción entre el gas de proceso y el líquido de funcionamiento
- Alto nivel de vacío
- Eficiencia energética
- Pueden diseñarse para casi todos los gases de proceso gracias a la selección de materiales y a la regulación de la temperatura.

**FIGURA 4.** Principio de funcionamiento de una bomba de vacío de tornillo moderna



**FIGURA 5.** Bomba de vacío de paletas rotativas lubricadas con aceite de un solo paso Huckepack



### INCONVENIENTES DE LAS BOMBAS DE VACÍO DE TORNILLO EN SECO:

- Son sensibles a las partículas que se introducen en el sistema
- No pueden utilizarse con gases de proceso con tendencia a ser reactivos a temperaturas elevadas

### BOMBAS DE VACÍO DE PALETAS ROTATIVAS LUBRICADAS CON ACEITE DE UN SOLO PASO

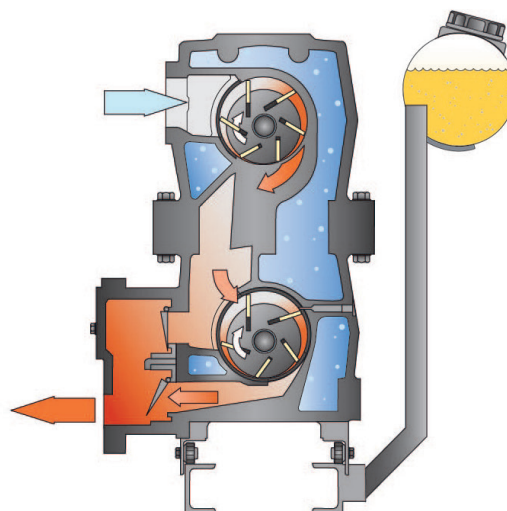
Las bombas de vacío de paletas rotativas lubricadas con aceite llevan décadas utilizándose con éxito en múltiples aplicaciones. Actualmente son uno de los tipos de bomba de vacío mecánica más utilizados en el sector industrial. Busch desarrolló ya en los años 60 la bomba Huckepack, una bomba de vacío de paletas rotativas lubricadas con aceite de un solo paso y de dos etapas diseñada especialmente para la tecnología de procesamiento químico y farmacéutico. Busch no ha dejado de desarrollar esta bomba de vacío, que sigue disfrutando de una gran aceptación en la tecnología de proceso gracias a su robustez.

Las bombas de vacío de paletas rotativas Huckepack (Figura 5) tienen tres características distintivas importantes en comparación con otras bombas de vacío que funcionan según el principio de las paletas rotativas:

1. Las dos etapas de compresión están apiladas y conectadas entre ellas,

» Las bombas de vacío de paletas rotativas lubricadas con aceite llevan décadas utilizándose con éxito en múltiples aplicaciones

FIGURA 6. Principio de funcionamiento de la bomba de vacío de paletas rotativas lubricadas con aceite de un solo paso Huckepack



lo cual facilita la compresión inicial del gas de proceso en la primera etapa y una compresión secundaria en la siguiente etapa. Esto permite conseguir una presión final más baja.

2. Estas bombas de vacío se lubrican con aceite, lo cual significa que en la cámara de compresión se inyecta una cantidad definida de líquido de funcionamiento, aceite u otro líquido compatible con la solución. Otras bombas de vacío de paletas rotativas, por su parte, utilizan una lubricación por aceite recirculado.

3. Las bombas de vacío de paletas rotativas Huckepack se refrigeran por agua, de forma que la temperatura de funcionamiento puede regularse dentro de un rango determinado.

Las bombas de vacío de paletas rotativas Huckepack son bombas rotativas de desplazamiento positivo. Las paletas están colocadas en ranuras en un rotor que gira de forma excéntrica en una cámara cilíndrica. Debido a la fuerza centrífuga creada por el movimiento giratorio del rotor, las paletas se deslizan fuera de las ranuras y entran en contacto con la pared del cilindro. Esto crea espacios con distintos volúmenes que, a su vez, generan el efecto de aspiración y compresión. Para reducir la fricción y mejorar el sellado, se inyecta continuamente aceite en la cámara de compresión. Este

proceso tiene lugar en ambas etapas de compresión antes de que el gas de proceso se descargue junto con el líquido de funcionamiento por la salida y pueda ser eliminado. Ambas etapas están refrigeradas por agua. Hay disponibles versiones con recirculación de agua y refrigeración por agua directa.

Como el lubricante únicamente circula por la bomba de vacío una vez, pueden utilizarse casi todos los líquidos con una viscosidad en un rango de 150 centistokes (cSt). Estos líquidos limpian constantemente la bomba de vacío en funcionamiento y la protegen contra la corrosión y los sedimentos. Busch ofrece paletas de tres materiales distintos para garantizar la resistencia a la mayoría de disolventes.

### VENTAJAS DE LAS BOMBAS DE VACÍO DE PALETAS ROTATIVAS LUBRICADAS CON ACEITE DE UN SOLO PASO:

- Alto nivel de vacío.
- Son extremadamente robustas y fiables.
- Facilidad de mantenimiento.
- Son perfectas para transportar vapores ácidos y monómeros o productos que provoquen polimerización.

### INCONVENIENTES:

- Los líquidos de funcionamiento deben tratarse o eliminarse correctamente. 