

Optimización del rendimiento del compresor y la vida útil del equipo a través de las mejores prácticas de lubricación

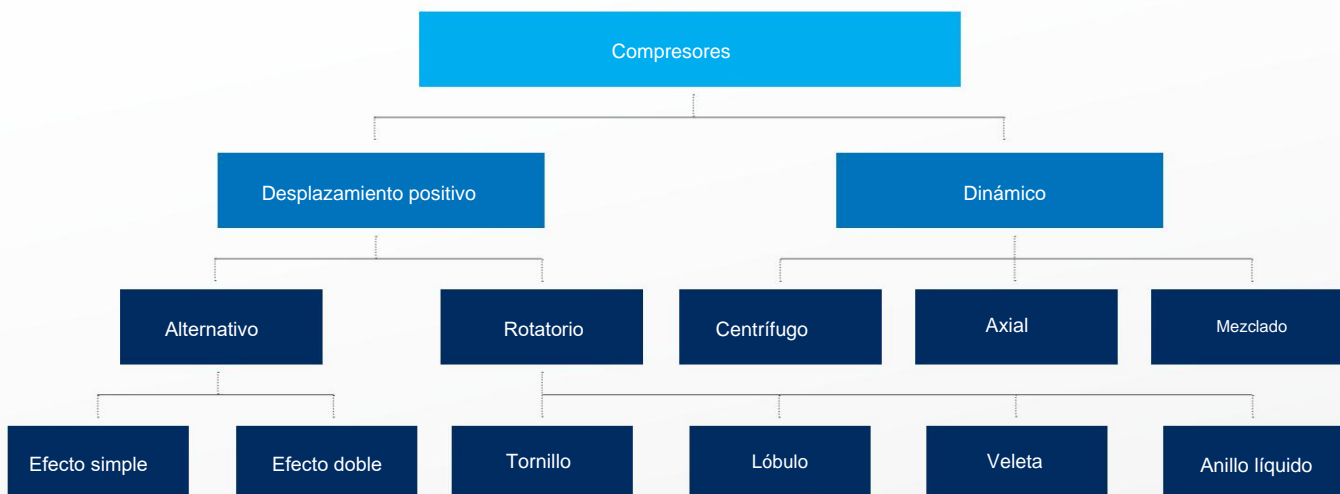
El propósito básico de un compresor es aumentar la presión de un gas o una mezcla de gases y aplicarla a un uso específico. La mayoría de las aplicaciones involucran compresión de aire, sin embargo, la refrigeración y la compresión de gas natural también son muy comunes. Si bien los gases que se comprimen pueden variar, la construcción y el funcionamiento de los compresores son básicamente los mismos. Este documento profundiza en los diferentes tipos de compresores, los desafíos operativos que enfrentan y las mejores prácticas de lubricación para optimizar el rendimiento y la vida útil del equipo.

Tipos de compresores

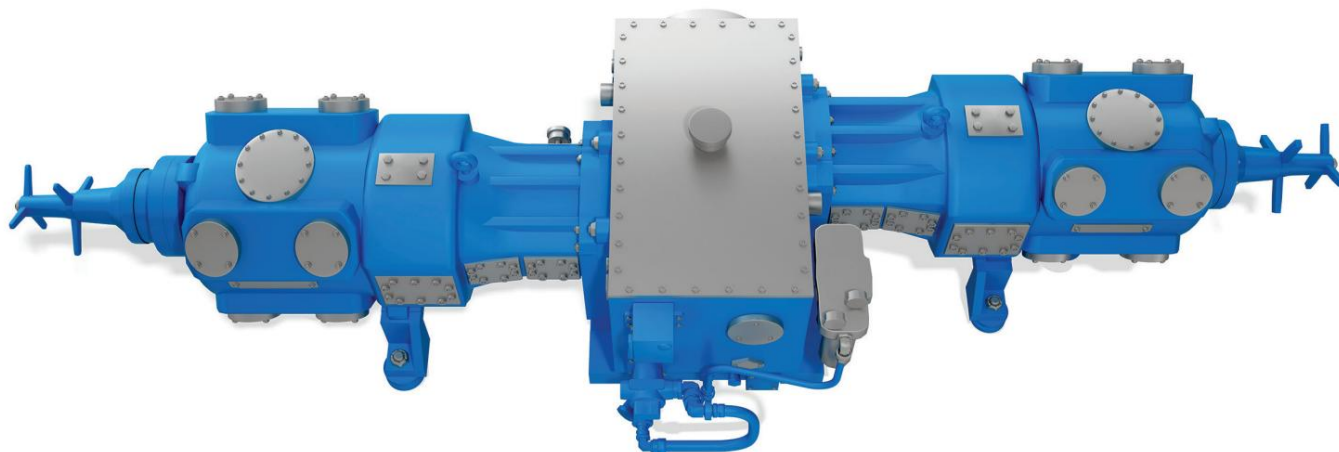
Hay dos tipos principales de compresores: de desplazamiento positivo y dinámicos. El desplazamiento positivo crea compresión al mover un límite sólido, evitando que el gas fluya de regreso hacia

el gradiente de presión. Los compresores dinámicos aumentan la velocidad del gas y la energía cinética resultante se convierte en energía de presión.

Los compresores se pueden clasificar de la siguiente manera:



Compresores de desplazamiento positivo



Compresor alternativo

Compresores alternativos

En estas unidades, el gas es comprimido y desplazado por un pistón que se mueve en un movimiento alternativo dentro de un cilindro. Si la compresión ocurre en un solo extremo del cilindro (solo una de las dos carreras del pistón por revolución del cigüeñal), se conoce como acción simple.

Si ocurre compresión en ambas carreras del pistón por revolución, es de doble efecto. Los compresores alternativos se clasifican típicamente por disposición de cilindros: horizontal, vertical, en V, opuesto, etc.

En un compresor alternativo, los cilindros y el mecanismo de rodadura pueden lubricarse con el mismo suministro de aceite o por separado. Excepto cuando los cilindros están abiertos al cárter, el aceite generalmente se alimenta directamente a las paredes del cilindro en uno o más puntos a través de un lubricador mecánico de alimentación forzada. Los cilindros se lubrican por salpicadura desde el depósito de aceite por medio de cucharas u otras proyecciones en las bielas o manivelas. Dado que el aceite que ingresa a la cámara de compresión invariablemente termina en las tuberías y conductos de descarga, el lubricante debe ser resistente a los depósitos que pueden provocar bloqueos e incluso explosiones en casos extremos. Los compresores alternativos generalmente usan lubricantes de mayor viscosidad.

(ISO VG 68 hasta ISO VG 460) en comparación con los compresores rotativos.

Compresores de tornillo rotativo

El compresor de tornillo rotativo, también conocido como lóbulo helicoidal o lóbulo en espiral, es un mecanismo de dos rotores que comprime gas entre los lóbulos entrelazados y las cámaras del rotor de la carcasa. El macho o impulsado



Compresor de tornillo rotativo

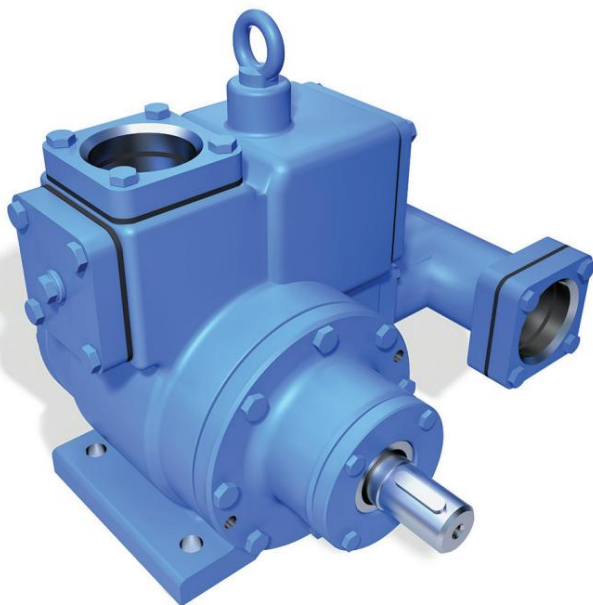
El rotor encaja en el bolsillo del rotor hembra o de compuerta. Cuando se ven a lo largo, los rotores parecen tornillos grandes.

Hay dos tipos de compresores de tornillo rotativo:

Uno usa engranajes de sincronización para sincronizar adecuadamente los dos rotores en todo momento. Estos también son conocidos como libres de aceite o compresores de tornillo seco porque los rotores no requieren lubricación; el sellado se logra mediante espacios reducidos.

El segundo tipo inunda el aceite para lubricar y sellar los rotores y enfriar el gas comprimido. Las unidades inundadas de aceite logran la compresión engranando los rotores en un cilindro de una sola pieza.

En todos los compresores de tornillo rotativo, los engranajes y los cojinetes deben lubricarse con aceites premium formulados para proteger contra el desgaste, la herrumbre y la oxidación.



Compresor rotativo de paletas deslizantes

Compresores rotativos de paletas deslizantes

Estos compresores constan de una carcasa cilíndrica y un conjunto de rotor ranurado equipado con paletas (aspas).

El rotor está montado excéntricamente dentro del orificio y las paletas se deslizan hacia adentro y hacia afuera durante cada revolución, usando

fuerza centrífuga para mantener el contacto con la pared del cilindro. El gas que ingresa a un puerto de succión queda atrapado entre las palas en su máxima proyección y se comprime a medida que disminuye el espacio entre el rotor y el cilindro.

A plena compresión, el álabe llega a los puertos de descarga para liberar el gas. Dado que los álabes funcionan en condiciones límite, rozando constantemente las ranuras y la pared de la carcasa, estos compresores requieren un lubricante premium para minimizar la fricción y el desgaste.

Compresores dinámicos

La compresión dinámica se produce mediante la transferencia de energía de un conjunto de álabes giratorios a un gas, en el que el rotor cambia la cantidad de movimiento y la presión del gas. El impulso, o energía cinética, se convierte en energía de presión útil al desacelerar el gas en un difusor estacionario u otro conjunto de aspas.

Los compresores dinámicos se clasifican en centrífugos (los más versátiles y más utilizados), axiales o mixtos, según el recorrido del flujo. Aunque difieren en diseño, la misma teoría aerodinámica básica se aplica a los tres. Los compresores dinámicos no requieren lubricación interna y pueden proporcionar gas sin aceite si el gas de entrada no tiene aceite.

Etapas en compresores

Tanto los compresores de desplazamiento positivo como los dinámicos comparten elementos básicos y tienen ciertos parámetros de funcionamiento limitantes, como temperatura, presión, tamaño, etc. Cuando se alcanza alguna limitación, se hace necesario multietapas en el proceso, usando dos o más pasos de compresión. Cada paso utilizará al menos un elemento compresor básico diseñado para operar en serie con los otros elementos de la máquina.

La mayoría de los compresores están disponibles en diseños de una o varias etapas. Cuando el aire se comprime, su temperatura aumenta. La compresión multietapa permite el enfriamiento entre etapas, lo que ahorra trabajo en el proceso de compresión. Los compresores de desplazamiento positivo multietapa casi siempre cuentan con un intercooler entre etapas para aprovechar al máximo la etapa.

Aplicaciones clave y consideraciones sobre lubricantes

En toda la gama de aplicaciones de compresión, los requisitos de lubricación varían considerablemente. Dos factores principales intervienen en la determinación del lubricante óptimo: el tipo de compresor y el gas que se comprime. En general, los compresores de aire y gas son mecánicamente similares. La principal diferencia es el efecto del gas sobre el lubricante.

En general, los gases para compresión se dividen en cuatro categorías:

INERTE	HIDROCARBURO	REFRIGERACIÓN	QUÍMICAMENTE ACTIVO
<ul style="list-style-type: none"> • Aire • Nitrógeno • Helio • Argón • Dióxido de carbono • Amoníaco 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas natural • Gas de refinería • Propano / Metano • Etileno • Gas de horno de coque • Gas de carbón • Gas de alto horno 	<ul style="list-style-type: none"> • CFC (R-12, freón F-12) • HCFC (R-22, R-31, R-21, R-123) • HFC (R-134a) • HFC (R-32, R-11, R-12, R-23, R-125) • Amoníaco (R-717) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cloro • Oxígeno • Cloruro de hidrogeno • Dióxido de azufre • Sulfuro de hidrógeno

Inerte / Compresión de aire

Los compresores de aire se utilizan principalmente en la fabricación y la construcción. Las plantas de fabricación utilizan unidades estacionarias de gran capacidad, generalmente reciprocantes, de tornillo o centrífugas multietapa, mientras que los compresores de construcción deben ser autónomos y móviles, generalmente del tipo de desplazamiento positivo.

La lubricación adecuada depende de la aplicación y las condiciones.

En ambientes húmedos, la condensación de agua en los cilindros de los compresores alternativos debe manejarse adecuadamente con aceites para compresores de tipo compuesto.

Para compresores alternativos lubricados por salpicadura, se recomiendan aceites que cumplan con la especificación DIN 51506 VDL con baja tendencia a la coquización. En la compresión de alta presión, se recomienda un aceite de compresor a base de polialfaolefina sintética (PAO) o diéster sintético (DE) para evitar los depósitos de carbón y garantizar un funcionamiento sin problemas del equipo.

Compresión de Hidrocarburos / Gas Natural

Los tipos y tamaños más diversos de compresores se encuentran en las industrias química y de procesos, incluido un mercado sólido en la compresión de tuberías para la transmisión de gas natural. En las aplicaciones de proceso se utilizan impulsores, que comprimen el gas desde una presión inicial superior a la atmosférica hasta una presión aún mayor. Muchos de los procesos requieren enormes volúmenes de gas comprimido, que se obtienen mejor con compresores dinámicos.

Además, se prefieren los compresores dinámicos debido al mínimo contacto con el lubricante.

Durante la compresión de hidrocarburos, el gas tiende a lavar el lubricante de las paredes del cilindro y se disuelve en el lubricante, reduciendo la viscosidad del aceite. Este problema se puede contrarrestar mediante el uso de formulaciones de aceites compuestos de mayor viscosidad que resisten el lavado.



Otra consideración en la compresión de hidrocarburos es la miscibilidad. Los lubricantes hechos con aceite mineral o ciertos aceites base sintéticos a base de hidrocarburos tienden a ser miscibles en la corriente de gas y pueden causar una condición conocida como cilindro seco. Si no se soluciona, esto puede dañar los cilindros, ya que efectivamente no se lubrican. Una solución es utilizar un aceite sintético de polialquilenglicol (PAG), que no es un derivado de hidrocarburo y no es miscible. Tenga especial cuidado al usar un PAG, ya que no es compatible con aceites a base de hidrocarburos.

Finalmente, los compresores que manejan altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno (gas amargo) generalmente se lubrican con aceites que tienen un número de base total (TBN) más alto.

Amoníaco

En las aplicaciones de compresión de amoníaco, se debe prestar especial atención a la formulación de lubricantes, ya que el amoníaco tiene tendencia a reaccionar con ciertos aditivos. Además, para abordar los problemas de solubilidad, generalmente se recomienda un grado de viscosidad más alto en comparación con las aplicaciones de compresión de aire.

Refrigeración

La refrigeración adecuada depende de la compresión confiable del refrigerante. La mayoría de las aplicaciones usan compresores alternativos, con compresores de paletas rotativas y de tornillo que a veces se usan como etapas de baja presión o de refuerzo. Los evaporadores en el ciclo de refrigeración pueden operar en seco o inundados. En los evaporadores secos solo está presente el vapor de refrigerante, mientras que los evaporadores inundados contienen líquido y vapor. En muchas aplicaciones industriales, el amoníaco se utiliza como refrigerante. Sin embargo, debido a su toxicidad, el amoníaco fue reemplazado por CFC, que luego fueron reemplazados (debido al impacto en la capa de ozono) por HFC en aplicaciones residenciales y automotrices. La selección del lubricante depende del refrigerante que se utilice. La mayoría de los OEM tienen requisitos específicos que deben seguirse en todo momento. Los sistemas que usan amoníaco para aplicaciones normales usan aceites de refrigeración de base mineral, sin embargo, la mayoría de los otros refrigerantes requieren lubricantes sintéticos específicos. Las pautas generales de lubricación se enumeran a la derecha.

LUBRICACIÓN	REFRIGERANTE
CFC (R-12, Freón-12)	Aceite de refrigeración de base nafténica altamente refinado
HCFC (R-22, R-31, R-21, R-123)	Aceite de base nafténica altamente refinado. Algunas aplicaciones también pueden usar aceite base parafínico. Para bajas temperaturas severas (-60°C a -100°C) se pueden utilizar aceites a base de benceno alquilados
HFC (R-134a)	Aceites a base de polioléster. (Los aceites nafténicos o parafínicos no se pueden usar con este HFC específico)
HFC (R-32, R-23, R-125)	Aceites base nafténicos altamente refinados. Los aceites a base de polioléster también se pueden usar en ciertas aplicaciones.
R-407A y R-407 C	Estos son una mezcla de R-32, R-125 y R-134a, donde A indica una proporción de 20:40:40 y C indica una proporción de 23:25:52. Dado que esta mezcla tiene R-134a, se debe usar un aceite a base de polioléster
R-410A	Esta es una mezcla de R-32 y R-125 en proporción 50:50. Se pueden utilizar aceites refrigerantes HFC, nafténicos o de polioléster.
Amoníaco (R-717)	Los aceites nafténicos altamente refinados son suficientes en la mayoría de los casos. Alguno las aplicaciones también pueden usar aceite base parafínico. Los aceites a base de benceno alquilado se pueden usar para temperaturas y condiciones de operación severas.
Propano y otros refrigerantes de hidrocarburos	Como estos son altamente solubles en aceites minerales, se recomiendan los aceites para compresores basados en PAG.



Clasificaciones y normas de lubricantes

Norma ISO 6743-3

- DAA, DAB, DAG a DAJ: compresores de aire • DVA a DVF: bombas de vacío
- DGA a DGE: Compresores de gas
- DRA a DRG: compresores de refrigeración

DIN 51506

- VB, VC: Aceites minerales no inhibidos
- VBL, VCL: aceite de motor a base de aceite mineral
- VDL: Aceites inhibidos con mayor resistencia al envejecimiento

DIN 52503

- KAA: No miscible con amoníaco
- KAB: Miscible con amoníaco
- KB: para dióxido de carbono (CO₂)
- KC: para hidrocarburos fluorados y clorados parcial o totalmente halogenados (CFC, HCFC) • KD: para hidrocarburos parcial o totalmente fluorados (HFC, FC)
- KE: para hidrocarburos (por ejemplo, propano, isobutano)

Compresores de gas (incluido el gas natural)

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES / APROBACIONES
Cetus PAG	Aceite premium a base de polialquilenglicol para unidades compresoras de hidrocarburos y productos químicos	Adecuado para uso en compresores Burckhardt que requieren fluido PAG
HDAX NG (ISO 100)	Aceite de rendimiento premium para unidades que comprimen gas natural seco o gas natural que contiene agua o gases ácidos	Adecuado para todos los compresores de tornillo de gas natural, incluidos Frick, Howden, FES, Mycom y Ariel
Aceite de cilindro W (ISO 220, 460, 680)	Aceite emulsionante para la lubricación de cilindros de compresores, incluidas las unidades de gas natural	Cumple con ANSI/AGMA 9005-E02 para AGMA Lubricantes Números 5, 7 Compuesto y 8



Compresores de refrigeración

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES / APROBACIONES
Capella® A (ISO 68)	Aceite sintético premium basado en PAO para la lubricación de unidades de refrigeración de amoníaco que operan a altas temperaturas de descarga en sistemas con temperaturas de evaporación extremadamente bajas	Cumple con la norma británica BS 2626:1992 y DIN 51503; aprobado por ABB Stal Refrigeration AB, Broedrene Gram y Sabroe
Capella HFC (ISO 32, 55, 100)	Aceite totalmente sintético con tecnología de poliolester para sistemas de refrigeración y compresores de aire acondicionado que utilizan HFC, especialmente R134a	Adecuado para unidades de Bitzer, Bock, Transportista, Century, Daikin, Hola Air Korea, Namirei, Sabroe, Ushio Reinetsu y York
Aceite de refrigeración Baja temperatura (ISO 68)	Aceite premium para bajas temperaturas a base de alquilbenceno diseñado para ofrecer un punto de floculación muy bajo y brindar un rendimiento superior en el entorno del evaporador R22 y R502	Aprobado por Bitzer, Bock, Sabroe, Carrier, Thermo King, Dorin, Danfoss, Necchi/ERC y Howden
Capella P (ISO 68)	Aceite premium parafínico para sistemas de amoníaco; también recomendado para sistemas que utilizan refrigerante R-22 y R-502 por encima de -30°C; (no para sistemas que usan R-12 o R-134a)	
Capella WF (ISO 32, 46, 68)	Aceite de alta calidad, esencialmente libre de cera (nafténico) para refrigeración y compresores de aire acondicionado que funcionan con refrigerantes que no sean HFC, como clorofluorocarbonos (CFC), amoníaco, hidroclorofluorocarbonos (HCFC), dióxido de carbono, dióxido de azufre o cloruro de etileno	Cumple con la norma británica BS 2626:1992, tipo A Lubricante; adecuado para APV-Baker, Bitzer Kühlmaschinenbau, Bock, Carrier, Copeland, Gram, Grasso, Linde, McQuay, Mycom, Sabroe, ABB Stal Refrigeration AB, Sullair, Technofrigo Dell'Osto, York (ISO VG 32, 68)

Funciona mejor por más tiempo

Comprender los muchos tipos de lubricantes y cómo pueden proteger compresores particulares es el primer paso para diseñar programas de lubricación inteligentes que puedan aumentar la confiabilidad del equipo y la productividad general durante toda la operación. Podemos ayudar.

El grupo Chevron Industrial Performance ha desarrollado experiencia avanzada, lubricantes premium y programas específicos para ayudar a las operaciones de compresión a implementar soluciones de lubricación óptimas, para que puedan prolongar la vida útil del aceite y aprovechar al máximo sus equipos. Para obtener más información, visite chevronindustrial.com.