

LIBRO DE APOYO

MÁS ALLÁ DE LUBRICACIÓN Y ANÁLISIS DE ACEITE **MLT I - MLA I**



- DÍA 1

1-1 Por qué falla la maquinaria	7
1-2 Beneficios financieros de su programa de lubricación	12
1-3 Estrategias de mantenimiento	17
2-1 Tribología	23
2-2 Funciones del lubricante	31

- DÍA 2

1-1 Los lubricantes y la lubricación	34
2-1 Entendiendo las diferencias entre las bases lubricantes	40
2-2 Clasificación de bases lubricantes por API 1509	48
3-1 Aditivos para el aceite- Guía práctica	54
4-1 Fundamentos de las grasas	68
5-1 Cómo se mide la consistencia de las grasas	75
5-2 Cómo se mide el punto de goteo de las grasas	78
6-1 Propiedades y desempeño de las grasas	80

- DÍA 3

1-1 Selección de lubricantes con base en especificaciones	90
2-1 ¿Qué es la viscosidad cinemática?	94
2-2 Propósito del sistema ISO VG	99
2-3 Entendiendo los grados de viscosidad SAE para aceite de motor	105
3-1 Cálculo del factor de velocidad	110
4-1 Determinación del flujo de aceite para cojinetes planos	114
5-1 ¿Qué es un sistema hidráulico?	119
5-2 ¿Como sabe si está utilizando el aceite hidráulico correcto?	125
5-3 Cuando usar fluidos resistentes al fuego	129
6-1 La forma correcta de lubricar engranajes corona-sinfin	135

- DÍA 4

1-1 Fundamentos de lubricación de motores de combustión interna	143
1-2 Clasificaciones de servicio de los aceites de motor	147
1-3 Diferencias entre los aceites de motor	154
1-4 Arranque en frío en motores y transmisiones automotrices	158
2-1 Lubricación de transmisiones manuales y diferenciales de uso automotriz	164
2-2 Clasificaciones de servicio de aceites para engranajes automotrices	168
2-3 Funciones del fluido de transmisión automática	171
2-4 Selección del fluido de transmisión automática	174
3-1 Grasas automotrices	182
4-1 Por qué se debe filtrar el aceite nuevo	186
4-2 Vida de almacenamiento de lubricantes	192
5-1 Almacenamiento de lubricantes	196
5-2 Almacenamiento de grasa	200
6-1 Diseño del cuarto de lubricación	205
7-1 Contenedores de relleno de lubricante	211
7-2 Características importantes de los carros de filtración y transferencia de lubricantes	217
8-1 Prácticas seguras en el manejo de lubricantes	220
9-1 Control de derrames de lubricantes	227
9-2 Identificación de lubricantes	232

- DÍA 5

1-1 Lubricación de motores eléctricos	237
2-1 Anatomía de una pistola de engrase	242
2-2 Consejos para engrasar rodamientos de motores eléctricos	249
3-1 Cómo decidir si se debe emplear lubricación manual o automática	252
3-2 Consejo para utilizar lubricadores de un solo punto	260
3-3 Cómo seleccionar un sistema de lubricación para industrias de proceso	263

- DÍA 6

1-1 Métodos de aplicación de aceite - Lubricación manual y por gravedad	271
1-2 Métodos de aplicación de aceite - Anillo y disco	277
1-3 Métodos de aplicación de aceite - Lubricadores de nivel constante	282
2-1 La forma correcta de lubricar engranajes helicoidales	287
3-1 Consejo para lubricación de cadenas	289
3-2 Mejores prácticas para lubricación por aspersión	292
5-1 Ventajas de los procedimientos documentados para las tareas de lubricación	294
5-2 Cómo desarrollar un procedimiento de lubricación efectivo	302
5-3 Cómo gestionar la información de la lubricación	307
6-1 Midiendo el impacto financiero de un programa de lubricación exitoso	310
6-2 Cómo maximizar los intervalos de cambio de aceite	315
6-3 Optimización de los intervalos de cambio de aceite en vehículos pesados	320
6-4 Estrategias para extender los intervalos de drenado y reducir el consumo de lubricante	332

- DÍA 7

1-1 ¿Lo está volviendo loco su programa de mantenimiento basado en condición?	337
1-2 Análisis de confiabilidad	342
1-3 Dígame al doctor dónde le duele ... Obteniendo el máximo de su programa de análisis de aceite	348
2-1 La toma de muestra es la clave para un análisis de lubricante preciso	353
2-2 Errores a evitar en un muestreo de aceite	357
2-3 Guía para seleccionar accesorios de muestreo de aceite	361
2-4 Cómo determinar la frecuencia del muestreo	370
4-1 Análisis de grasa- Herramienta del mantenimiento proactivo y para la detección temprana de fallas	373

- DÍA 8

1-1 Determinando la causa de la degradación del lubricante	379
2-1 Identificando las etapas de la oxidación del aceite	382

2-2 Cómo la temperatura impacta la condición del lubricante	387
2-3 Diez cosas que debe saber sobre barniz	389
3-1 Qué es viscosidad absoluta y que es viscosidad cinemática	393
4-1 Un análisis profundo de la prueba del número ácido	401
4-2 Conozca el número básico (BN) correcto de su lubricante	411
5-1 Monitoreo de la degradación del lubricante con espectometría infrarroja	413
5-2 Uso de Ruler en el análisis de lubricantes	423
5-3 Colorimetría de micro-membrana (MPC)	426
5-4 Análisis de elementos	430
5-5 Las mejores pruebas de laboratorio para el análisis de grasa	437

- DÍA 9

1-1 Estrategias de entrenamiento para el control de la contaminación	447
1-2 Estrategias de control de contaminación para turbomaquinaria	451
2-1 Prueba de múltiples pasadas	457
2-2 Lubricación proactiva en práctica	460
2-3 Qué tan importante es el código de contaminación sólida ISO 4406-17	466
3-1 Carros de filtración una revisión técnica	472
3-2 Cómo seleccionar la correcta ubicación de los filtros de aceite	480
3-3 Entendiendo la filtración de flujo parcial en motores de combustión interna	484
3-4 Diferencias entre los filtros de aceite para sistemas hidráulicos y para sistemas de lubricación	488
4-1 Determinación de agua mediante el método Karl Fischer	491
4-2 Cómo determinar la presencia de hollín en aceites para motor diesel	494
4-3 Prueba de gota de aceite	497
4-4 Pruebas de análisis de aceite para detectar contaminación con glicol	501
4-5 Punto de inflamación	504

- DÍA 10

1-1 Mecanismos básicos de desgaste	506
1-2 Tres formas de identificar cavitación en los sistemas hidráulicos	517
1-3 Equipos para determinar densidad ferrosa	520
1-4 Fundamentos de densidad ferrosa	525
2-1 Qué significa un cambio en el color del aceite	529
2-2 Análisis de aceite en la mirilla de nivel	532
2-3 La nariz sabe. Uso del olor como prueba de campo del análisis de lubricante	535
3-1 La importancia de la demulsibilidad en el aceite	538
3-2 Monitoree el agua en el aceite con la prueba de crepitación	541

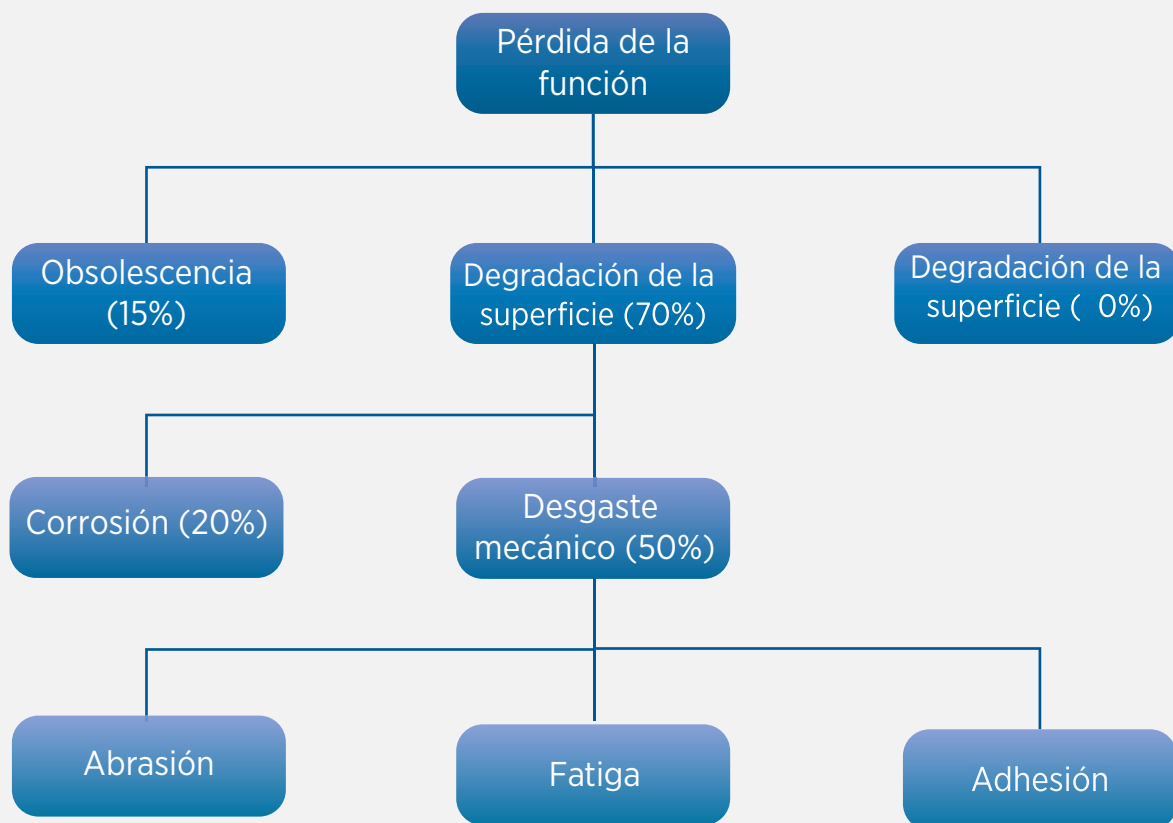


¿Por qué falla la maquinaria?

¿Por qué falla la maquinaria?

Fundamentos de lubricación.

Las máquinas fallan por diversas razones; no todas las fallas son iguales. El término “falla de máquina” o “descompostura” usualmente implica que la máquina ha dejado de hacer la función de diseño o lo que se espera de ella. Esto es lo que se llama “pérdida de función” de la máquina o componente. Por ejemplo, si se instala una bomba para que bombee 400 litros de aceite por minuto, pero con el paso del tiempo va disminuyendo su función, a tal punto que ahora sólo puede bombear 300 litros por minuto; esto es la pérdida de la función del activo.



Esta pérdida de función se divide en tres categorías principales: obsolescencia, accidentes y degradación de la superficie. De las tres, la degradación de la superficie de los componentes internos es la causante de la pérdida de la función de las máquinas en la gran mayoría de los casos. Esta degradación de la superficie se debe principalmente al desgaste corrosivo y al desgaste mecánico.

Desgaste corrosivo



La corrosión de los componentes de la maquinaria es bastante común, especialmente para aquellos que tienen problemas de contaminación con agua. El agua no sólo provoca herrumbre en las superficies de hierro, también puede acelerar la oxidación del aceite, generando un ambiente ácido dentro del componente.

Los ácidos pueden formarse como subproductos de las reacciones entre el agua y ciertos aditivos en el aceite. También pueden ingresar sustancias del proceso a través de los sellos, creando un ambiente ácido. Algo tan simple como tener un aditivo extrema presión en contacto con metales amarillos (cobre, bronce, latón, etc.) puede causar corrosión.

Desgaste mecánico

El desgaste mecánico ocurre cuando las superficies de la máquina se desgastan mecánicamente una sobre la otra. El desgaste abrasivo es un método en el cual la contaminación con partículas causa la mayor parte del desgaste. Partículas como la tierra o las partículas de desgaste pueden causar abrasión de tres cuerpos o fatiga de la superficie, lo que da como resultado que la superficie se pique o rasgue. El desgaste adhesivo involucra a dos superficies que entran en contacto directo entre sí, transfiriendo metal de una a la otra. Este desgaste se presenta en áreas en donde el lubricante no puede soportar la carga o en áreas donde hay escasez de lubricante.

La fatiga del metal es similar a lo que pasa cuando trata de cortar un alambre sin utilizar herramientas. Conforme el alambre se dobla hacia atrás y adelante, una y otra vez, el metal comienza a trabajar más intensamente y se fatiga. Después de varios ciclos de este tipo de estrés, el metal finalmente se debilita y se rompe. El mismo proceso ocurre en las máquinas.

Por ejemplo, una partícula puede causar que aumente el estrés en la pista interna de un rodamiento. Con el tiempo y flexión constante, el metal comienza a fatigarse, se propaga y forma fisuras en el material.

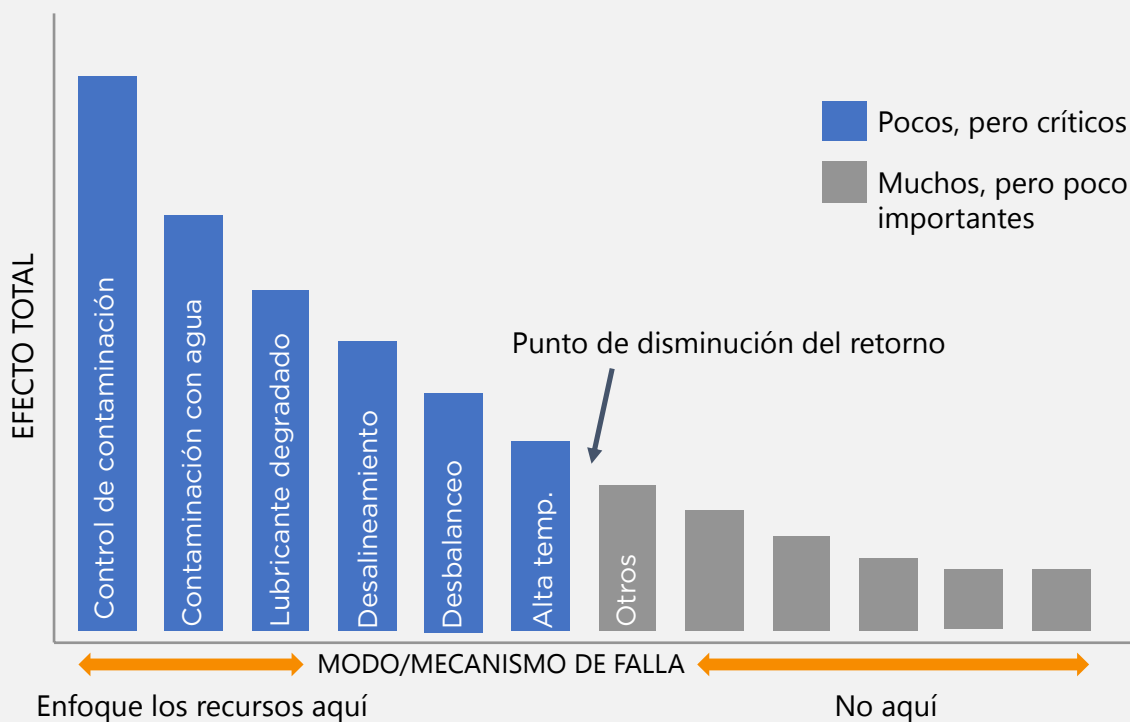


Así, aunque las máquinas pierden su funcionalidad de diferentes formas, la degradación de la superficie de los componentes de la máquina es la causante de la mayoría de esos problemas. Manteniendo apropiadamente selladas las máquinas para restringir el ingreso de humedad y partículas, y asegurándose de que los lubricantes que utiliza cumplen o exceden los requerimientos de operación de los componentes, puede extender la vida de la maquinaria y reducir la cantidad total de fallas.

El principio de Pareto

El Principio de Pareto es un principio que recibe su nombre en honor al economista Vilfredo Pareto, y que indica que las entradas y salidas tienen una relación desigual. Aplicado al mantenimiento de la maquinaria, el principio explica que el 80% de las consecuencias vienen del 20% de las causas. Esto también se conoce como la «Ley de Pareto» o la «Regla 80/20». Dicho de otra manera, el 20% de las causas de falla son las responsables del 80 % de la ocurrencia de las fallas. Lo que indica que se deben enfocar los recursos y el monitoreo de condición en ese 20%.

Los modos de falla y la causa raíz de falla están estrechamente ligadas y son a menudo los mismos.



Por ejemplo, el desgaste abrasivo puede ser un modo de falla, pero la contaminación con partículas la causa raíz. La ignorancia, la cultura, el mantenimiento insuficiente y un pobre diseño de la máquina son todas posibles condiciones preexistentes que, individual o colectivamente, conducen a la contaminación. Debido a que siempre se puede indagar a niveles más profundos buscando las “causas”, por simplicidad, los términos “modo de falla” y “causa raíz” son utilizados indistintamente.



**Beneficios financieros de su
programa de lubricación.**

Para la mayoría de las organizaciones, las oportunidades de obtener una ganancia financiera sustancial gracias a la excelencia en lubricación son enormes, con mucha fruta fácil de alcanzar y de bajo costo. El beneficio financiero más común es la reducción del tiempo de inactividad al evitar fallas en las máquinas de alto tiempo de inactividad. Esta estrategia revela la “planta oculta” e implementa el mantenimiento proactivo (eliminación de la causa raíz) y el mantenimiento predictivo (detección temprana de fallas).

El problema con la planta oculta es que requiere gastar dólares hoy para mitigar o prevenir un futuro evento de falla. Sí, un dólar invertido hoy puede devolver \$ 100 dólares o más en el futuro, pero ¿cuánto tiempo debe esperar para el retorno? ¿Qué tan seguro está de que ha evitado una falla?

Por ejemplo, si aplica un control de contaminación mejorado a una sola máquina, como un motor diesel, es posible que no vea el beneficio de un intervalo de revisión prolongado durante más de un par de años. Por el contrario, si tiene una flota de motores diésel, el número total de revisiones (y pérdida de producción) podría reducirse en un 50 por ciento en cualquier período de tiempo, incluido el año en curso.

Aún así, hay otros beneficios financieros tangibles que no se relacionan con fallas futuras evitadas. ¿Cómo se puede pagar el costo de implementar un programa de lubricación de clase mundial en el ciclo presupuestario actual?

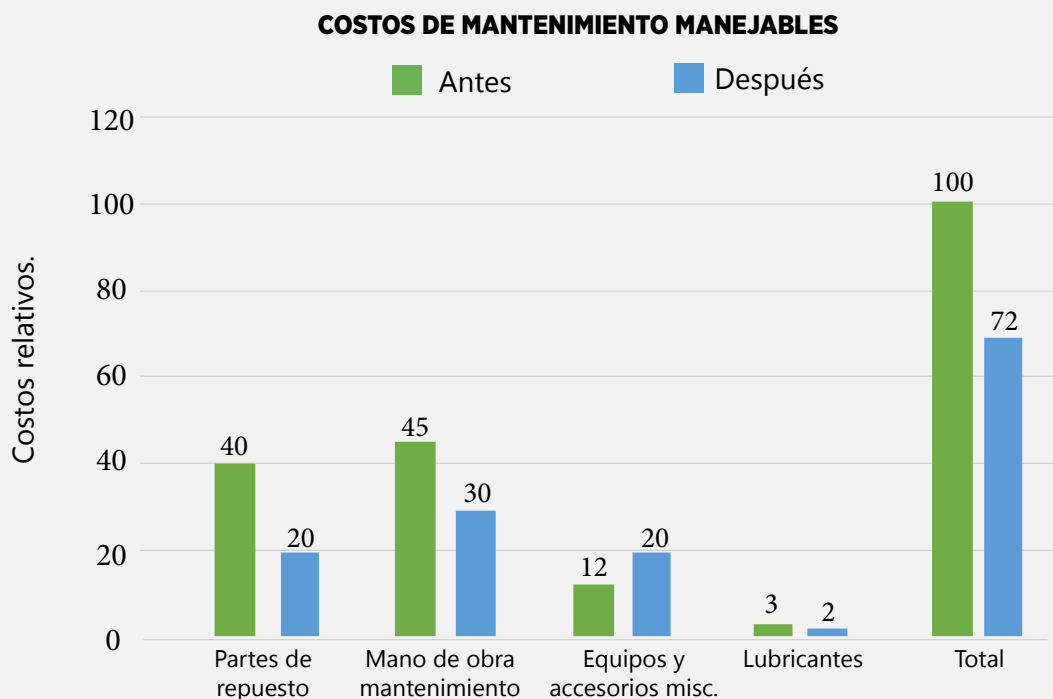
Reducción de los costos de mantenimiento actuales

Vea la tabla en la Figura 1. Las barras verdes representan un presupuesto de mantenimiento típico. Tenga en cuenta que solo el 3 por ciento del presupuesto es el costo de los lubricantes. Si se va a reducir el presupuesto de mantenimiento de hoy (para ahorrar dinero), se debe eliminar la necesidad correspondiente de gastos de mantenimiento.

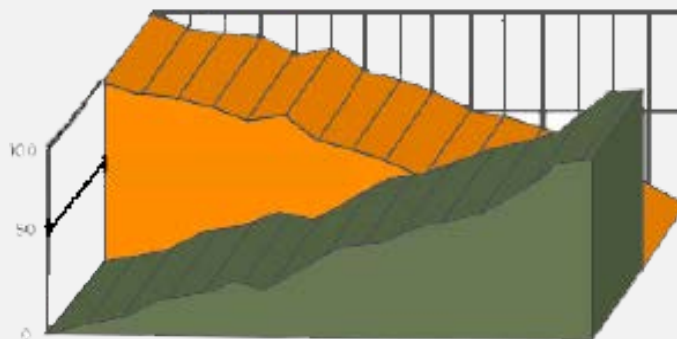
El desafío es saber qué se debe hacer para reducir la necesidad de piezas de repuesto (nuevas y reconstruidas), mano de obra de mantenimiento, suministros y lubricantes. ¿Qué estrategia de mantenimiento sabia y probada logra este objetivo? ¿Cuánto se debe invertir?



Cuando se trata de precisión o lubricación optimizada, existe la necesidad de un cambio y, a menudo, una inversión modesta. Bien hecho, los resultados no decepcionarán, un hecho probado por muchos estudios de casos documentados. Estas reducciones de costos están representadas por las barras naranjas en el gráfico. La magnitud del beneficio es proporcional a la gravedad del estado actual de lubricación. Lo peor es, mayor es la oportunidad. También se relaciona con lo bien elegida y ejecutada la solución optimizada.



La Figura 2. muestra esta causa y efecto en un gráfico más visual. Si no se invierte en cambio y lubricación mejorada, la organización de mantenimiento se encuentra en un ciclo de desesperación (se deja en el gráfico). A medida que la calidad de la lubricación mejora notablemente, también lo hacen los beneficios económicos. Todo depende de la acción y el cambio.



Reducción de costos fuera del presupuesto de mantenimiento

Algunas organizaciones se acostumbran tanto a los costos operativos rutinarios que no reconocen la fruta baja, que cuelga al la vista. Un buen ejemplo son las malas prácticas de gestión de la energía, como lo que ocurre hoy en muchos hogares antiguos. El aislamiento deficiente, las corrientes de aire alrededor de las puertas y ventanas, las unidades de calefacción y aire acondicionado de baja eficiencia, etc., se suman a las enormes pérdidas financieras con el tiempo.

En la planta típica, hay muchos ejemplos similares. La mayoría son tangibles (afectando el resultado final), y algunos menos (más difícil de cuantificar). Al enfocarse en lo que es tangible, el costo de la confiabilidad habilitada por la lubricación efectivamente se autofinancia y es más fácil de aprobar por los tomadores de decisiones de la compañía. A continuación se incluye una lista de posibles ahorros fuera del presupuesto de mantenimiento:



- ➔ Inactividad del operador debido a tiempo de inactividad evitable programado o no programado (intangible)
- ➔ Producción perdida o ralentizada (tangible)
- ➔ Costos de consumo de energía/combustible (tangible)
- ➔ Defectos/deterioro del producto(tangible)
- ➔ Fuga, desperdicio y costos de disposición(tangible)
- ➔ Horas extraordinarias por encima del presupuesto y otros costos laborales/contratistas no planificados (tangibles)
- ➔ Costos de repuestos por encima del presupuesto (tangibles)
- ➔ Costos de envío areparación de partes “urgentes”por encima del presupuesto (tangible)
- ➔ Interrupción de compra (intangible)
- ➔ Interrupción de almacenamiento (intangible)

- Daño a la moral del personal (intangible)
- Pérdida de buena voluntad del cliente (intangible)
- Consecuencias de seguridad (tangibles e intangibles)
- Consecuencias ambientales (tangibles e intangibles)

El mantenimiento como generador de utilidades

El mantenimiento y la lubricación son una oportunidad real en grandes plantas, fábricas y flotas de equipo móvil a medida que las empresas ven cada vez más a la lubricación como un generador de utilidades. Para la mayoría de las empresas, solo se necesita una reducción del 10 por ciento en los costos de mantenimiento para producir ganancias equivalentes a un aumento del 40 por ciento en los ingresos por ventas (Figura 3).

Las organizaciones que utilizan prácticas de mantenimiento mejoradas para reducir los costos se beneficiarán enormemente. El siguiente es un ejercicio financiero simplificado sobre cómo una reducción del 10 por ciento en los costos de mantenimiento se traduce en ganancias equivalentes a un aumento del 40 por ciento en los ingresos de la compañía:

	Antes		Enfoque A		Enfoque B	
			10% Reducción de costos de mantenimiento		40% Incremento de ventas	
	US Dls \$	% de las ventas	US Dls \$	% de las ventas	US Dls \$	% de las ventas
Ventas	\$100	100%	\$100	100%	\$140	100%
Costos de mantenimiento	\$20	20%	\$18	18%	\$28	20%
Material, mano de obra, gastos directos e indirectos	\$75	75%	\$75	75%	\$105	75%
Utilidad	\$5	5%	\$7	7%	\$7	5%

Figura 3. El impacto financiero de reducir los costos de mantenimiento en un 10 por ciento

Que es más fácil; ¿Aumentar el volumen de ventas en un 40 por ciento o reducir los costos de mantenimiento en un 10 por ciento? Además, una reducción del 10 por ciento en los costos de mantenimiento se traduce en un retorno de los activos netos (RONA) mucho mayor en comparación con el aumento de las ventas en un 40 por ciento, lo que requerirá más capacidad de la planta y mano de obra de producción.

* Nota: el beneficio es el mismo en ambos escenarios.



Estrategias de mantenimiento

Con frecuencia, el mantenimiento se considera un mal necesario y tiende a retrasarse o cancelarse para satisfacer las demandas de producción. Dejar el equipo fuera de servicio para realizar reparaciones o mejorar la funcionalidad puede ser una venta difícil, especialmente si la única actividad de mantenimiento es la lubricación. A medida que la industria ha evolucionado, también lo han hecho las prácticas y filosofías sobre cómo y cuándo realizar el mantenimiento y la lubricación. Ahora hay más opciones y herramientas disponibles para guiar las acciones del personal en casi todas las tareas de lubricación. Sin embargo, para comprender realmente cómo esta evolución ha cambiado el panorama, debe saber dónde comenzó el mantenimiento y dónde está hoy.

Filosofías de mantenimiento

La mayoría de las personas están familiarizadas con el término “mantenimiento reactivo”. Este enfoque implica reparar máquinas solo después de una falla o avería. Con demasiada frecuencia, las filosofías reactivas son adoptadas por organizaciones con poca mano de obra o atrapadas en la mentalidad de “así es como siempre lo hemos hecho”. Esto lleva a presupuestos de mantenimiento exagerados, bajo desempeño operativo y un personal que está constantemente apagando incendios. Quienes han trabajado en un modo reactivo durante años, pueden dar fe del estrés que ejerce sobre su personal. Por ejemplo, es difícil saber a qué hora podrá ir a casa, si es que puede ir. Incluso los fines de semana o días festivos, siempre existe el riesgo de ser llamado al trabajo. Esta filosofía de mantenimiento no es sostenible y se ha relegado en gran medida a equipos no críticos o pequeños.

En un esfuerzo por alejarse del estado reactivo y en los casos en que la seguridad es primordial, se implementó el mantenimiento planificado o programado. Conocido como mantenimiento preventivo, este enfoque implica tener un período o intervalo establecido para programar y ejecutar el mantenimiento.





La industria de la aviación ofrece un buen ejemplo de esta filosofía. Hacer funcionar el motor de un avión hasta que falle no es una opción debido a las implicaciones de seguridad. Por lo tanto, el mantenimiento se programa en función de cierta cantidad de horas o vuelos. La misma práctica se adoptó en la industria. Esto incluyó seguir de cerca las recomendaciones o intervalos del fabricante del equipo original (OEM, por sus siglas en inglés) para evitar una falla. Probablemente use un método similar con el mantenimiento de su vehículo. Al introducir el componente de programación en sus actividades de mantenimiento, puede agregar algo de dirección y continuidad a un proceso diario. Aunque el mantenimiento preventivo puede ayudar a reducir el caos de las fallas, aún puede generar altos costos de mantenimiento cuando se sustituyen piezas en buen estado, o cuando fallan piezas antes de la fecha de servicio programada.

Más recientemente, se han puesto a disposición nuevas herramientas y accesorios para ayudar en la supervisión del equipo y detectar posibles problemas con anticipación. Este monitoreo de los síntomas y fallas de falla se conoce como mantenimiento predictivo.

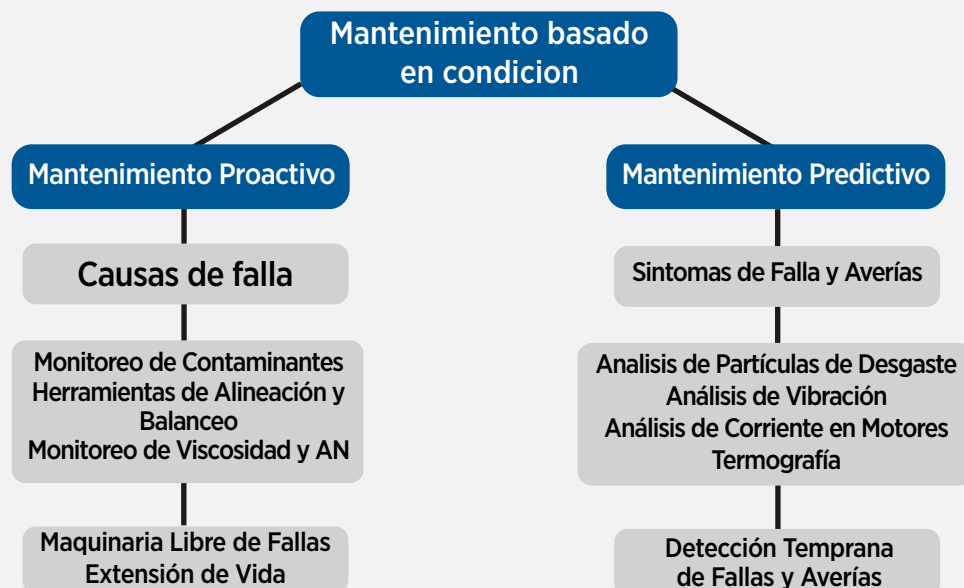
Las formas más comunes de este enfoque incluyen el uso de análisis de vibraciones, ultrasonido, termografía, análisis de aceite y una serie de otras tecnologías para proporcionar una alerta temprana de un problema inminente. El mantenimiento predictivo funciona bien para máquinas que funcionan continuamente y, a menudo, se traduce en una reducción del tiempo de paro no planificado. Sin embargo, generalmente conlleva costos iniciales considerables, no solo para las herramientas necesarias sino también para capacitar a las personas que se espera que capturen los datos pertinentes. Se requiere diligencia para garantizar que los datos se recopilen del mismo lugar y de la misma manera cada vez. En lugar de reparar las máquinas, el mantenimiento proactivo elimina lo que hace que fallen.

Se puede usar para extender la vida útil del equipo, en lugar de simplemente mejorar el proceso de reparación o identificar cuándo una máquina fallará. El mantenimiento proactivo se enfoca en las causas raíz de la falla y las aborda antes de que conduzcan a un eventual problema. Gran parte del mantenimiento proactivo ocurre antes de que una máquina se ponga en servicio, incluso el alineamiento y balanceo. Sin una mentalidad proactiva, las fallas de los equipos seguirán afectando a la mayoría de los departamentos de mantenimiento. Analizar lo que salió mal y tomar medidas para evitar que vuelva a suceder son las características de ser proactivo.

Mantenimiento basado en condición

Para convertir un programa convencional a un programa moderno los ingredientes más importantes son la educación, habilidades, tecnología y certificación. Por supuesto que es importante también que se tenga soporte de parte de la administración de la empresa para institucionalizar el programa de análisis de aceite como parte vital de la confiabilidad de la maquinaria y dar recursos al programa.

Un programa moderno incorpora el análisis de aceite en sitio (pruebas realizadas en la misma planta utilizando pruebas de campo e instrumentos de tecnología moderna) en combinación con pruebas de rutina enviadas a un laboratorio externo. La estrategia consiste en la identificación de las causas de falla y fallas en etapa temprana con una alta frecuencia y rapidez de respuesta mediante las pruebas de campo, inspecciones y pruebas en sitio. Estas acciones pueden ayudar a regresar la maquinaria a condiciones normales de inmediato, logrando incrementar su vida. El envío de muestras de aceite a un laboratorio de manera regular, permite hacer un análisis de la tendencia de la maquinaria en el tiempo y poder determinar la efectividad de los sistemas de mantenimiento. En esta parte de la estrategia, podemos visualizar de manera predictiva la degradación de aditivos, el proceso de oxidación del lubricante y por supuesto el desgaste de la maquinaria.



Cuando se detecta alguna condición anormal, (ya sea mediante inspección, pruebas de campo o análisis de rutina), se deberán efectuar pruebas “por excepción”, en las que el objetivo es la identificación del problema y lo más importante – la causa del problema. En esta etapa, deberán considerarse la incorporación de otras estrategias de monitoreo de condición, como las inspecciones, la termografía, el análisis de vibración, y otras tecnologías.

Una vez localizada la causa de la falla, deberá procederse a su eliminación y control y efectuar un análisis de aceite para verificar que la acción haya sido efectiva. Evite tratar de “resolver” el problema cambiando el aceite. Habrá ocasiones en las que el cambio de aceite sea parte de la solución, como en los casos en los que la oxidación sea severa o que la contaminación por combustible, agua o refrigerante haya agotado los aditivos y afectado al aceite base, pero la real causa de falla debe ser eliminada desde la raíz y posteriormente solicitar el cambio de aceite.

No todos los equipos en su planta deberán ser analizados con las mismas pruebas, seleccione aquellas que estén dirigidas al proceso de falla crítico. Por lo general en los programas que diseñamos establecemos dos o tres pruebas en-sitio, acompañadas de inspecciones y pruebas de campo que pueden efectuar perfectamente los técnicos de lubricación bien entrenados. Esta estrategia permite identificar de manera temprana las fallas y sus causas en la etapa más temprana, prolongando la vida de los lubricantes y la de la maquinaria.

Conclusion

Los requerimientos de confiabilidad en maquinaria crítica no permiten la aplicación de estrategias únicamente preventivas y predictivas. Se requiere del mantenimiento basado en condición y la incorporación de tecnologías complementarias.

Los profesionales del mantenimiento son ahora vistos como médicos en búsqueda de la salud de los equipos y no como mecánicos (cirujanos) para reparar lo que no pudieron prevenir con diagnóstico a tiempo. Habrá que seleccionar la tecnología que mejor se dirija a la causa de falla y al proceso de avance de esta para obtener el máximo aprovechamiento.

Nuestra visión acerca del mantenimiento y la confiabilidad de la maquinaria es que debe desaparecer el “mecánico reparador” y nacer una nueva generación de técnicos de monitoreo de la salud de la maquinaria.

La tecnología del análisis de aceite debe ser aplicada de una manera profesional, equiparable a las otras tecnologías, incorporando una estrategia, diseño, tecnología, educación y certificación. Los resultados están a la vista en una gran cantidad de empresas que ahora reciben los beneficios de un programa bien diseñado y ejecutado. La forma de ver la lubricación y el análisis de aceite sufrirá un gran cambio; de eso estoy seguro.

¿Cuánto tiempo necesita para convencerse de que esta puede ser la forma de dar la vuelta a su programa y acercarse a una mejor confiabilidad de su maquinaria? Ajuste su visión y obtenga resultados diseñando y aplicando un programa moderno de lubricación de clase mundial.





Tribología

La tribología es el estudio de la ciencia y la tecnología de las superficies que interactúan en movimiento relativo y abarca el estudio y la aplicación de la fricción, el desgaste, la lubricación y aspectos relacionados con el diseño de los componentes de la maquinaria. Para comprender mejor la tribología, es importante comprender las definiciones que hay detrás de la fricción, el desgaste y la lubricación.

La fricción se define como la resistencia al movimiento relativo entre dos cuerpos en contacto. La fricción no es una propiedad del material, sino una propiedad del sistema, y los científicos creen que se produce debido a la atracción electromagnética entre las partículas cargadas de dos superficies que están en contacto. Hay varios tipos de fricción, incluyendo:



- Fricción estática, que se produce cuando dos objetos no están en movimiento relativo uno con respecto al otro (por ejemplo, como una silla sobre el suelo).
- Fricción cinética, se produce cuando dos objetos se mueven uno con respecto al otro y se frotan entre sí (por ejemplo, una persona que se desliza por un tobogán).
- Fricción por rodadura, se produce cuando dos objetos se mueven uno con relación al otro y uno de ellos “rueda” sobre el otro (por ejemplo, las ruedas de un automóvil sobre el pavimento).
- Fricción deslizante, ocurre cuando dos objetos se frotan entre sí (por ejemplo, cuando se coloca y se mueve un libro sobre una mesa).
- Fricción fluida, ocurre cuando un objeto sólido se mueve a través de un líquido o gas (por ejemplo, una cometa que se mueve a través del aire).

Si bien la fricción no se considera una fuerza fundamental, es considerada una fuerza no conservadora, lo que significa que el trabajo realizado contra la fricción es dependiente de la trayectoria.



Figura 1 - Fricción por rodadura

El desgaste se define como la eliminación gradual, daño o desplazamiento del material en superficies sólidas. Los tipos más comunes de desgaste son:

1. Desgaste abrasivo (de dos cuerpos), se produce cuando una superficie dura y áspera se desliza sobre una superficie más suave

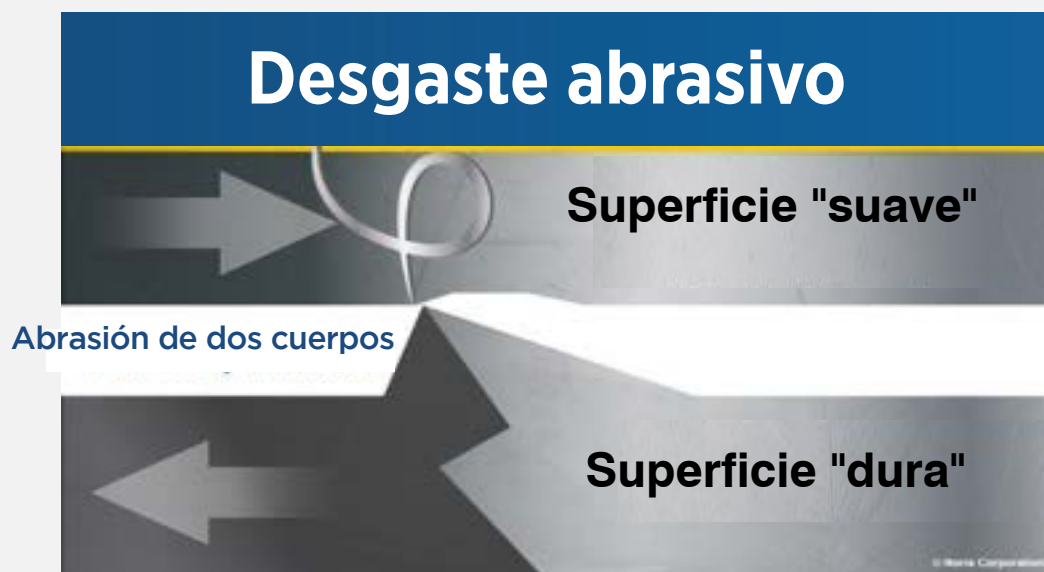


Figura 2 - Desgaste abrasivo de dos cuerpos

2. Desgaste adhesivo, se produce debido al movimiento y unión no deseada de partículas de desgaste de una superficie a la otra.
3. Desgaste por fricción, se produce debido al roce recurrente entre dos superficies
4. Desgaste erosivo, se produce cuando partículas sólidas o líquidas chocan con la superficie de un objeto.
5. Fatiga de superficie, se produce cuando la superficie de un material se debilita por cargas cíclicas.
6. Desgaste por corrosión/oxidación, se produce debido a reacciones químicas entre materiales desgastados y un medio corrosivo.

Dados los diferentes tipos, la tribología también muestra cómo el desgaste puede sufrir muchos cambios con el tiempo o experimentar cambios por las condiciones de operación.

La lubricación se define como el control de la fricción y el desgaste mediante la introducción de una película que reduce la fricción entre las superficies dinámicas en contacto. Esta película, también conocida como lubricante, puede ser una sustancia sólida, fluida o plástica, siendo el aceite y la grasa los más comunes.

Los lubricantes tienen varias funciones, incluida la de reducir fricción, prevenir el desgaste, proteger a la maquinaria de la corrosión, controlar la temperatura y la transmitir potencia y proporcionar un sello fluido.

Cuando se trata de lubricación, hay tres diferentes tipos denominados regímenes: película límite, mixta y gruesa. La lubricación límite existe donde hay arranques y paros frecuentes y también donde están presentes condiciones de cargas de choque.

Por ejemplo, algunos aceites contienen aditivos como extrema presión (EP, por sus siglas en inglés) o antidesgaste (AW, por sus siglas en inglés), para ayudar a proteger las superficies en caso de que las películas gruesas no se formen debido a la carga, la velocidad u otros factores. Esencialmente, estos aditivos EP y AW se adhieren a las superficies metálicas para formar una “capa de sacrificio que protege al metal contra el desgaste”.



Existen dos tipos de lubricación a película gruesa: **hidrodinámica** y **elastohidrodinámica**.

La lubricación hidrodinámica (HD) se produce cuando dos superficies en movimiento deslizante están completamente separadas por una película de lubricante. La lubricación elastohidrodinámica (EHD) es muy similar a la lubricación hidrodinámica, pero ocurre cuando las superficies están en movimiento rodante (una con respecto a la otra). La lubricación elastohidrodinámica obtiene su nombre de la propiedad de la película que deforma elásticamente la superficie de rodadura para lubricarla. Bajo estas condiciones la capa de la película EHL es mucho más delgada que la de la lubricación hidrodinámica, dando como resultado una mayor presión sobre la película.



Figura 3 - Lubricación elastohidrodinámica

La lubricación mixta, es una combinación entre la lubricación límite y la hidrodinámica, es cuando “la mayor parte de las superficies están separadas por una capa lubricante y las asperezas todavía hacen contacto entre sí”. Al igual que con la lubricación límite, la lubricación mixta también puede emplear aditivos para crear una capa protectora sobre el metal.

Hay varios conceptos fundamentales en tribología, como tribosistema, tribopelícula y curva de Stribeck. Un tribosistema se define como un sistema tribológico compuesto por al menos dos cuerpos en contacto y cualquier factor ambiental que afecte su interacción (“tribosystem”, Wikipedia). Es esencial para los tribólogos entender los sistemas tribológicos, ya que esto les permite crear y ejecutar pruebas tribológicas. Otro elemento importante del tribosistema gira en torno al uso de los recubrimientos tribológicos, en lo que se refiere a materiales ferrosos y no ferrosos.

Tribopelícula o tribopelículas, son películas producidas sobre las superficies y juegan un papel integral en la reducción o minimización de la fricción y el desgaste en los sistemas lubricados. Las tribopelículas también son conocidas como película lubricante límite, película de lubricación límite, película tribolímite o película límite (“Tribofilm”, Wikipedia).

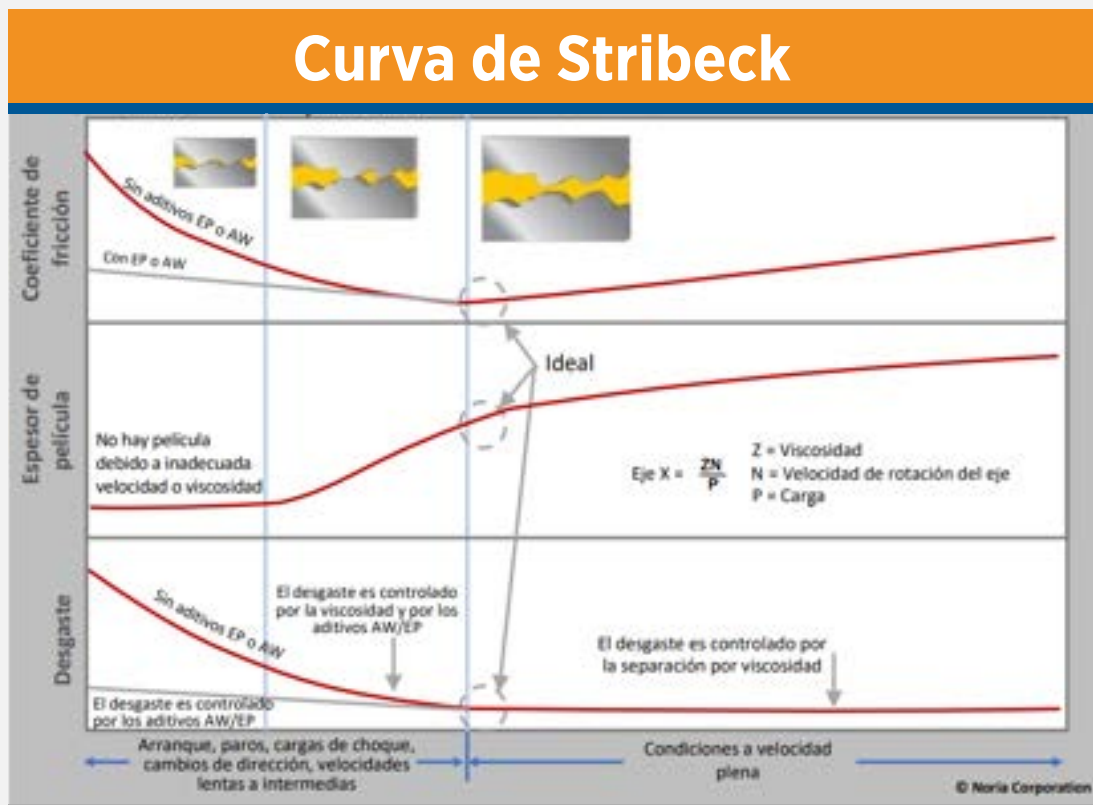


Figura 4 – Curva de Stribeck

La curva de Stribeck es una gráfica que muestra cómo la fricción en los contactos lubricados con fluidos es una función no lineal de la viscosidad del lubricante, la velocidad y la carga en la zona de contacto (“curva de Stribeck”, Wikipedia). Lleva el nombre de Richard Stribeck, un ingeniero mecánico alemán, quien describió el concepto por primera vez en 1902. Este gráfico muestra cómo la generación de la película lubricante es crítica en la reducción de la fricción y el desgaste de los componentes de las máquinas.

Historia de la tribología

La palabra “tribología” viene de la palabra griega tribos que significa fricción, traduciendo la palabra literalmente como la “ciencia de la fricción”. Mientras que el estudio del concepto se remonta a Leonardo da Vinci y sus estudios sobre las leyes de la fricción, la palabra “Tribología” no se había utilizado ampliamente hasta que Peter H. Jost, un ingeniero mecánico británico, acuñó el término en el Reporte Jost del 9 de marzo de 1966.

Jost es considerado el fundador de la disciplina de Tribología, y a partir de su reporte, se puso una mayor atención sobre el tema. Solicitó el establecimiento de Institutos de Tribología, junto con la publicación de un manual sobre tribodiseño e ingeniería. En una entrevista realizada por Jim Fitch, fundador de Noria Corporation, se le pidió a Jost que describiera el momento en que concibió la Tribología, señalando que fue en septiembre de 1964 en la Conferencia sobre Lubricación en Trabajos de Hierro y Acero en Cardiff (Reino Unido) del Instituto del Hierro y del Acero/Grupo de Lubricación y Desgaste del ImechE.

Fue en esta conferencia donde se discutieron las fallas, particularmente en la maquinaria y equipos dañados en acerías. Después de esto, se le pidió a Jost que formara un comité para “investigar lo relacionado con la educación sobre lubricación, la investigación y las necesidades de la industria.

Poco después de la publicación del Reporte Jost, el 26 de septiembre de 1966 se estableció formalmente la Comisión de Tribología y fue encargada de varias tareas, incluyendo:

- Asesorar al ministro de tecnología para medir el efecto del progreso tecnológico y los ahorros en el ámbito de la tribología.
- Asesorar a los departamentos gubernamentales y otros organismos en asuntos relacionados con la tribología.
- Examinar y recomendar a la industria las últimas técnicas en tribología.
- Informar anualmente al ministro de tecnología sobre sus propias actividades y sobre las tendencias y desarrollos en tribología que se consideran de importancia tecnológica o económica para la nación.

Desde entonces, la tribología se ha convertido en un área interdisciplinaria relacionada con la biología, la química, la ingeniería, las ciencias de los materiales, las matemáticas y la física.

Aplicaciones

Históricamente, la tribología se aplica a los componentes rodantes o deslizantes más comunes, como son los rodamientos, cojinetes planos, engranajes, levas, frenos y sellos. Estos elementos comunes se utilizan en diversas máquinas que tienen un movimiento relativo y requieren un movimiento deslizante o un movimiento de rotación. Este enfoque inicial en mejorar la operación y extender la vida útil de la maquinaria industrial ha evolucionado hacia otras variadas aplicaciones en las que ha tenido un gran impacto.

Aplicación en la industria

Cuando se trata de investigación, la tribología abarca desde escalas macro a nano. Aunque tradicionalmente se concentraba en los sectores de transporte y manufactura, se ha diversificado más a lo largo de las décadas.

¿Qué es un tribólogo?

Un tribólogo es un estudiante o experto en el campo de la tribología. Leonardo da Vinci es considerado uno de los tribólogos más antiguos y famosos por sus estudios sobre las leyes de la fricción. Peter H. Jost, ingeniero mecánico británico y autor del innovador Reporte Jost, acuñó el término “Tribología” en 1966 y es considerado el padre de la disciplina.

Quienes participan en el desarrollo, mantenimiento y mejora continua de los programas de lubricación son tribólogos por extensión.





Funciones del lubricante

Una de las cosas más importantes que un operador puede hacer por su maquinaria es asegurarse de que esté lubricada adecuadamente. Entonces, ¿qué es un lubricante y cómo afecta las operaciones cuando se usa correctamente?

¿Qué es un lubricante?

Es una sustancia que se aplica entre dos superficies en movimiento relativo para facilitar su deslizamiento, reduciendo la fricción y controlando el desgaste.

Funciones del lubricante

Las funciones principales de un lubricante son:

- Reducir la fricción.
- Prevenir el desgaste.
- Proteger el equipo de la corrosión.
- Control de temperatura (disipar calor)
- Controlar la contaminación (llevar los contaminantes a un filtro o reservorio)
- Transmitir potencia.
- Proporcionar un sello fluido.



A veces, las funciones de reducir la fricción y prevenir el desgaste se usan indistintamente. Sin embargo, la fricción es la resistencia al movimiento, y el desgaste es la pérdida de material como resultado de la fricción, la fatiga de contacto y la corrosión. Hay una diferencia significativa. De hecho, no todo lo que causa fricción (p. Ej., Fricción de fluidos) causa desgaste, y no todo lo que causa desgaste (p.Ej. Erosión por cavitación) causa fricción.

La reducción de la fricción es un objetivo clave de la lubricación, pero hay muchos otros beneficios de este proceso. Las películas lubricantes pueden ayudar a prevenir la corrosión al proteger la superficie del agua y otras sustancias corrosivas. Además, juegan un papel importante en el control de la contaminación dentro de los sistemas hidráulicos y de lubricación.

El lubricante funciona como un medio de transporte de los contaminantes a los filtros que se eliminarán. Estos fluidos también ayudan en el control de la temperatura al absorber el calor de las superficies y transferirlo a un punto de temperatura más baja donde pueda ser disipado.

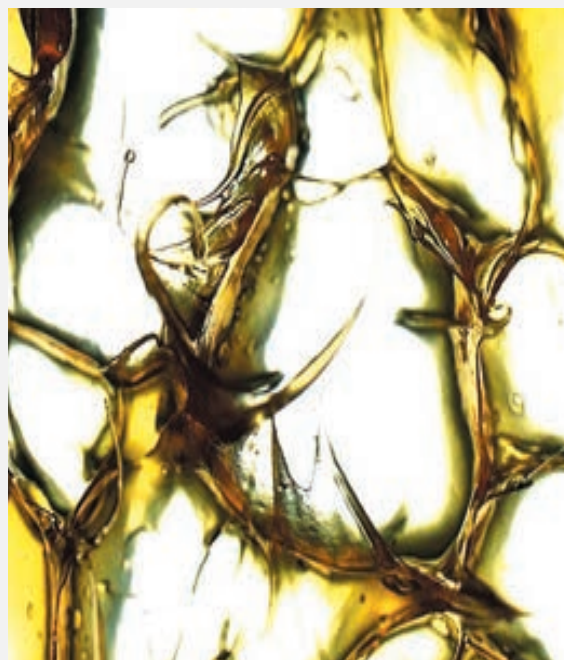
No todas las funciones pueden ser efectuadas por todos los lubricantes. Algunas de estas son exclusivas de ciertos lubricantes y algunos las llevan a cabo con más eficiencia que otros.

Las grasas lubricantes son muy efectivas para controlar la temperatura evitando el contacto entre las superficies, pero no para disipar el calor, ya que funcionan como un “abrigo” que retiene impide el enfriamiento adecuado de las superficies. Por lo general, un componente lubricado con grasa trabaja más caliente que uno lubricado por aceite.

Las grasas no son buenas para separar los contaminantes una vez que se introducen (agua, partículas) ya que impiden su asentamiento por gravedad, pero pueden ser muy efectivas como sellantes, evitando el ingreso de contaminación al alojamiento del componente.

Los lubricantes tienen muchas propiedades que se pueden mezclar y combinar para satisfacer sus necesidades operativas. Por ejemplo, hay diferentes productos químicos que se pueden agregar para permitir que una máquina funcione de manera eficiente a temperaturas extremas. También podemos hacer que un lubricante sea más efectivo para proteger las superficies de la máquina bajo presiones extremas.

Al observar las demandas de la máquina, puede identificar adecuadamente el tipo de lubricante más adecuado para su correcto funcionamiento.





Los lubricantes y la lubricación

Lubricación es una palabra que con frecuencia se utiliza para referirse a la confiabilidad de la maquinaria y su mantenimiento, pero ¿qué es exactamente lubricación? El diccionario define lubricación como la aplicación de una sustancia aceitosa o grasosa a fin de disminuir la fricción. Aunque es una definición válida, no reconoce todo lo que la lubricación logra en realidad.

Qué es un lubricante

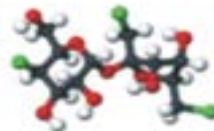
Un lubricante es una sustancia que reduce la fricción, el calor y el desgaste cuando se introduce como una película entre superficies sólidas. El uso del lubricante correcto ayuda a maximizar la vida útil de sus rodamientos y maquinaria, ahorrando así dinero, tiempo y mano de obra, lo que hace que las operaciones sean más eficientes y confiables.

Pueden emplearse múltiples sustancias para lubricar una superficie. Las más comunes son aceite y grasa. La grasa está compuesta de un aceite (básico y aditivos) y un agente espesante para darle su consistencia, aunque el aceite es quien realmente lubrica. Los aceites básicos pueden ser de origen mineral, vegetal o sintético o de una combinación de ellos.

La aplicación determina cuál aceite básico debe emplearse. En condiciones extremas, pueden ser benéficos los aceites sintéticos. Cuando existe alguna preocupación ambiental, pueden utilizarse lubricantes elaborados con básicos vegetales.

Los lubricantes contienen aditivos que añaden, mejoran o suprimen propiedades del aceite básico. La cantidad de aditivos depende del tipo de aceite básico y la aplicación en que se utilizará. Por ejemplo, un motor de combustión interna contiene un aditivo dispersante.

Tipos de aceite básico



Sintético

Vegetal



Mineral

El dispersante mantiene a la materia insoluble separada y permite sea llevada a los filtros para removerla. En ambientes en donde la temperatura de trabajo cambia de frío a caliente, puede agregarse un aditivo mejorador del índice de viscosidad (MIV). Esos aditivos son moléculas orgánicas de cadena larga que se contraen en condiciones de frío y se expanden en ambientes de alta temperatura. Este proceso cambia la viscosidad del aceite y le permite fluir mejor cuando está frío, mientras que mantiene sus propiedades cuando se calienta. El único problema con los aditivos es que pueden agotarse, y para restaurarlos a niveles adecuados, por lo general debe sustituirse el aceite.

El objetivo clave de la lubricación es reducir la fricción, pero hay muchos otros beneficios de este proceso. La película lubricante puede ayudar a prevenir la corrosión protegiendo las superficies del contacto con el agua y otras sustancias corrosivas. Además, juegan un rol importante en el control de la contaminación dentro del sistema. El lubricante funciona como un conductor que transporta los contaminantes a los filtros, en donde pueden ser removidos.

También ayudan a controlar la temperatura absorbiendo el calor de las superficies y transfiriéndolo a puntos de menor temperatura en donde pueda disiparse o a intercambiadores de calor.



¿Qué es la lubricación?

Para comprender qué es la lubricación, primero debe comprender por qué la usamos. La fricción es la fuerza que resiste el movimiento relativo entre dos cuerpos en contacto. Si no existiera la fricción, nada dejaría de moverse. Necesitamos fricción para funcionar, pero hay casos en los que desea poder reducir la cantidad de fricción presente.

Cuando frota sus manos juntas, crea calor debido a la fricción entre las superficies deslizantes de sus manos. Ahora imagine frotarse las manos 3600 veces por minuto: ¡sus manos estarían ardiendo!

Se genera calor similar por fricción en su maquinaria. Si el lubricante en su máquina no se ha seleccionado adecuadamente teniendo en cuenta las temperaturas de funcionamiento estándar, carga, velocidad, etc., puede producirse una falla catastrófica.

Sus rodamientos podrían quedar sin lubricante al detener la máquina o si la máquina está demasiado caliente. En estas condiciones, los rodamientos podrían quedarse pegados. Esto sería muy costoso si considera el tiempo perdido, la mano de obra utilizada y la reparación o compra del equipo.

Para evitar fallas de esta naturaleza, lubricamos nuestra maquinaria para minimizar la resistencia al movimiento y, como resultado, minimizar la cantidad de calor producido.

Hay muchas consideraciones que deben aplicarse al seleccionar el tipo de lubricante que necesitamos usar: viscosidad, aditivos necesarios, propiedades, etc.

En situaciones en las que la capa de película tiene un grosor de unos pocos micrones, se podría imaginar que cualquier contaminante presente puede crear daños importantes, por lo que tratamos de eliminar la mayor cantidad posible. Si bien podemos controlar la cantidad de contaminación que ingresa a un sistema mediante el uso de sellos, filtros y otros controles, es imposible eliminar por completo el desgaste de la maquinaria, incluso con las mejores películas lubricantes.

Entonces, ¿qué hacemos con las partículas de desgaste que no podemos evitar? Ciertos aditivos en el lubricante serán atraídos por estos contaminantes, los mantendrán suspendidos en el lubricante y los transferirán a los filtros u otros separadores instalados en el sistema donde serán eliminados.

Finalmente, la mayoría de las superficies no se ven completamente afectadas por la humedad. Entonces, ¿qué significa cuando el agua y el aire entran en contacto con el metal? Corrosión, y como todos sabemos, eso no es bueno para la operación de la máquina. Entonces, ¿cómo ayuda un lubricante con este problema?

Existen diferentes aditivos, de funcionamiento similar a los aditivos utilizados para el control de la contaminación, que evitan que las superficies metálicas entren en contacto con el agua. Esto evita la producción de corrosión, evitando daños en las superficies metálicas de la máquina.

Película lubricante

Hay tres tipos de películas lubricantes: película límite, película mixta y película gruesa. Cada una de ellas es diferente, pero todas dependen del aceite básico y los aditivos para proteger contra el desgaste.

La lubricación a película gruesa puede dividirse en dos tipos: hidrodinámica y elastohidrodinámica. La lubricación hidrodinámica se presenta cuando dos superficies en movimiento deslizante (en movimiento relativo entre ellas) están totalmente separadas por una película de fluido. La lubricación elastohidrodinámica es similar, pero se da cuando las superficies están en movimiento rotatorio (una con respecto de la otra).

La película en condición elastohidrodinámica es mucho más delgada que en la lubricación hidrodinámica. Se llama así porque la película deforma elásticamente la superficie rodante para lubricarla.

Aún las superficies más pulidas y lisas presentan algunas irregularidades. Estas sobresalen de las superficies formando picos y valles a un nivel microscópico. A esos picos se les llama asperezas o rugosidades. A fin de lograr condiciones de lubricación de película completa, la película lubricante debe ser más gruesa que la longitud de las asperezas. Este tipo de lubricación protege las superficies en forma más efectiva y es el más deseado.

La lubricación a película límite se presenta cuando hay frecuentes arranques y paradas, o en donde existen condiciones de cargas de choque. Algunos aceites tienen aditivos extrema presión (EP) o antidesgaste (AW) para ayudar a proteger las superficies en el caso de que no se

logre la película completa debido a la velocidad, carga y otros factores. Estos aditivos se adhieren a las superficies metálicas y forman una película de sacrificio que protege al metal del desgaste. La lubricación a película límite se presenta cuando las dos superficies entran en contacto de forma tal que sólo el EP o AW son lo único que las protegen. Esto no es lo ideal, puesto que causa alta fricción, calor y otros efectos no deseados.

La lubricación a película mixta es una mezcla de la lubricación a película límite y la hidrodinámica. Aun cuando gran parte de la superficie está separada por una película lubricante, las asperezas aún hacen contacto entre sí. Nuevamente los aditivos entran en acción.

Comprendiendo este proceso, debe ser más fácil definir qué es realmente lubricación. Es un proceso que separa o protege las superficies de tal manera que se reduzca la fricción, el calor, el desgaste y el consumo de energía. Esto puede lograrse por medio de aceites, grasas, gases y otros fluidos.

Regímenes de lubricación

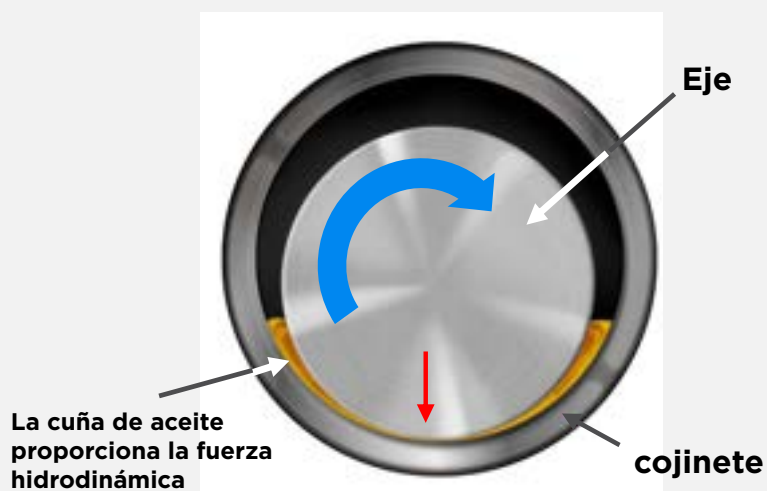
Controlar la fricción y reducir el calor son solo algunas de las razones por las que utilizamos lubricantes. Si observa con un microscopio dos superficies que se mueven una sobre la otra, vería algo parecido a dos cadenas montañosas que se rozan entre sí.



A medida que esto sucede, las piezas del material más débil se desprenden y crean partículas abrasivas más pequeñas, lo que da como resultado más partículas abrasivas en circulación, que continúan creando más abrasión. Es un círculo vicioso, y la forma en que evitamos que esto ocurra es creando una película lubricante.

Dos de los tipos preferidos y más comunes de películas lubricantes relacionadas con los fluidos son la hidrodinámica (HD) y la elastohidrodinámica (EHD).

La película hidrodinámica está presente entre los contactos deslizantes. El ejemplo más común sería un cojinete.



Cuando el eje está quieto, se asienta en la parte inferior del cojinete, pero cuando comienza a moverse, intenta "trepar" por el costado del cojinete. La capa microscópica del lubricante crea fricción entre sí y forma una cuña de aceite entre el eje y el cojinete, protegiendo ambas superficies. Esta película tiene un grosor que varía entre 5 a 200 micrones, pero que típicamente está entre 5 a 20 micrones.

La película elastohidrodinámica está presente en los contactos rodantes, como los rodamientos de bolas o los rodamientos de rodillos. En esta situación, el material más blando constituye el elemento rodante que en realidad se deforma por una fracción de segundo para agrandar el área de contacto entre las superficies de contacto.



Aquí, el espesor de la película de aceite es de un micrón o menos y la presión en la zona de contacto puede alcanzar las 500,000 psi, lo que nos lleva a otra razón para aplicar lubricación: necesitamos minimizar las partículas extrañas que pueden causar daños a esta área.



Entiendo las diferencias entre las bases lubricantes

Todos los lubricantes contienen una base lubricante, la cual sirve como el cimiento del lubricante antes de que se mezcle con aditivos o un espesante en el caso de una grasa. Pero ¿cómo sabe cuál base lubricante es mejor? Tratar de elegir entre aceites minerales y sintéticos puede ser confuso. Este artículo desglosará la complejidad entre las formulaciones de bases lubricantes para que pueda tomar la decisión correcta para cada aplicación.

Categorías de bases lubricantes

Los lubricantes se pueden clasificar de muchas maneras diferentes. Una de las clasificaciones más comunes es por el tipo de base lubricante: mineral, sintética o vegetal.

El aceite mineral, que se deriva del petróleo, se puede producir con diversas calidades, asociadas con el proceso de refinación del petróleo. Los básicos sintéticos son hechos por el hombre a través de un proceso de síntesis y se fabrican en diversas formulaciones con propiedades únicas para un propósito previsto. Las bases vegetales, derivadas de aceites provenientes de semillas, representan un porcentaje muy pequeño de las bases lubricantes y se utilizan principalmente con fines ambientales y para aprovechar recursos renovables.

55%

De los profesionales de la lubricación utilizan lubricantes elaborados tanto con base mineral como sintética en sus plantas, de acuerdo con una reciente encuesta en MachineryLubrication.com

Características de las bases lubricantes

Todas las bases lubricantes tienen características que determinan cómo resistirán diversos retos en la lubricación. Para un aceite mineral, el objetivo del proceso de refinación es optimizar las propiedades resultantes para producir un lubricante superior. Para los aceites generados sintéticamente, el objetivo de las diversas formulaciones es crear un lubricante con propiedades que podrían no ser alcanzables en un aceite mineral. Ya sea con una base mineral o una sintética, cada lubricante está diseñado para una aplicación específica.

Entendiendo las diferencias entre las bases lubricantes

Fundamentos de lubricación.

Algunas de las propiedades más importantes del aceite base son las limitaciones de viscosidad e índice de viscosidad, el punto de fluidez, la volatilidad, la estabilidad térmica y a la oxidación, el punto de anilina (una medida de la solvencia de la base lubricante hacia otros materiales, incluidos los aditivos), y la estabilidad hidrolítica (la resistencia del lubricante a la descomposición química en presencia de agua).

SINTÉTICO	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Polialfaolefina (PAO) Máxima temperatura de operación 132 °C/270 °F	Alto IV, alta estabilidad térmica y oxidativa, baja volatilidad, buenas propiedades de fluidez a bajas temperaturas, no tóxico y compatible con aceites minerales	Limitada biodegradabilidad, limitada solubilidad con aditivos, riesgo de encoger sellos
Diésteres y Polioliésteres Máxima temperatura de operación 182 °C/360 °F	No tóxico, biodegradable, alto índice de viscosidad, buenas propiedades a bajas temperaturas, miscible con aceites minerales	Solo para baja viscosidad, mala estabilidad hidrolítica, limitada compatibilidad con sellos y pinturas
Ésteres fosfatados Máxima temperatura de operación 116 °C/240 °F	Resistente al fuego, se biodegrada rápidamente, excelente protección contra el desgaste y el rayado	Bajo IV, limitada compatibilidad con sellos, no miscible con aceites minerales, moderada estabilidad hidrolítica
Poliálquilen glicol (PAG) Máxima temperatura de operación 149 °C/300 °F	Excelente lubricidad, no tóxico, buena estabilidad térmica y oxidativa, alto índice de viscosidad	Aditivos miscibles marginalmente, no miscibles con aceites minerales, no biodegradable, limitada compatibilidad con sellos y pinturas
Siliconas y Perfluoropoliésteres (PFPE) Máxima temperatura de operación 232 °C/450 °F	El mayor índice de viscosidad, alta estabilidad química, excelente compatibilidad con sellos, muy buena estabilidad térmica y oxidativa	El peor desempeño en lubricación a película mixta y límite, no miscible con aceites minerales y aditivos

Tabla 1 - Fortalezas y debilidades de las bases lubricantes sintéticas

	ACEITE MINERAL	ÉSTER FOSFATADO	POLIGLICOL	POLIOL ÉSTER	DIÉSTER	PERFLUOROPOLIÉTER	SILICONA	POLIALFAOLEFINA
Costo	B	MA	M	M	M	MA	A	M
Compatibilidad con sellos	AP	BP	P	BP	BP	AP	AP	AP
Compatible con básico mineral	-	BP	BP	P	P	BP	BP	E
Estabilidad a la corrosión	E	AP	P	BP	BP	BP	P	E
Estabilidad a la oxidación	BP	AP	AP	AP	P	E	E	AP
Rangos de viscosidad	AP	BP	P	BP	BP	P	P	P
Punto de inflamación	M	E	P	AP	P	E	E	AP
Punto de fluidez	P	AP	M	B	B	B	MB	B
Rango de temperatura	BP	P	P	AP	P	E	E	AP

E	Excepcional
AP	Por encima del promedio o muy bueno
P	Promedio o bueno
BP	Por debajo del promedio o menos que el idea
MB	Muy bajo
B	Bajo
M	Medio
A	Alto
MA	Muy alto
-	No aplica

Tabla 2 - Comparación de propiedades esenciales de las bases lubricantes

Grupos de bases lubricantes

El siglo XX vio una serie de mejoras en el proceso de refinación utilizado para producir los aceites minerales, además de la introducción de diversos sintéticos. A principios de la década de 1990, el Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés) clasificó las bases lubricantes en cinco grupos, con los tres primeros grupos dedicados a las bases lubricantes minerales y los dos grupos restantes predominantemente con bases sintéticas.

Los Grupos I, II y III son todos bases minerales con una mejora significativa en el proceso de refinación. Las bases lubricantes del Grupo I se producen utilizando la tecnología de extracción por solventes o refinación por solventes. Esta tecnología, que se ha empleado desde los primeros días de la refinación del petróleo, tiene como objetivo extraer los componentes indeseables dentro del aceite, como las estructuras en forma de anillo y los aromáticos.

Las bases lubricantes del Grupo II se producen utilizando gas hidrógeno en un proceso llamado hidrogenación o hidrotratado. El objetivo de este proceso es el mismo que para la refinación por solventes, pero es más efectivo para convertir los componentes indeseables, como los aromáticos, en estructuras de hidrocarburo deseables.

Las bases lubricantes del Grupo III se fabrican de manera muy similar a las bases del Grupo II, excepto que el proceso de hidrogenación se efectúa con altas temperaturas y altas presiones. Como resultado, casi todos los componentes indeseables dentro del aceite se convierten en estructuras de hidrocarburo deseables.



Al comparar las propiedades entre los grupos de bases lubricantes minerales, normalmente verá mayores beneficios con aquellos que son mejor refinados, incluidos los que cuentan con mayor estabilidad a la oxidación, estabilidad térmica, índice de viscosidad, punto de fluidez y temperaturas de operación más altas.

Por supuesto, a medida que el aceite se refina, también se producen algunas debilidades clave, que pueden afectar la solubilidad de los aditivos y la biodegradabilidad.

El Grupo IV está dedicado a un solo tipo de sintético llamado polialfaolefina (PAO). Es el aceite base sintético más utilizado. Las PAO son hidrocarburos generados sintéticamente con una cola olefínica formada a través de un proceso de polimerización que implica el gas etileno. El resultado es una estructura que se parece mucho a la forma más pura de los aceites minerales descritos en el Grupo III. Algunas de las ventajas de las PAOs sobre las bases minerales son un mayor índice de viscosidad, un excelente desempeño a bajas y altas temperaturas, una estabilidad a la oxidación superior y una menor volatilidad. Sin embargo, estos lubricantes sintéticos también pueden tener deficiencias cuando se trata de la solubilidad de aditivos, la lubricidad, el encogimiento de sellos y la resistencia de la película. Al igual que las bases minerales, las PAOs se emplean ampliamente para aplicaciones de lubricación y con frecuencia son la opción preferida cuando se esperan temperaturas de operación más altas.



El grupo V se asigna a todas las demás bases lubricantes, particularmente las sintéticas y algunas minerales, como las nafténicas. Algunas de las bases más comunes en este grupo son los diésteres, poliol ésteres, polialquilén glicoles (PAG), ésteres fosfatados y siliconas.

El diéster (éster de ácido dibásico) se fabrica a través de una reacción de ácido dibásico con alcohol. Las propiedades resultantes pueden ajustarse en función de los tipos de ácido dibásico y alcohol utilizados.

El poliol éster se fabrica a través de una reacción de ácido monobásico con un alcohol polihídrico. Al igual que los diésteres, las propiedades resultantes dependerán de estos dos tipos de constituyentes.

Los PAG se producen mediante una reacción que involucra óxidos de etileno o propileno y alcohol para formar varios polímeros. Se desarrollan varios productos PAG basados en el óxido utilizado, que finalmente influirá en la solubilidad en agua de la base lubricante.

El éster fosfatado se crea a través de una reacción de ácido fosfórico y alcohol, mientras que las siliconas se formulan para tener una estructura central de oxígeno y silicio con cadenas orgánicas unidas a esta. Cada uno de estos sintéticos tiene fortalezas y debilidades específicas, como se muestra en las tablas 1 y 2.

Aplicaciones

En general, los sintéticos pueden proporcionar mayores beneficios cuando se trata de propiedades afectadas por temperaturas extremas, como la estabilidad oxidativa y térmica, que pueden contribuir a una vida útil más extensa. En situaciones en las que el lubricante se encontrará con arranques en frío o altas temperaturas de operación, los sintéticos, como los PAOs, normalmente tendrán un mejor desempeño que los aceites minerales. Las PAOs también exhiben mejores características en relación con la demulsibilidad y la estabilidad hidrolítica, que influyen en la capacidad del lubricante para manejar la contaminación del agua.

Si bien las PAOs son ideales para aplicaciones como aceites de motor, aceites para engranajes, aceites para rodamientos/cojinetes y otras aplicaciones, el aceite base mineral sigue siendo predominante entre las opciones a elegir debido a su menor costo y capacidades de servicio razonables. Con más del 90 por ciento de uso en los mercados industriales y automotrices, el aceite mineral se ha consolidado como la base lubricante más común en la mayoría de las aplicaciones.

4 cosas que debe saber acerca de las bases lubricantes

1. Todos los aceites de cada tipo de base lubricante no son iguales, ya que las formulaciones pueden producir características únicas. Por lo tanto, las propiedades descritas para cada tipo de aceite base se generalizan para la categoría en su conjunto.
2. Las bases lubricantes del Grupo III a veces son reconocidas como sintéticas. Existe un entendimiento de que el proceso de refinación ha modificado severamente el hidrocarburo original, sintetizando así un producto más puro.
3. Los fluidos a base de agua son una alternativa cuando es imperativa la resistencia al fuego y las propiedades típicas de los lubricantes, como la viscosidad o la lubricidad, son menos importantes.
4. Tenga cuidado al cambiar de tipo de lubricante, especialmente cuando tienen diferentes bases lubricantes, ya que pueden ser incompatibles entre sí.

El aceite mineral parafínico, que está representado en los Grupos I, II y III, puede ofrecer un índice de viscosidad más alto y un punto de inflamación más alto en comparación con los aceites minerales nafténicos, que tienen puntos de fluidez más bajos y mejor solvencia de aditivos. A pesar de que el aceite nafténico es base mineral, se considera un aceite de Grupo V porque no cumple con los requisitos de API para los Grupos I, II y III.

Las características únicas de los aceites minerales nafténicos a menudo los han convertido en buenos lubricantes para locomotoras, aceites refrigerantes, aceites para compresores, aceites para transformadores y aceites de proceso. Sin embargo, los aceites parafínicos continúan siendo la opción preferida para aplicaciones de alta temperatura y cuando se requiere una vida útil más larga del lubricante.

Los sintéticos a base de ésteres, como los diésteres y los poliol ésteres, tienen ventajas cuando se trata de biodegradabilidad y miscibilidad con otros aceites. De hecho, es común que los diésteres y los poliol ésteres se mezclen con las PAOs durante la mezcla de aditivos para ayudar a aceptar paquetes de aditivos más significativos. Los diésteres y los poliol ésteres a menudo se utilizan como el aceite base para fluidos de compresores, aplicaciones de grasas de alta temperatura e incluso aceites para rodamientos, cojinetes y engranajes. Debido a que se sabe que se desempeñan bien a temperaturas más altas, los poliol ésteres también se han utilizado ampliamente en la elaboración de aceites para turbinas de aviación.

En comparación con otros aceites, los polialquilén glicol (PAG) tienen un índice de viscosidad mucho más alto y buenas características de detergencia, lubricidad y estabilidad oxidativa y térmica. Los PAGs pueden formularse para ser solubles o insolubles en agua y no formar depósitos ni residuos en condiciones de operación extremas. Los PAGs pueden emplearse en varias aplicaciones, como aceites para compresores, fluidos para frenos, aceites para cadenas de alta temperatura, aceite para engranajes corona-sinfín y fluidos para maquinado de metales, así como para aplicaciones con requisitos de grado alimentario, biodegradabilidad o resistencia al fuego.

Los ésteres fosfatados son principalmente beneficiosos para aplicaciones resistentes al fuego. A menudo se utilizan en los sistemas electrohidráulicos de turbinas de vapor y gas y compresores de aire o gases tipo hidrocarburos, debido a sus propiedades únicas, que incluyen altas temperaturas de ignición, estabilidad a la oxidación y bajas presiones de vapor.

Los sintéticos a base de silicona se usan con poca frecuencia en aplicaciones industriales, pero pueden ser ventajosos a temperaturas extremadamente altas, cuando el lubricante estará en contacto con productos químicos, o cuando trabaja expuesto a radiación u oxígeno. Estos sintéticos tienen un índice de viscosidad muy alto y se encuentran entre las mejores opciones cuando se requiere alta estabilidad térmica y oxidativa porque son químicamente inertes.



Selección de la base lubricante

Cuando elija una base lubricante, habrá ventajas y desventajas en las propiedades requeridas para la aplicación. Un ejemplo común es la viscosidad. Una mayor viscosidad proporciona una adecuada resistencia de película, mientras que una menor viscosidad ofrece una mejor fluidez a baja temperatura y un menor consumo de energía. En algunos casos, es posible que prefiera tener un equilibrio entre las dos propiedades para que no haya una afectación demasiado grande en ninguno de los dos lados. La tabla 2 muestra una comparación de las propiedades esenciales para cada base lubricante.

Aunque no es necesariamente importante comprender la forma en que se fabricó un lubricante, es fundamental conocer las opciones disponibles de las bases lubricantes y las ventajas y desventajas que ofrecen. Optimizar su selección de lubricante puede ayudar a reducir las posibilidades de falla de la máquina. Mientras que los sintéticos son justificadamente más caros que el aceite mineral, el costo de la falla de la maquinaria es generalmente mucho más alto. Si el costo es un factor clave en su decisión, asegúrese de elegir sabiamente.

Referencias

- Wright, J. (2009). "Phosphate Ester Fluids - Benefits and Limitations." Machinery Lubrication, Vol. 9, ejemplar 6.
- Greaves, M.R. (2013). "Polyalkylene Glycols: Present and Future Applications." Webinar.
- Jackson, A. (1987). "Synthetic versus Mineral Fluids in Lubrication." Presentación de apertura de la conferencia International Tribology. Melbourne, Australia.
- Cash, W. (2015). "Understanding the Differences Between Synthetics." Machinery Lubrication, Vol. 15, ejemplar 3.
- Fitch, B. (2013). "When Are Mineral Oils Superior to Synthetics?" Memorias de la conferencia Reliable."Plant.
- Fitch, J.C., Scott, R., & Leugner, L. (2012). "The Practical Handbook of Machinery Lubrication - Cuarta edición.



Clasificación de bases lubricantes por API 1509

Casi todos los lubricantes utilizados actualmente en las plantas comenzaron como una base lubricante, también conocida como aceite base. El Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés) ha clasificado las bases lubricantes en cinco categorías (API 1509, Apéndice E). Los primeros tres grupos son refinados a partir del petróleo crudo. Los aceites base del Grupo IV son aceites totalmente sintéticos (polialfaolefinas). El Grupo V es para todos los demás aceites base no incluidos en los Grupos I a IV, incluyendo a los aceites minerales nafténicos (no está limitado a sintéticos). Antes de agregar todos los aditivos a la mezcla, los aceites lubricantes comienzan como uno o más de estos cinco grupos API.

Categoría de básicos lubricantes del API					
Mineral	Categoría de básicos lubricantes	Azufre (%)		Saturados (%)	Índice de viscosidad
	Grupo I (refinado por solventes)	>0.03	y/o	<90	80 a 119
	Grupo II (hidrotratado)	<0.03	y	>90	80 a 119
	Grupo III* (hidrofraccionado)	<0.03	y	>90	>120
	Grupo IV (PAO)	Lubricante sintético PAO			
	Grupo V (todos los demás)	Básicos nafténicos, varios ésteres sintéticos, polialquilén glicol (PAG), ésteres fosfatados y otros no incluidos en los grupos I, II, III o IV			

Figura 1. Categorías de bases lubricantes API

Grupo I

Los aceites base del Grupo I contienen menos de 90 por ciento de saturados, más de 0.03 por ciento de azufre y un rango de índice de viscosidad de 80 a 120. El rango de temperatura para estos aceites es de 0 °C (32 °F) a 65 °C (150 °F). Los aceites base del Grupo I son refinados por solventes, que es un proceso de refinación más simple. Es por eso por lo que son los aceites base más baratos del mercado.

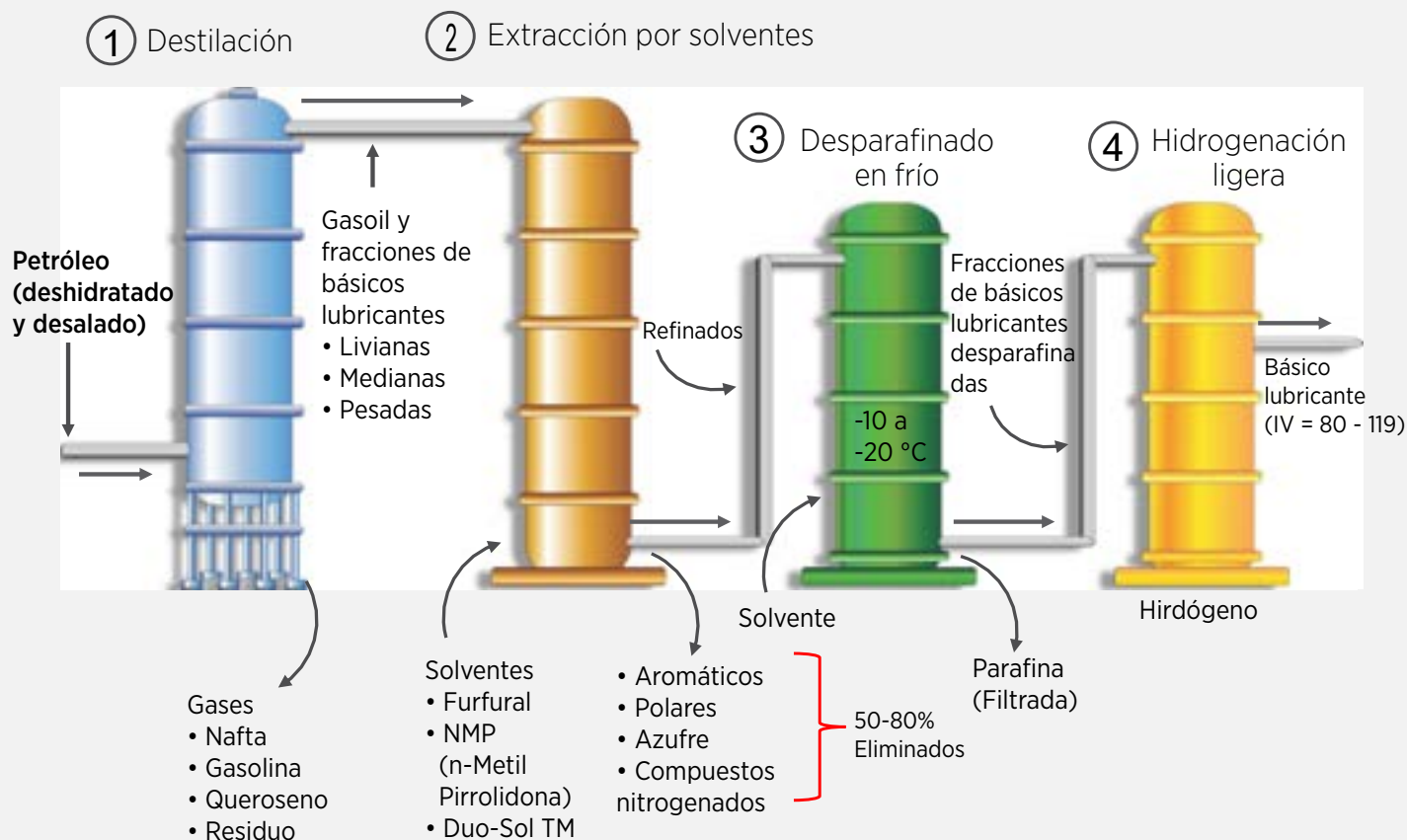


Figura 2. Proceso de refinación de básicos Grupo I

Grupo II

Las bases lubricantes del Grupo II tienen más del 90 por ciento de saturados, menos del 0.03 por ciento de azufre y un índice de viscosidad de 80 a 120. A menudo se fabrican por hidroprocesado ligero, que es un proceso más complejo que el que se usa para las bases lubricantes del Grupo I. Como las moléculas de hidrocarburos de estos aceites están más saturadas, los aceites base del Grupo II tienen mejores propiedades antioxidantes. También tienen un color más claro y cuestan más en comparación con las bases del Grupo I. Aún así, los aceites base del Grupo II se están volviendo muy comunes en el mercado actual y tienen un precio muy cercano a las bases del Grupo I.

Grupo III

Los aceites base del Grupo III tienen más de 90 por ciento de saturados, menos de 0.03 por ciento de azufre y tienen un índice de viscosidad superior a 120. Estos aceites se refinan aún más que los aceites base del Grupo II y generalmente están severamente hidrofraccionados (mayor presión y calor). Este proceso más largo está diseñado para lograr un aceite base más puro.

Aunque están hechos de petróleo crudo, los aceites base del Grupo III a veces se describen como hidrocarburos sintetizados. Al igual que los aceites base del Grupo II, estos aceites también son cada vez más frecuentes.

Grupo IV

Los aceites base del Grupo IV son polialfaolefinas (PAO). Estas bases lubricantes sintéticas se elaboran mediante un proceso llamado síntesis. Tienen un rango de temperatura mucho más amplio y son excelentes para usarse en condiciones de frío extremo y aplicaciones de alta temperatura.

57%

De los profesionales de la lubricación usan lubricantes sintéticos y minerales en su planta, según una encuesta reciente en machinerylubrication.com

Grupo V

Las bases lubricantes del Grupo V incluyen todas las demás bases, incluidas la silicona, éster fosfatado, polialquilenglicol (PAG), poliol éster, biolubricantes, etc. Estos aceites base a veces se mezclan con otras bases lubricantes para mejorar las propiedades del aceite. Un ejemplo sería un aceite de compresor a base de PAO que se mezcla con un poliol éster.

Los ésteres son aceites base comunes del Grupo V, utilizados en diferentes formulaciones de lubricantes para mejorar las propiedades del aceite base existente. Los aceites a base de ésteres pueden resistir mejor temperaturas más altas y proporcionarán una detergencia superior en comparación con un aceite base sintético PAO, lo que a su vez aumenta la vida útil del lubricante.

Grupos API de bases lubricantes

A principios de la década de 1990, el Instituto Americano del Petróleo implementó un sistema para describir varios tipos de bases lubricantes. El resultado fue el desarrollo y la introducción de cinco grupos de bases lubricantes.

Los básicos del Grupo I son las bases lubricantes más antiguas, creadas por una tecnología de refinación por solventes utilizada para eliminar las estructuras químicas más débiles o que pudieran tener un mal desempeño (estructuras en forma de anillo, estructuras con dobles enlaces) del petróleo crudo. La refinación por solventes fue la tecnología principal utilizada en las refinerías construidas entre 1940 y 1980.

Los aceites base del Grupo I generalmente varían de color ámbar a marrón dorado debido a las estructuras anillos y al contenido de azufre y nitrógeno que queda en el aceite. Por lo general, tienen un índice de viscosidad (IV) de 80 a 105. Los aceites base en el extremo superior de la escala a menudo se dice que tienen un alto índice de viscosidad (HVI). Esto se relaciona con cuánto cambia la viscosidad con la temperatura, es decir, cuánto se adelgaza a temperaturas más altas y se espesa a bajas temperaturas. Los aceites base del Grupo I son el tipo más comúnmente utilizado para fabricar aceites industriales, aunque cada vez se usan más los aceites base del Grupo II.

Los aceites base del Grupo II se crean mediante un proceso de hidroprocesado que sustituye el proceso tradicional de refinación por solventes. Se usa gas hidrógeno para eliminar los componentes indeseables del petróleo crudo. Esto da como resultado una base lubricante transparente e incolora, con muy pocas estructuras de azufre, nitrógeno o anillos.

El IV es típicamente superior a 100. En los últimos años, el precio se ha vuelto muy similar al de los aceites base del Grupo I. Estas bases del Grupo II todavía se consideran aceites minerales. Se usan comúnmente en formulaciones de aceites para motores de automóviles.

Grupo II "Plus" es un término utilizado para las bases lubricantes del Grupo II y tienen un IV ligeramente más alto, aproximadamente de 115, aunque esta no es una clasificación oficialmente reconocida por la API.

Las bases lubricantes del Grupo III se crean también mediante el uso de un proceso que involucra gas hidrógeno para limpiar el petróleo crudo, pero esta vez el proceso es más severo y se opera a temperaturas y presiones más altas que las usadas para los aceites base del Grupo II. La base lubricante resultante es transparente e incolora, pero también tiene un IV superior a 120. Además, es más resistente a la oxidación que los aceites del Grupo I y II.

Las bases lubricantes del Grupo III se crean también mediante el uso de un proceso que involucra gas hidrógeno para limpiar el petróleo crudo, pero esta vez el proceso es más

severo y se opera a temperaturas y presiones más altas que las usadas para los aceites base del Grupo II. La base lubricante resultante es transparente e incolora, pero también tiene un IV superior a 120. Además, es más resistente a la oxidación que los aceites del Grupo I y II.

El costo de las bases lubricantes del Grupo III es más alto que el de los Grupos I y II. Los aceites base del Grupo III son considerados aceites minerales por muchos técnicos porque se derivan directamente de la refinación del petróleo crudo. Sin embargo, otras personas las consideran bases lubricantes sintéticas con fines de comercialización debido a la creencia de que el proceso de hidrogenación más severo ha creado nuevas estructuras químicas que no estaban presentes antes del proceso. Ha sintetizado (creado) estas nuevas estructuras de hidrocarburos.

Las bases lubricantes de los grupos I, II y III reflejan básicamente la evolución de la tecnología de refinación en los últimos 70 u 80 años.

Las bases lubricantes del Grupo IV son aceites base sintéticos de polialfaolefina (PAO) que han existido por más de 50 años. Son productos químicos puros creados en una planta química en lugar de ser creados por destilación y refinación de petróleo crudo (como lo fueron los grupos anteriores).

Los PAO entran en la categoría de los hidrocarburos sintéticos (SHC, por sus siglas en inglés). Tienen un IV superior a 120 y son significativamente más caros que los aceites base del Grupo III debido al alto grado de procesamiento necesario para fabricarlos.

Los aceites base del Grupo V comprenden todos los aceites base no incluidos en los Grupos I, II, III o IV. Por lo tanto, los aceites base nafténicos, varios ésteres sintéticos, polialquilenglicoles (PAG), ésteres fosfatados y otros pertenecen a este grupo.

El uso cambiante de las bases lubricantes

Un estudio reciente sobre el uso de las bases lubricantes en las plantas actuales en comparación con las de hace poco más de una década encontró un cambio dramático. Las bases lubricantes actuales del Grupo II son las más utilizadas, representando el 47 por ciento de la capacidad de las plantas en las que se realizó el estudio.

Esto se compara con el 21 por ciento para las bases lubricantes del Grupo II y III hace solo una década. Actualmente, el Grupo III representa menos del 1 por ciento de la capacidad instalada en las plantas. Los aceites base del Grupo I anteriormente representaban el 56 por ciento de la capacidad, en comparación con el 28 por ciento de la capacidad en las plantas actuales.

Recuerde, cualquiera que sea la base lubricante que elija, solo asegúrese de que sea apropiada para la aplicación, el rango de temperatura y las condiciones en su planta.



Aditivos para el aceite: Guía práctica

Los profesionales de la lubricación por lo general están familiarizados con la viscosidad del aceite base de sus lubricantes. Después de todo, la viscosidad es la propiedad más importante de un lubricante.

Se establecen líneas de base para los aceites entrantes y se controla la salud del lubricante basándose solo en la viscosidad. Sin embargo, los lubricantes son más que solo viscosidad. Es crucial comprender el papel de los aditivos y sus funciones dentro del lubricante.

Los aditivos lubricantes son compuestos orgánicos o inorgánicos disueltos o suspendidos (como sólidos en aceite). Por lo general, oscilan entre 0.1 y 30 por ciento del volumen del aceite, dependiendo de la máquina.

Los aditivos tienen tres funciones básicas:

- Mejorar las propiedades existentes en el aceite base, como los antioxidantes, inhibidores de corrosión, agentes antiespumantes y agentes demulsificantes.
- Suprimir las propiedades indeseables del aceite base, con depresores del punto de fluidez y mejoradores del índice de viscosidad (IV).
- Impartir nuevas propiedades a los aceites base, con aditivos de presión extrema (EP), detergentes, desactivadores de metales y agentes de adhesividad.

Aditivos polares

La polaridad en los aditivos se define como la atracción direccional natural de las moléculas de los aditivos a otros materiales polares que están en contacto con el aceite. En términos simples, es cualquier cosa que el agua disuelve o se disuelve en agua.

Una esponja, una superficie de metal, tierra, agua y pulpa de madera son todos polares. Las cosas que no son polares incluyen cera, teflón, aceite base mineral, la espalda de un pato y los repelentes de agua.

Es importante tener en cuenta que los aditivos también son sacrificables. Una vez que se van, no vuelven. Piense en el entorno en el que trabaja, los productos que genera y los tipos de contaminantes que le rodean a diario. Si está permitiendo que entren en su sistema contaminantes que atraen aditivos, como tierra, silicio y agua, los aditivos se adherirán a los contaminantes y se depositarán en el fondo o se filtrarán y consumirán gradualmente su paquete de aditivos.

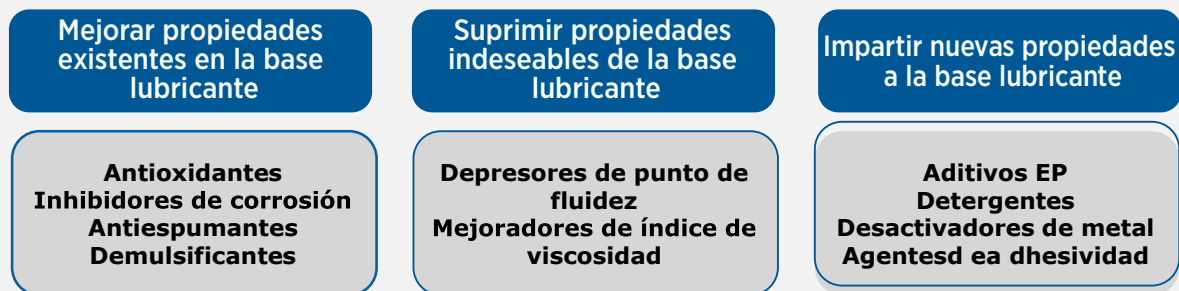


Figura 1. Tres funciones de los aditivos lubricantes

Mecanismos polares

Hay algunos mecanismos polares como el envolvimiento de partículas, la emulsificación de agua y el recubrimiento de metales, los cuales son dignos de discusión.

El envolvimiento de partículas significa que el aditivo se adherirá a la superficie de la partícula y la envolverá. Estos aditivos son los desactivadores de metales, detergentes y dispersantes. Se utilizan para dispersar las partículas de hollín con el fin de prevenir su aglomeración, sedimentación y acumulación de depósitos, especialmente en temperaturas de bajas a moderadas.

Generalmente verá esto en un motor de combustión interna. Esta es una buena razón para reparar y eliminar cualquier problema tan pronto como se detecte a través de un adecuado conjunto de pruebas de análisis de aceite.

La emulsificación de agua ocurre cuando la cabeza polar del aditivo se adhiere a las gotas microscópicas de humedad. Esos tipos de aditivos son los agentes demulsificantes. Tome esto en cuenta la siguiente vez que observe agua en un tanque. Si bien es importante remover el agua, determine por dónde ingresó al sistema y repárelo aplicando el enfoque de análisis de causa raíz de falla. También tenga en mente que el paquete de aditivos se ha afectado. En términos de lubricación, esto se conoce como agotamiento de aditivos. Un reporte apropiado de análisis de aceite puede determinar la salud de los aditivos remanentes en el lubricant.

El mecanismo de recubrimiento de las superficies se presenta cuando los aditivos se anclan a las superficies metálicas, que es la forma en que se supone deben trabajar. Se adhieren al interior del alojamiento, a los dientes de los engranes, rodamientos, ejes, etc. Los aditivos que efectúan esta función son los inhibidores de herrumbre, antidesgaste (AW), extrema presión (EP), agentes de lubricidad e inhibidores de corrosión.

Los aditivos antidesgaste trabajan específicamente para proteger las superficies durante condiciones de película límite. Conformen una película dúctil, tipo ceniza, a temperaturas entre moderadas y altas (de 65°C a 110°C). Bajo estas condiciones límite, la película AW es quien sufre el daño, en lugar de la superficie metálica.

Un aditivo antidesgaste común es el dialquilditiofosfato de zinc (ZDDP). Reduce el riesgo de contacto metal-metal, lo que podría conducir a un aumento de temperatura, provocar oxidación y afectar negativamente la resistencia de la película.

Ya sea que mejoren, supriman o impartan nuevas propiedades al aceite base, los aditivos juegan un rol importante en la lubricación de maquinaria. Recuerde, cuando los aditivos se acaban, no vuelven, así que no olvide revisar su paquete de aditivo.

63%

de los profesionales de la lubricación monitorean la salud de los aditivos como parte de su programa de análisis de aceite, según una encuesta reciente en machinerylubrication.com

Tipos de aditivos lubricantes

Hay muchos tipos de aditivos químicos mezclados en los aceites base para mejorar las propiedades, para suprimir algunas propiedades indeseables y posiblemente para impartir algunas propiedades nuevas.

Máquina	Aditivos usados comúnmente	Antioxidantes
Motores de combustión interna	Antioxidante, inhibidor de corrosión, detergente/dispersante, antidesgaste, antiespumante, mejorador de índice de viscosidad, espesores del punto de fluidez, modificadores de fricción	10 - 30%
Compresores, turbinas de vapor	Antioxidante, inhibidor de corrosión, demulsificante, antiespumante	0.5- 5%
Engranajes tipo espiral, hipoidal, cónico	Antidesgaste, antioxidante, antiespumante, inhibidor de corrosión, extrema presión	1- 10%
Engranajes tipo corona sinfín	Extrema presión, antioxidante, inhibidor de corrosión, ácidos grasos	3- 10%
Sistemas hidráulicos	Antioxidante, antidesgaste, antiespumante, inhibidor de corrosión, depresores de punto de fluidez, mejorador de índice de viscosidad (algunas veces)	2- 10%

Tabla 1. Aditivos comunes empleados en la lubricación de maquinaria

Los aditivos típicamente constituyen alrededor del 0.1 al 30 por ciento del aceite lubricante terminado, dependiendo de la aplicación objetivo del lubricante.

Los aditivos lubricantes son productos químicos caros, y crear la mezcla o formulación adecuada de aditivos es una ciencia muy complicada. La elección de los aditivos es lo que diferencia un aceite de turbina (R&O) de un aceite hidráulico, un aceite para engranajes y un aceite para motor.

Hay disponibles muchos aditivos para lubricantes, y se seleccionan para su uso en base a su capacidad para realizar su función prevista. También se eligen por su capacidad de mezclarse fácilmente con los aceites base seleccionados, ser compatibles con otros aditivos en la formulación y ser rentables.

Algunos aditivos realizan su función dentro del cuerpo del aceite (Ej., antioxidantes), mientras que otros realizan su trabajo en la superficie del metal (Ej., aditivos antidesgaste e inhibidores de oxidación).

Aditivos lubricantes convencionales

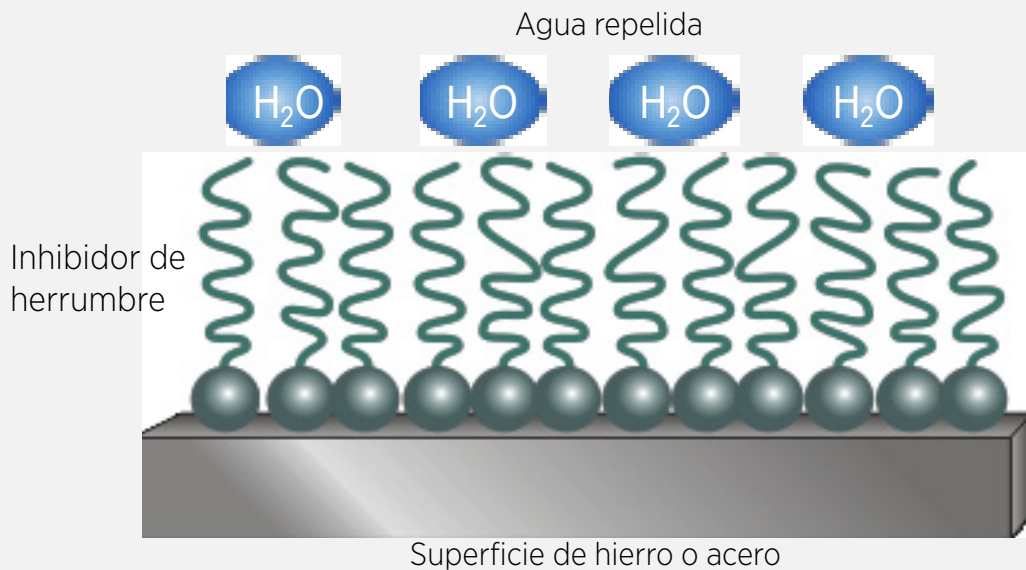
Estos aditivos incluyen los siguientes tipos:

Antioxidantes: La oxidación es el ataque general a los componentes más débiles del aceite base por el oxígeno en el aire. Ocurre a todas las temperaturas todo el tiempo, pero se acelera a temperaturas más altas y por la presencia de agua, metales de desgaste y otros contaminantes.

Causa la formación de ácidos (que producen corrosión) y lodo (que da como resultado depósitos en la superficie y aumento de viscosidad). Los inhibidores de oxidación, como también se les llama, se usan para extender la vida útil del aceite.

Son aditivos de sacrificio que se consumen mientras cumplen su deber de retrasar el inicio de la oxidación, protegiendo así el aceite base. Están presentes en casi todos los aceites y grasas lubricantes.

Inhibidores de herrumbre y corrosión:



Estos aditivos reducen o eliminan la herrumbre y la corrosión neutralizando los ácidos y formando una barrera química protectora para repeler la humedad de las superficies metálicas.

Algunos de estos inhibidores son específicos para proteger ciertos metales. Por lo tanto, un aceite puede contener varios inhibidores de corrosión. Una vez más, son comunes en casi todos los aceites y grasas. Los desactivadores de metales son otra forma de inhibidor de corrosión.

Mejoradores del índice de viscosidad: Los mejoradores del índice de viscosidad son aditivos poliméricos muy grandes que evitan parcialmente que el aceite se diluya (pierda viscosidad) a medida que aumenta la temperatura. Estos aditivos se usan ampliamente cuando se mezclan aceites multigrado para motor, como SAE 5W-30 o SAE 15W-40.

También son responsables de un mejor flujo de aceite a bajas temperaturas, lo que resulta en una reducción del desgaste y una mejor economía de combustible. Además, los mejoradores de IV se usan para lograr aceites hidráulicos y de engranajes de alto IV para un mejor arranque y lubricación a bajas temperaturas.

Para visualizar cómo funciona un aditivo mejorador de IV, piense en este como si fuese un pulpo o resorte helicoidal que permanece enrollado en forma de bola cuando está a baja temperatura y tiene muy poco efecto sobre la viscosidad del aceite. Luego, a medida que aumenta la temperatura, el aditivo (o pulpo) se expande o extiende sus brazos (haciéndolo más grande) y evita que el aceite se diluya demasiado a altas temperaturas.

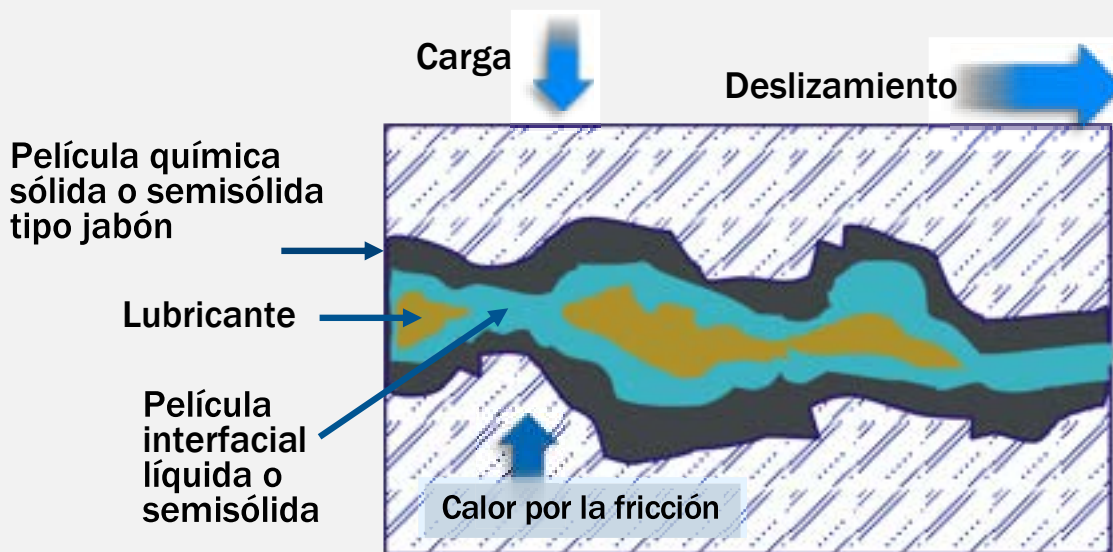
Los mejoradores de IV tienen un par de características negativas. Los aditivos son polímeros grandes (de alto peso molecular), lo que los hace susceptibles de ser cortados o trozados en pedazos pequeños por los componentes de la máquina (fuerzas de corte). Los engranajes se endurecen notoriamente con los aditivos mejoradores de IV.

El cizallamiento del aditivo mejorador de IV puede causar significativas pérdidas permanentes de viscosidad, que pueden detectarse por el análisis de aceite.

Una segunda forma de pérdida de viscosidad se produce debido a las altas fuerzas de corte en la zona de carga de las superficies de fricción (por ejemplo, en cojinetes). Se cree que el aditivo mejorador de IV pierde su forma u orientación uniforme y, por lo tanto, pierde parte de su capacidad de espesamiento. La viscosidad del aceite cae temporalmente dentro de la zona de carga y luego recupera su viscosidad normal después de que abandona la zona de carga. Esta característica en realidad ayuda a reducir el consumo de combustible.

Hay varios tipos diferentes de mejoradores de IV (los copolímeros de olefina son los más comunes). Los mejoradores de IV de alta calidad son menos susceptibles a la pérdida de viscosidad permanente por cizallamiento que los mejoradores de IV de bajo costo y baja calidad.

Agentes antidesgaste (AW)



Estos aditivos se usan típicamente para proteger los componentes de la máquina del desgaste y la pérdida de metal durante las condiciones de lubricación límite. Son aditivos polares que se adhieren a las superficies metálicas en contacto.

Reaccionan químicamente con las superficies metálicas cuando ocurre contacto metal-metal en condiciones de lubricación mixta y límite y se activan por el calor del contacto para formar una película que minimiza el desgaste. También ayudan a proteger al aceite base de la oxidación y el daño al metal por los ácidos corrosivos.

Estos aditivos se “consumen” al efectuar su función, después de lo cual aumentará el daño por desgaste adhesivo. Por lo general, son compuestos de fósforo, siendo los más comunes el dialquilditiofosfato de zinc (ZDDP).

Existen diferentes versiones de ZDDP, algunas destinadas a aplicaciones hidráulicas y otras para las temperaturas más altas que se encuentran en los aceites de motor de combustión interna. El ZDDP también tiene algunas propiedades antioxidantes y de inhibición de corrosión. Además, se utilizan otros tipos de productos químicos a base de fósforo para la protección antidesgaste (p. Ej., el TCP o tricresil fosfato).

Aditivos de extrema presión (EP)

Estos aditivos son más agresivos químicamente que los aditivos AW. Reaccionan químicamente con superficies de metal (hierro) para formar una película de sacrificio en la superficie que evita la soldadura y la adhesión de las asperezas opuestas causadas por el contacto metal-metal (desgaste adhesivo).

Se activan a altas cargas y por las altas temperaturas de contacto que se crean. Por lo general, se usan en aceites para engranajes, dándole a esos aceites un olor único y fuerte a azufre. Estos aditivos generalmente contienen compuestos de azufre y fósforo (y ocasionalmente compuestos de boro).

Pueden ser corrosivos para los metales amarillos, especialmente a temperaturas más altas (arriba de 60 °C), y por lo tanto no deben usarse en engranajes helicoidales o corona sinfín y aplicaciones similares donde se usan metales a base de cobre.

Existen algunos aditivos EP a base de cloro, pero rara vez se usan debido a problemas de corrosión.

Los aditivos antidesgaste y extrema presión conforman un gran grupo de aditivos químicos que cumplen su función de proteger las superficies metálicas durante la lubricación límite al formar una película protectora o barrera en las superficies de desgaste.

Mientras la película hidrodinámica o elastohidrodinámica se mantenga entre las superficies metálicas, no se producirá lubricación límite y no se requerirán estos aditivos de lubricación límite para realizar su función.

Estos aditivos de lubricación límite protegen las superficies de desgaste cuando la película de aceite se rompe y se establece un contacto entre las asperezas, bajo altas cargas o temperaturas.

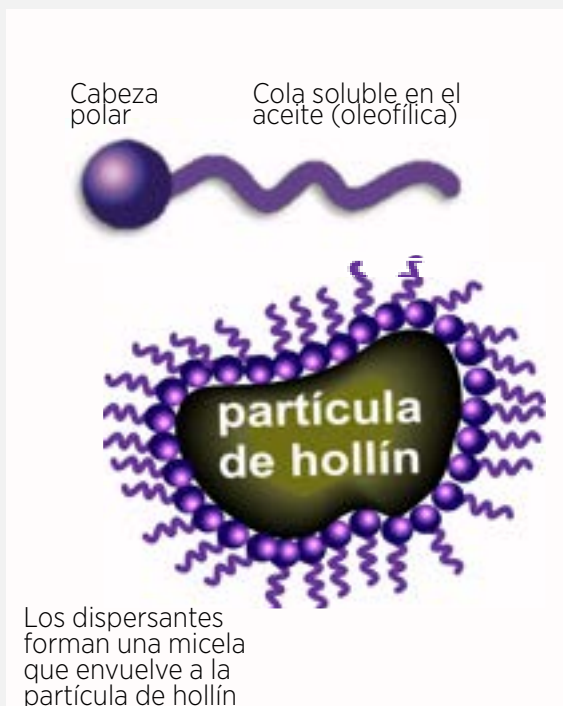
Detergentes

Los detergentes realizan dos funciones: ayudan a mantener los componentes metálicos calientes libres de depósitos (limpios) y neutralizan los ácidos que se forman en el aceite.

Los detergentes se usan principalmente en aceites de motor y son de naturaleza alcalina o básica. Forman la base de la reserva alcalina de los aceites de motor, que se conoce como el número base (BN, por sus siglas en inglés). Son típicamente materiales químicos de calcio y magnesio. Los detergentes a base de bario se usaron en el pasado, pero ahora rara vez se usan.

Dado que estos compuestos metálicos dejan un depósito de cenizas cuando se quema el aceite, pueden causar la formación de residuos no deseados en aplicaciones de alta temperatura. Debido a esta preocupación por las cenizas, muchos fabricantes de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés) están especificando aceites con bajo contenido de cenizas para equipos que operan a altas temperaturas. Normalmente se usa un aditivo detergente junto con un aditivo dispersante.

Dispersantes



Los dispersantes se encuentran principalmente en el aceite de motor con detergentes para ayudar a mantener los motores limpios y libres de depósitos. La función principal de los dispersantes es mantener las partículas de hollín del motor diésel finamente dispersas o suspendidas en el aceite (de menos de 1 micrón).temperaturas.

El objetivo es mantener el contaminante suspendido y no permitir que se aglomere en el aceite para que minimice el daño y se pueda sacar del motor durante un cambio de aceite. Los dispersantes son generalmente orgánicos y sin cenizas. Como tales, no son fácilmente detectables con el análisis de aceite convencional.

La combinación de aditivos detergentes/dispersantes permite que se neutralicen más compuestos ácidos y que se mantengan suspendidas más partículas contaminantes.

A medida que estos aditivos realizan sus funciones de neutralizar ácidos y suspender contaminantes, eventualmente excederán su capacidad, lo que requerirá un cambio de aceite.

Antiespumantes

Los productos químicos en este grupo de aditivos poseen baja tensión interfacial, lo que debilita la pared de burbujas de aceite y permite que las burbujas de espuma exploten más fácilmente. Tienen un efecto indirecto sobre la oxidación al reducir la cantidad de contacto aire-aceite.

Algunos de estos aditivos son materiales a base de silicona insolubles en el aceite, que no están disueltos, sino dispersos finamente en el aceite lubricante. Por lo general, se requieren concentraciones muy bajas. Si se agrega demasiado aditivo antiespumante, puede tener un efecto inverso y promover una mayor formación de espuma y retención de aire.

Modificadores de fricción

Los modificadores de fricción se usan típicamente en aceites de motor y fluidos de transmisión automática para alterar la fricción entre el motor y los componentes de la transmisión. En los motores, el énfasis está en reducir la fricción para mejorar el ahorro de combustible.

En transmisiones, el enfoque está en mejorar el agarre entre los materiales del embrague. Los modificadores de fricción pueden considerarse como aditivos antidesgaste para cargas más bajas que no son activadas por las temperaturas de contacto.

Depresores del punto de fluidez

El punto de fluidez de un aceite es aproximadamente la temperatura más baja a la que un aceite seguirá siendo fluido. Los cristales de cera que se forman en los aceites minerales parafínicos se cristalizan (se vuelven sólidos) a bajas temperaturas. Los cristales sólidos forman una red reticular que inhibe el flujo del aceite restante.

Los aditivos en este grupo reducen el tamaño de los cristales de cera en el aceite y su interacción entre ellos, permitiendo que el aceite continúe fluyendo a bajas temperaturas.

Demulsificantes

Los aditivos demulsificantes evitan la formación de una mezcla estable de aceite-agua o una emulsión al cambiar la tensión interfacial del aceite, por lo que el agua se unirá entre sí y se separará más fácilmente del aceite. Esta es una característica importante para los lubricantes expuestos al vapor o al agua para ayudar a que el agua libre pueda asentarse y drenarse fácilmente en un depósito.

Biocidas

Los biocidas a menudo se agregan a los lubricantes a base de agua para controlar el crecimiento de bacterias.

Emulsificantes

Los emulsificantes se usan en fluidos para maquinado de metales. Están elaborados a base de agua y aceite y fluidos resistentes al fuego para ayudar a crear una emulsión estable de agua y aceite. El aditivo emulsificante puede considerarse como un pegamento que une el aceite y el agua, porque normalmente tenderían a separarse entre sí debido a la tensión interfacial y las diferencias en la gravedad específica.

Agentes de adhesividad

Los emulsificantes se usan en fluidos para maquinado de metales. Están elaborados a base de agua y aceite y fluidos resistentes al fuego para ayudar a crear una emulsión estable de agua y aceite. El aditivo emulsificante puede considerarse como un pegamento que une el aceite y el agua, porque normalmente tenderían a separarse entre sí debido a la tensión interfacial y las diferencias en la gravedad específica.

Un par de puntos clave sobre los aditivos

Para que sean aceptables tanto para los fabricantes de lubricantes como para los usuarios finales, los aditivos deben poder manipularse en equipos convencionales de mezclado, estables al almacenamiento, libres de olores desagradables y no ser tóxicos según los estándares industriales normales.

Dado que muchos aditivos son materiales altamente viscosos, generalmente se venden al formulador de aceites como soluciones concentradas en un portador de aceite base.

Cómo se agotan los aditivos del aceite

Es muy importante comprender que la mayoría de estos aditivos se consumen y agotan por:

- “Descomposición” o transformación,
- “Adsorción” en superficies de metal, partículas y agua, y
- “Separación” debido a la sedimentación o filtración.

Los mecanismos de adsorción y separación implican transferencia de masa o movimiento físico del aditivo.

Para muchos aditivos, cuanto más tiempo permanezca en servicio el aceite, menos efectivo será el paquete de aditivos restante para proteger a la maquinaria.

Cuando el paquete de aditivos se debilita, la viscosidad aumenta, comienza a formarse lodo, los ácidos corrosivos comienzan a atacar los rodamientos y las superficies metálicas, y el desgaste comienza a aumentar. Si se usan aceites de baja calidad, el punto en el que comienzan estos problemas ocurrirá mucho antes.

Es por estas razones que siempre se deben seleccionar lubricantes de alta calidad que cumplan con las especificaciones correctas de la industria (por ejemplo, clasificaciones de servicio API para aceites de motor). La siguiente tabla se puede utilizar como guía para una comprensión más profunda de los tipos de aditivos y sus funciones en las formulaciones de aceite de motor.

Tipo de aditivo	Qué hace	Cómo trabaja
Antioxidantes o inhibidores de oxidación	Contrarresta los efectos de los pro-oxidantes como el calor, agua, aire y catalizadores metálicos	Reacciona con los agentes oxidantes formando subproductos estables
Inhibidor de herrumbre y corrosión	Protege las superficies de hierro y acero contra la herrumbre y a las superficies no ferrosas contra la corrosión	Forma una película protectora en las superficies de los componentes
Dispersantes	Dispersan finamente las partículas de hollín en el aceite de motor de combustión interna	Las moléculas de aditivo envuelven a las partículas. Su cola soluble en aceite las suspende en el aceite de manera que no puedan asentarse o sedimentarse
Detergentes alcalinos	Mantienen limpias de depósitos las superficies del motor y neutralizan ácidos corrosivos	Los compuestos alcalinos neutralizan los ácidos e impiden la formación de depósitos sobre las superficies del motor
Aditivos antidesgaste (AW) y extrema presión (EP)	Protegen las superficies del desgaste bajo condiciones de película límite	El aditivo reacciona con la superficie de los componentes para producir una película dúctil que protege contra el desgaste adhesivo y abrasivo (dos cuerpos)

Tabla 1. Aditivos comunes y sus funciones

Más no siempre es mejor

Cuando utiliza aditivos, más no significa que sea mejor. Cuando se añaden más aditivos al aceite, en ocasiones no se obtiene ningún beneficio y a veces el desempeño en realidad se deteriora.

En otros casos, el desempeño del aditivo no mejora, pero sí la duración del servicio. Además, al incrementar el porcentaje de un cierto aditivo podría mejorar una propiedad del aceite, a la vez que se degrada otra. Cuando se desbalancea la concentración de aditivos, se afecta la calidad integral del aceite. Algunos aditivos compiten con otros por el mismo espacio en la superficie metálica. Si se agrega una elevada concentración de aditivos antidesgaste, el inhibidor de corrosión podría ser menos efectivo. El resultado puede ser un aumento en problemas relacionados con corrosión.

Aditivos suplementarios y acondicionadores de aceite

Hay disponibles cientos de aditivos químicos y acondicionadores de lubricantes suplementarios. En ciertas aplicaciones o industrias especializadas, estos aditivos pueden tener un lugar para mejorar la lubricación.

Sin embargo, algunos fabricantes de aditivos suplementarios harán afirmaciones sobre sus productos que son exageradas y/o no han sido comprobadas, o no mencionan los posibles efectos secundario negativo que el aditivo puede causar.

Tenga mucho cuidado en la selección y aplicación de estos productos, o mejor aún, evite usarlos. Si quiere un aceite mejor, compre un aceite mejor en primer lugar y deje la química a las personas que saben lo que están haciendo.

A menudo, las garantías del aceite y de la maquinaria se anulan con el uso de aditivos suplementarios porque la formulación final nunca ha sido probada y aprobada. El comprador debe tener cuidado.

Al considerar el uso de un aditivo del mercado de repuestos para resolver un problema, es aconsejable recordar las siguientes reglas:

- **•Regla N°1- Un lubricante inferior no puede convertirse en un producto Premium simplemente mediante la inclusión de un aditivo.**
Es ilógico comprar un aceite terminado de baja calidad e intentar superar sus pobres cualidades lubricantes con algún aditivo especial.

- **•Regla N°2- Algunas pruebas de laboratorio pueden ser engañadas para proporcionar un resultado positivo.**
Algunos aditivos pueden engañar a una prueba dada para que proporcione un resultado satisfactorio. A menudo, se realizan múltiples pruebas de oxidación y desgaste para obtener una mejor indicación del desempeño de un aditivo. Luego se realizan pruebas de campo reales.

➤ **Regla N°3- Los aceites base solo pueden disolver (transportar) una cierta cantidad de aditivo.**

Como resultado, la adición de un aditivo suplementario en un aceite que tiene un bajo nivel de solubilidad o que ya está saturado con aditivo puede significar simplemente que el aditivo se asentará fuera de la solución y permanecerá en el fondo del cárter o reservorio. El aditivo nunca puede llevar a cabo su función pretendida o prevista.

Si elige usar un aditivo suplementario o acondicionador de aceite tome las siguientes precauciones antes de agregarlo a un sistema lubricado:

1. Determine si existe un problema real de lubricación. Por ejemplo, un problema de contaminación de aceite se relaciona con mayor frecuencia con un mantenimiento deficiente o una filtración inadecuada y no necesariamente con una lubricación deficiente o aceite de baja calidad.
2. Elija el aditivo suplementario o acondicionador de aceite adecuado. Esto significa tomarse el tiempo para investigar la composición y compatibilidad de los diversos productos en el mercado.
3. Insista en que se pongan a disposición datos de pruebas de campo que respalden las afirmaciones hechas con respecto a la efectividad del producto.
4. Consulte a un laboratorio de análisis de aceite independiente y de buena reputación. Haga analizar el aceite existente al menos dos veces antes de agregar un aditivo suplementario. Esto establecerá un punto de referencia.
5. Después de agregar el aditivo o acondicionador especial, continúe analizando el aceite regularmente. Solo a través de este método de comparación se pueden obtener datos objetivos sobre la efectividad del aditivo.

En otros casos, el desempeño del aditivo no mejora, pero sí la duración del servicio. Existe una gran controversia en torno a la aplicación de aditivos suplementarios. Sin embargo, es cierto que ciertos aditivos suplementarios reducirán o eliminarán la fricción en algunas aplicaciones, tales como máquinas herramientas, transmisiones de engranajes de presión extrema y ciertas aplicaciones de sistemas hidráulicos de alta presión.



Fundamentos de las grasas

La Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) define a una grasa lubricante como: “Un producto sólido o semifluido producto de la dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante. Se le pueden incluir otros ingredientes que le pueden impartir propiedades especiales” (ASTM D4175-09, terminología estándar relacionada con el petróleo, productos de petróleo y lubricantes).

Más no siempre es mejor

Como lo indica su definición, hay tres componentes que forman una grasa lubricante. Estos componentes son el aceite básico, el espesante y los aditivos. El aceite básico y los aditivos son los componentes más importantes en la formulación de una grasa, y como tales, ejercen un efecto considerable en el desempeño de una grasa. El espesante es a menudo mencionado como una esponja que mantiene el lubricante (base lubricante más los aditivos).



Figura 1. Anatomía de una grasa

Aceite básico

La mayoría de las grasas producidas en la actualidad utilizan aceite básico mineral como uno de sus componentes. Estas grasas hechas con aceites básicos minerales brindan un desempeño satisfactorio en la mayoría de las aplicaciones industriales. En temperaturas extremas (baja o alta), las grasas elaboradas con aceites básicos sintéticos tienen una mejor estabilidad.

Espesante

El espesante es el material que, conjuntamente con el lubricante seleccionado, producirá la estructura sólida o semifluida de la grasa. El principal tipo de espesante usado en las grasas actuales es a base de un jabón metálico. Estos jabones pueden ser de litio, aluminio, arcilla, poliurea, sodio y calcio. Últimamente, las grasas a base de jabones complejos están ganando popularidad. Estos han sido seleccionados por su elevado punto de goteo y su excelente capacidad de soporte de carga.

Las grasas a base de jabones complejos son elaboradas combinando jabones metálicos convencionales con un agente acomplejante. La grasa a base de jabón complejo de litio es la más usada a nivel mundial. Son hechas con una combinación de un jabón de litio convencional y un ácido graso de bajo peso molecular como agente acomplejante.

Los espesantes no jabonosos están ganando también mucha popularidad en aplicaciones especiales con las encontradas en ambientes de alta temperatura. Las de bentonita y microgel de silicio son dos ejemplos de espesantes que no se funden a alta temperatura.

Hay un error de concepto, y es que a pesar de que el espesante es capaz de soportar esa alta temperatura, el aceite básico se oxidará rápidamente bajo esas condiciones, por lo que se requiere de intervalos de relubricación más frecuentes.

Aditivos

Los aditivos tienen diferentes roles en una grasa lubricante. Los principales incluyen el mejoramiento de las propiedades existentes, suprimir las propiedades indeseables e impartirles propiedades que no tiene el aceite base. Los aditivos más comunes son los inhibidores de oxidación y herrumbre (corrosión), los de extrema presión, los antidesgaste y los modificadores de fricción.

Adicionalmente a estos, los aditivos sólidos para lubricación a película límite, como el disulfuro de molibdeno (Moly) o el grafito, pueden permanecer suspendidos en las grasas para disminuir la fricción y el desgaste sin que se presenten reacciones químicas adversas en las superficies metálicas cuando ocurran cargas pesadas y baja velocidad.

Función

La función de una grasa es permanecer en contacto con las superficies en movimiento y lubricarlas sin generar fugas bajo los efectos de la fuerza de la gravedad, por la fuerza centrífuga o ser desplazada bajo presión. Su principal requisito es que mantenga sus propiedades bajo el esfuerzo de corte a que está sometida en todas las temperaturas experimentadas durante su uso.

Aplicaciones adecuadas

La grasa y el aceite no son intercambiables. La grasa es usada cuando no es práctico o conveniente usar aceite. La selección del lubricante para una aplicación en específico es determinada comparando el diseño de la máquina y sus condiciones de operación con las características deseadas del lubricante. Las grasas son generalmente usadas para:

1. **Máquinas que operan intermitentemente o están almacenadas por largos periodos de tiempo.** Dado que la grasa permanece en su lugar, se puede formar instantáneamente una película lubricante.
2. **Máquinas de difícil acceso para lubricación frecuente.** Pueden utilizarse grasas de alto desempeño para lubricar componentes inaccesibles o aislados por periodos extensos de tiempo sin tener que relubricarlos frecuentemente. Estas grasas también son usadas en aplicaciones llamadas “lubricadas de por vida”, como en rodamientos de motores eléctricos o cajas de engranajes.
3. **Máquinas operando en condiciones extremas.** Maquinaria operando con alta temperatura y presión, cargas de choque o baja velocidad y alta carga.
4. **Componentes desgastados.** Las grasas mantienen una película gruesa en donde las tolerancias se han incrementado por el desgaste y pueden extender la vida de componentes que eran lubricados anteriormente con aceite.

Propiedades funcionales de las grasas

1. **Las grasas funcionan como sello para minimizar fugas y mantener fuera los contaminantes.** Debido a su consistencia, las grasas actúan como un sello para evitar la fuga del lubricante y el ingreso de contaminantes corrosivos y materiales extraños. Actúa también manteniendo un sello efectivo en sellos ya deteriorados.
2. **Las grasas pueden ser contenidas más fácilmente que los aceites.** La lubricación con aceite requiere de sistemas de lubricación por circulación costosos y complejos accesorios de retención. En comparación, las grasas, en virtud de su rigidez, son fácilmente contenidas con accesorios de retención simples y menos costosos.

3. Las grasas pueden mantener en suspensión los aditivos sólidos. Aditivos sólidos en forma de polvos muy finos, como el disulfuro de molibdeno (Moly) y el grafito, se mezclan con grasas que se utilizan en condiciones de alta temperatura o en aplicaciones de extrema presión. Las grasas mantienen los sólidos en suspensión mientras que en el aceite se asentarían.

4. El nivel del fluido no requiere ser controlado ni monitoreado.

Características

Al igual que los aceites, las grasas tienen características propias que deben ser consideradas cuando se seleccionan para una aplicación determinada. Estas características se encuentran en la hoja de datos técnicos del producto e incluyen las siguientes:

Bombeabilidad

Es la habilidad de una grasa para ser bombeada o empujada a través de un sistema. Prácticamente, la bombeabilidad es la facilidad con que una grasa bajo presión puede fluir a través de tuberías, dosificadores y graseras en los sistemas de abastecimiento de grasa.

Resistencia al agua.

Es la habilidad de una grasa para soportar el efecto del agua sin cambios en su capacidad para lubricar. Una capa de jabón/agua puede suspender el aceite en la grasa, formando una emulsión que puede desplazar la grasa, o en menor grado, disminuir la lubricidad diluyendo y cambiando la consistencia y textura de la grasa.

Consistencia.

La consistencia de la grasa depende del tipo y cantidad del espesante usado y de la viscosidad del aceite base. La consistencia de la grasa es la resistencia a la deformación cuando se le aplica una fuerza. La medida de esa consistencia es llamada penetración. La penetración depende de si la consistencia ha sido alterada por la manipulación o trabajo mecánico.

Se utilizan los métodos de prueba ASTM D217 y D1403 para medir la penetración trabajada y no trabajada de las grasas. Para hacer esto, un cono de dimensiones establecidas se deja caer dentro de la grasa por cinco segundos a una temperatura estándar de 25 °C (77 °F).

La profundidad, en décimas de milímetro, a la cual el cono se introduce dentro de la grasa es la penetración. Una penetración de 100 representaría una grasa sólida mientras que una penetración de 450 representaría una grasa semifluida.

El Instituto nacional de Grasas Lubricantes (NLGI, por sus siglas en inglés) ha establecido números o grados de consistencia, que van desde 000 hasta 6, correspondiente a rangos específicos para cada número de penetración. La tabla 1 muestra la clasificación NLGI junto con una descripción de la consistencia relacionada con algunos productos semifluidos.



El diagrama a la izquierda de la tabla muestra una flecha roja vertical descendente que indica el 'Incremento en consistencia'. En la parte superior de la flecha, a la izquierda, se encuentra la etiqueta 'Semifluida' con una flecha horizontal hacia la derecha. En la parte inferior de la flecha, a la izquierda, se encuentra la etiqueta 'Bloque firme' con una flecha horizontal hacia la derecha.

NLGI #	Número de penetración	Analogía con alimentos	Consistencia general
000	445-475	Ketchup	Fluida
00	400-430	Puré de manzana	Semifluida
0	355-385	Mostaza	Muy suave
1	310-340	Pasta de tomate	Suave
2	265-295	Mantequilla de maní	Más común
3	220-250	Grasa vegetal	Firme
4	175-205	Yogurt congelado	Muy firme
5	130-160	Paté suave	Dura
6	85-115	Queso cheddar para untar	Muy dura

Tabla 1. Clasificaciones de consistencia NLGI

Punto de goteo

El punto de goteo es un indicador de la resistencia de la grasa al calor. A medida que la temperatura en la grasa se incrementa, la penetración aumenta hasta que la grasa se licua y pierde su consistencia.

El punto de goteo es la temperatura a la cual la grasa se vuelve lo suficientemente fluida que suelta el aceite e indica la máxima temperatura a la cual la grasa mantiene su estructura, no la máxima temperatura a la cual la grasa puede ser utilizada.

Estabilidad a la oxidación

Es la habilidad que tiene una grasa para resistir la unión química con el oxígeno. La reacción de la grasa con el oxígeno produce gomas insolubles y depósitos tipo laca que causan una operación pegajosa, incrementan el desgaste y reducen las tolerancias entre las superficies en movimiento. Una exposición prolongada a alta temperatura acelera la oxidación de las grasas.

Efectos de alta temperatura

La alta temperatura afecta mucho más a las grasas que a los aceites. Las grasas, por su naturaleza, no pueden disipar el calor por convección como un aceite en circulación. Consecuentemente, al no tener la habilidad para disipar el calor, la temperatura excesiva da como resultado un aceleramiento de la oxidación, o aún peor, carbonización cuando la grasa se endurece o forma costras.

La lubricación efectiva con grasa depende mucho de la consistencia. Las altas temperaturas producen ablandamiento y sangrado (pérdida de aceite), haciendo que la grasa fugue de las áreas en donde se le necesita. El aceite mineral en la grasa se puede encender, quemar o evaporar a temperaturas por encima de los 177 °C.

Efectos de baja temperatura

Si la temperatura a la que se encuentra una grasa es muy baja, esta puede volverse tan viscosa que podría ser clasificada como una grasa dura. La bombeabilidad se altera y la operación de la máquina puede volverse imposible debido a las limitaciones de torque y fuerza requerida para moverse. Como una guía, el punto de fluidez del aceite es considerado como el límite de utilización de una grasa a baja temperatura.

Referencias

1. Pirro, Wessol. Lubrication Fundamentals. New York: Marcel Dekker, 2001.
2. U.S. Army Corps of Engineers. Engineering and Design - Lubricants and Hydraulic Fluids. EM 1110-2-1424 CECW-ET, 1999



Cómo se mide la consistencia de las grasas

Hay muchas ocasiones en las que un aceite diseñado para lubricar una superficie de la maquinaria no se mantiene en su lugar lo suficiente como para efectuar eficientemente su función clave. Para esas ocasiones, los fabricantes confían en el uso de la grasa. Una grasa se forma espesando el aceite con uno de varios tipos de agentes gelificantes o espesantes que hacen que el aceite adquiera consistencia. Una grasa debe hacer efectivamente dos cosas para ser útil. Primero, la grasa debe mantenerse en su lugar. Segundo, manteniéndose allí, la grasa debe liberar gradualmente su reserva de aceite hacia los componentes cargados, de tal forma que el aceite y los aditivos puedan hacer sus respectivos trabajos.

La consistencia es una propiedad importante de la grasa. Está relacionada con una de las dos principales funciones del lubricante: permanecer en un lugar determinado.

La consistencia de la grasa depende del tipo y cantidad del espesante usado y de la viscosidad del aceite base. Se define como la resistencia a la deformación cuando se le aplica una fuerza. La medida de esa consistencia es llamada penetración. La penetración depende de si la consistencia ha sido alterada por la manipulación o trabajo mecánico. Se utilizan los métodos de prueba ASTM D217 y D1403 para medir la penetración trabajada y no trabajada de las grasas. Para hacer esto, un cono de dimensiones establecidas (Figura 1) se deja caer dentro de la grasa por cinco segundos a una temperatura estándar de 25°C (77 °F).



Figura 1 - Medición de la consistencia de la grasa con un penetrómetro de cono

La profundidad, en décimas de milímetro, a la cual el cono se introduce dentro de la grasa es la penetración. Una penetración de 100 representaría una grasa sólida mientras que una penetración de 450 representaría una grasa semifluida. El Instituto nacional de Grasas Lubricantes (NLGI, por sus siglas en inglés) ha establecido números o grados de consistencia, que van desde 000 hasta 6, correspondiente a rangos específicos para cada número de penetración. La tabla 1 muestra la clasificación NLGI junto con una descripción de la consistencia relacionada con algunos productos semifluidos (Tabla 1).

Por ejemplo, Grado 1 está en el rango entre 310 a 340 mm/10. Hay una diferencia de 15 entre cada grado y de 30 como rango dentro del grado, por ejemplo, el Grado 2 está entre 265 y 295. Esto es similar al sistema de clasificación ISO 3448 para los aceites; por ejemplo, el grado 32 cubre de 28 a 36 centistokes a 40 °C.



NLGI #	Número de penetración	Analogía con alimentos	Consistencia general
000	445-475	Ketchup	Fluida
00	400-430	Puré de manzana	Semifluida
0	355-385	Mostaza	Muy suave
1	310-340	Pasta de tomate	Suave
2	265-295	Mantequilla de maní	Más común
3	220-250	Grasa vegetal	Firme
4	175-205	Yogurt congelado	Muy firme
5	130-160	Paté suave	Dura
6	85-115	Queso cheddar para untar	Muy dura

Tabla 1. Clasificaciones de consistencia de las grasas NLGI

Comparando las consistencias de las grasas nueva y usada se pueden obtener algunas conclusiones. Por ejemplo, si la grasa usada es más blanda, y por consiguiente tiene un valor de penetración mayor que la grasa nueva, puede ser a causa de una mezcla con otro tipo de grasa, o se ha contaminado con agua o algún otro líquido. Igualmente, la grasa puede haber sido mecánicamente degradada a causa de un exceso de carga.

Una caída significativa en el número de penetración (aumento de consistencia) indica que la grasa puede haber sangrado a causa de vibraciones fuertes o altas temperaturas, haciendo que el aceite se separe. Altas presiones en los sistemas centralizados de lubricación pueden alterar el equilibrio entre el aceite base y el espesante.



Cómo se mide el punto de goteo de las grasas

Cómo se mide el punto de goteo de las grasas

Fundamentos de lubricación.

El punto de goteo de una grasa es la temperatura a la cual la grasa cambia de estado semisólido a líquido. El punto de goteo ayuda a establecer la máxima temperatura de uso de la grasa, la cual típicamente está entre 50 °C y 100 °C por debajo del punto de goteo determinado experimentalmente. El punto de goteo puede ayudar a establecer si se está empleando la grasa correcta y para determinar si la grasa en uso se encuentra en condiciones para continuar en servicio.

A medida que las temperaturas se incrementan, las grasas lubricantes se comportan diferente a las grasas comestibles. Cuando se calientan, no se derriten como la mantequilla o el aceite de coco, sino que apenas cambian cuando la temperatura sube debido a que el espesante mantiene al aceite base firmemente disperso. Una vez que se alcanza la temperatura crítica del espesante, se comienza a debilitar la estructura del jabón.

Para medir el punto de goteo, una muestra de grasa es calentada en un dispositivo de prueba hasta que una gota de aceite pasa a través de la abertura de la copa, cayendo al fondo del tubo de ensayo. Las grasas fabricadas con espesantes tipo gel o arcillas, con puntos de goteo por encima de los 300 °C, se dice que no tienen punto de goteo.

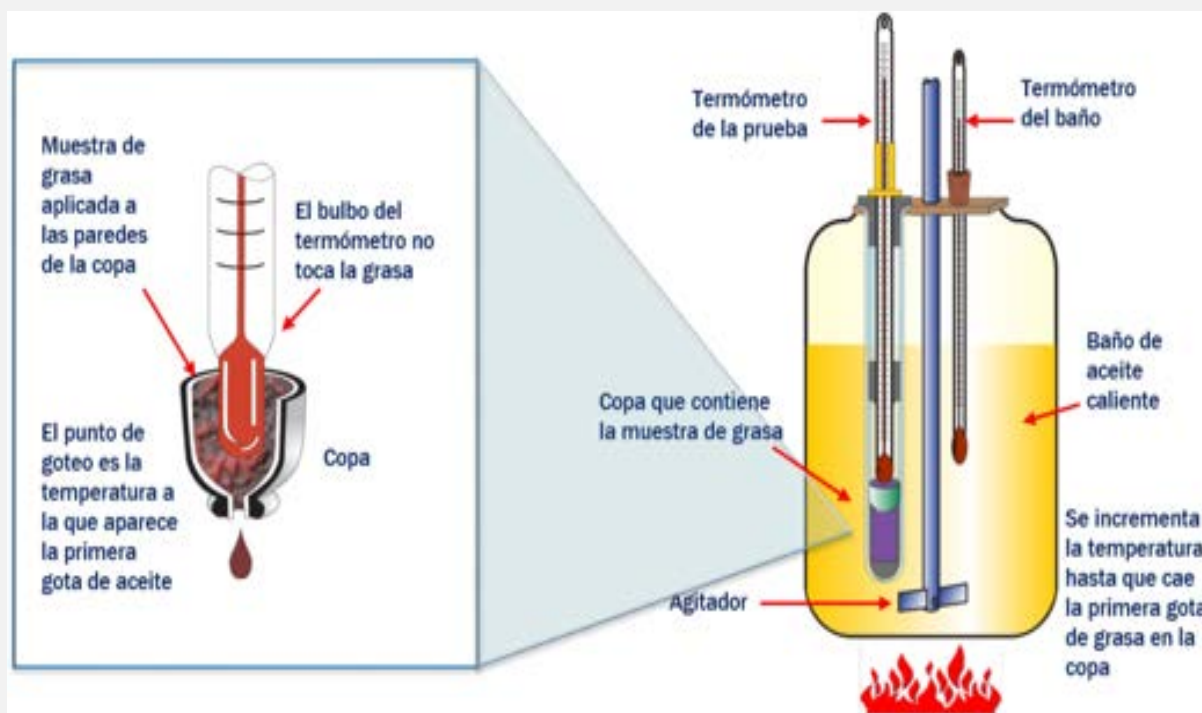


Figura 1 - Punto de goteo de grasas lubricantes

No siempre habrá una correlación entre el punto de goteo de una grasa y su máxima temperatura de operación. Por supuesto, la máxima temperatura estará siempre muy por debajo del punto de goteo. Junto con el espesante, el tipo de aceite base tiene relación con la máxima temperatura de operación de la grasa.



Propiedades y desempeño de las grasas

La Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) define a una grasa lubricante como: “Un producto sólido o semifluido producto de la dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante. Se le pueden incluir otros ingredientes que le pueden impartir propiedades especiales” (ASTM D4175-09, terminología estándar relacionada con el petróleo, productos de petróleo y lubricantes).

Más del 95 por ciento de los componentes de las máquinas son lubricados con aceite, no porque sea mejor, sino porque tiene una gran variedad de propiedades. La grasa generalmente es usada solo si no se puede usar aceite, donde sellar el punto de lubricación puede resultar problemático o costoso. Típicamente, la grasa es utilizada en la lubricación de rodamientos, con cerca del 80 por ciento de ellos lubricados con grasa.

Aplicaciones

La aplicación de grasa puede ser algunas veces muy compleja, pero adquirir un poco de conocimiento puede ayudar significativamente. Por ejemplo, en equipos de construcción donde el ambiente es muy severo es común encontrar humedad, suciedad, sellos defectuosos y altas cargas. En esta situación, se necesita una grasa resistente al agua, tenaz, con una buena protección antiherrumbrante y alta resistencia de película. Las grasas de bario se adaptan muy bien, al igual que las grasas de litio 12-hidroxi (usualmente con polímeros). También se pueden utilizar algunas grasas específicamente formuladas con un espesante a base de aluminio complejo.

Los rodamientos (de bolas, rodillos, agujas, etc.) normalmente están expuestos a menos contaminación, pero experimentan amplias variaciones en velocidad y temperatura. En esta situación se requiere una grasa con una excelente estabilidad mecánica (con ablandamiento y endurecimiento muy leves), excelente resistencia a la oxidación (larga vida) y desempeño en un amplio rango de temperaturas. Cuando la temperatura no excede los 120 °C, las grasas de litio 12-hidroxi son las más utilizadas. Cuando la temperatura es más elevada o se requiere de mayores intervalos de servicio, pueden utilizarse grasas a base de litiocomplejo o poliurea.

En contactos deslizantes como en las juntas homocinéticas automotrices, cojinetes, engranajes, etc., se requieren grasas con propiedades de extrema presión y antidesgaste al igual que una película lubricante tenaz para evitar el deslizamiento, el lavado por agua o ambos. En esta clase de aplicación, es común el uso de lubricantes sólidos para prevenir el desgaste, siendo el bisulfuro del molibdeno el aditivo sólido predominante. Aquí, una buena selección incluye el uso de grasas de litio 12-hidroxi, litio complejo, bario complejo y aluminio complejo.

Como puede notar, hay diferentes tipos de aplicaciones y entornos operacionales, así como muchos tipos y marcas de grasas que pueden ser utilizadas en estas máquinas y condiciones. Por lo tanto, una buena grasa será aquella que tenga el mejor desempeño para usted y su máquina.

La mayoría de las fallas de los componentes lubricados con grasa caen dentro de estas cuatro categorías:

1. La selección y aplicación de tipo de grasa incorrecto
2. Incompatibilidad, dando como resultado un excesivo ablandamiento
3. La contaminación, que produce un excesivo desgaste
4. Aplicación incorrecta de la cantidad de grasa (mucha o poca)

La falta de grasa puede causar una falla, pero el exceso de grasa es a menudo la causa principal de falla, ya que una excesiva cantidad de grasa origina alta temperatura, lo cual promueve la oxidación de la grasa.

Factores importantes en la selección de una grasa

Al seleccionar una grasa debe tener en cuenta la aplicación y las condiciones de operación donde la grasa deberá trabajar. Para comprender mejor lo que sucede dentro de una buena grasa, hay que concentrarse en sus componentes, incluyendo el tipo de aceite básico y su viscosidad, así como del tipo de espesante.

Viscosidad del aceite base



El aceite base es un componente de la grasa que proporciona la separación esencial entre dos superficies que pueden entrar en contacto. Por lo tanto, seleccionar la viscosidad correcta es muy importante. Una forma común de identificar la viscosidad adecuada es determinar primero el factor de velocidad (NDm), que se calcula a partir de la velocidad del rodamiento (revoluciones por minuto) multiplicada por el diámetro medio del rodamiento (Diámetro interior más diámetro exterior entre 2, en mm). Cuando aumenta la velocidad del rodamiento, también aumenta el factor de velocidad. Si la velocidad del rodamiento y el factor de velocidad aumentan, la viscosidad correspondiente para la aplicación deberá disminuir.

Como se ve en la Tabla 1, una viscosidad del aceite base inferior a 70 centiStokes (cSt) a 40 °C es ideal cuando se aproxima a un factor de velocidad de 600,000.

Debido a que las aplicaciones de alta velocidad tienden a tener temperaturas más altas y, por lo tanto, una vida útil más corta de la grasa, las propiedades generales de la grasa deben diseñarse para soportar estas condiciones.

La viscosidad de trabajo dependerá de las temperaturas de operación reales. Con un factor de velocidad de 400,000 y temperaturas de operación inferiores a 60 °C, puede requerirse una viscosidad mínima de 15-22 cSt. Si la temperatura de operación es más cercana a 100 °C, puede ser necesario una viscosidad mínima de 32-46. Una mayor viscosidad es aceptable y puede contribuir a una mejor protección siempre y cuando no sea excesiva y no provoque temperaturas extremas, una descomposición prematura de la grasa o una falla del rodamiento. Por lo tanto, con frecuencia se selecciona una viscosidad ISO VG 68 o superior en estas aplicaciones.

El tipo de espesante, la concentración y la consistencia (número NLGI) también deben ser tomados en consideración. Debido a los muchos factores a considerar, no es raro ver grasas etiquetadas específicamente para aplicaciones de alta temperatura o alta velocidad. Una vez más, esto indica que la grasa ha sido formulada para trabajar en estas condiciones. Por ejemplo, la estabilidad mecánica de una grasa, la resistencia a la oxidación, la protección contra el desgaste y la corrosión, etc., son muy importantes para las aplicaciones de alta velocidad.

TIPO DE GRASA	VISCOSIDAD DEL ACEITE BASE (40 °C)	FACTOR DE VELOCIDAD (NDM)
Grasa industrial, baja velocidad, alta presión	1,000 – 1,500 cSt	50,000
Grasa industrial para rodamientos, media velocidad, alta presión	400-500	200,000
Grasa multipropósito EP, NLGI #2	100-220	100,000-200,000
Grasa para alta temperatura, alta velocidad, larga vida	<70	600,000
Grasa para alta velocidad, larga vida	15-32	>1'000,000

Tabla 1. Selección del tipo de grasa y viscosidad en función del factor de velocidad (NDM)

Tipo de aceite básico

El tipo de aceite básico es determinado por las condiciones donde la grasa va a desempeñarse, tales como alta o baja temperatura, cargas y presiones. Las cargas y la presión no sólo tienen influencia en el tipo de aceite básico, también influyen en el paquete de aditivos (antidesgaste, extrema presión, etc.). Mientras que los aceites sintéticos tienen un mejor comportamiento en un amplio rango de temperatura y condiciones de operación, los aceites básicos minerales pueden ser utilizados si se tienen condiciones de operación a temperatura constante.

Tipo de espesante

La mayoría de la gente cree que el espesante es la parte lubricante de la grasa, pero en realidad es lo que mantiene el lubricante en su lugar, como una esponja. Un buen espesante debe ser compatible con las recomendaciones dadas por el fabricante del equipo y ser capaz de soportar las condiciones de operación donde debe desempeñarse. Hay muchos tipos de espesantes, la mayoría no son compatibles y no deben mezclarse. Los espesantes más comunes son litio, litio complejo, aluminio complejo y poliurea.

Compatibilidad

La incorrecta selección y aplicación del tipo de grasa para un buen desempeño en una aplicación específica es una de las mayores causas de falla de la maquinaria. En el tope de esa lista se encuentra la compatibilidad o incompatibilidad de las grasas. Como regla general, mantenga espesantes similares en la misma aplicación (ejemplo litio con litio complejo). De ser posible, no mezcle grasas con diferentes tipos de espesantes. En el último de los casos, si tiene dudas, no mezcle grasas. Realice pruebas de compatibilidad para disminuir los riesgos de fallas. Cuando ocurre un cambio en el tipo de grasa, es esencial evaluar la mezcla de las dos grasas. El estándar ASTM D6185-11 fue desarrollado para evaluar la compatibilidad de mezclas entre dos grasas lubricantes. Este estándar permite validar tres propiedades específicas de desempeño: punto de goteo, estabilidad mecánica y consistencia. Dependiendo de los resultados, puede ser necesario o no realizar ensayos adicionales para garantizar la compatibilidad de las grasas.

En especial evite situaciones donde se puedan llegar a mezclar grasas hechas con espesantes a base de aluminio complejo, arcilla (bentona) o silicio. El resultado es un ablandamiento excesivo de la grasa. Estos espesantes producen excelentes grasas lubricantes, pero no toleran la mezcla con otras grasas.

La decisión de cambiar un lubricante en una máquina debe ser evaluada cuidadosamente. Con las grasas, a diferencia de los aceites, es muy importante ser cautelosos cuando se cambie de un tipo de grasa a otra. Debido a las propiedades fundamentales de las grasas, es muy difícil remover toda la grasa vieja de un componente antes de introducir grasa nueva, a diferencia de cuando el aceite es drenado de la máquina antes de colocar aceite nuevo.

Debido a estas características, la decisión de usar un nuevo tipo de grasa en una máquina debe tomarse teniendo en cuenta su compatibilidad. La Tabla 2 muestra la compatibilidad entre la mayoría de los tipos de grasas en tres categorías: compatible, compatibilidad al límite y no compatible. La compatibilidad de dos grasas depende del tipo de espesante y de la base lubricante utilizada en su formulación, así como de las propiedades resultantes después de que los dos tipos de grasas se hayan mezclado completamente.

La compatibilidad de las grasas puede ser un tema bastante complicado, aún para el técnico en lubricación promedio. Uno de los errores más comunes se da cuando las especificaciones de la grasa están basadas en el desempeño sin considerar su composición. Esto trae serias consecuencias si dos tipos diferentes de grasas con el mismo desempeño se mezclan y sus composiciones son incompatibles.

Otra preocupación está relacionada con la compatibilidad entre grasas de poliurea y las de jabón de litio simple (y de jabones de litio complejo). Los espesantes de poliurea pueden tener diferentes composiciones, algunas perfectamente compatibles con jabones de litio y otras bastante incompatibles. En especial evite situaciones donde se puedan llegar a mezclar grasas hechas con espesantes a base de aluminio complejo, arcilla (bentonita) o silicio. El resultado es un ablandamiento excesivo de la grasa. Estos espesantes producen excelentes grasas lubricantes, pero no toleran la mezcla con otras grasas.

Simbología:													
● Compatible													
▲ Compatible al límite													
■ Incompatible													
	Aluminio complejo	Bario	Calcio	Calcio 12-hidroxi	Calcio complejo	Bentonita	Litio	Litio 12-hidroxi	Litio complejo	Poliurea*	Sodio	Sulfonato de calcio	Dióxido de silicio
Aluminio complejo	—	■	■	●	■	■	■	■	●	■	■	■	●
Bario	■	—	■	●	■	■	■	■	■	■	■	▲	●
Calcio	■	■	—	●	■	●	●	▲	●	■	■	N/D	N/D
Calcio 12-hidroxi	●	●	●	—	▲	●	●	●	●	■	■	N/D	N/D
Calcio complejo	■	■	■	▲	—	■	■	■	●	●	■	●	■
Bentonita	■	■	●	●	■	—	■	■	■	■	■	■	●
Litio	■	■	●	●	■	■	—	●	●	■	■	●	●
Litio 12-hidroxi	■	■	▲	●	■	■	●	—	●	■	■	●	N/D
Litio complejo	●	■	●	●	●	■	●	●	—	■	■	●	●
Poliurea*	■	■	■	■	●	■	■	■	■	—	■	■	■
Sodio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	—	■	■
Sulfonato de calcio	■	▲	N/D	N/D	●	■	●	●	●	■	■	—	N/D
Dióxido de silicio	●	●	N/D	N/D	■	●	●	N/D	●	■	■	N/D	—

N/D = No determinada

*No todas las grasas de poliurea son mutuamente compatibles

La tabla 2 brinda una forma efectiva para determinar la compatibilidad general entre dos tipos de grasas; sin embargo, cuando se vayan a realizar cambios de grasa en aplicaciones críticas, es necesario realizar pruebas de desempeño para determinar la compatibilidad de las grasas. En muchos casos, dos grasas diseñadas para una misma aplicación pueden tener características detrimentales cuando se mezclan.

Trabajar con el proveedor de grasas debe ser parte del proceso para la toma de decisiones en cuanto a la compatibilidad, ya que ellos pueden tener soluciones para esa aplicación específica donde se requiere realizar el cambio de grasa. Siendo cuidadoso y cauteloso en sus evaluaciones, puede obtener una mayor durabilidad de sus equipos y una disminución significativa en los costos de mantenimiento ocasionados por fallas prematuras.

Qué causa que la grasa se seque

Uno de los principales inconvenientes de la utilización de la grasa en comparación con el aceite es la molesta tendencia de la grasa a secarse. Se sabe que el aceite tiene una tendencia natural a drenarse del espesante de la grasa a través del tiempo. Vemos la evidencia visible de esto cuando el aceite se acumula en las cubetas de grasa nueva que tienen desniveles en su superficie. También se ha visto el goteo de aceite en los cartuchos de grasa almacenada y en rodamientos empacados con grasa en los estantes del almacén.

Más grave es el subproducto endurecido que resulta del drenado del aceite y que se acumula con el paso del tiempo dentro de las cavidades de los rodamientos y engranajes en operación. Algunas veces tarda años en presentarse, pero en otros casos esta condición puede llegar a niveles catastróficos en apenas unas semanas. La falla puede ser autopropagante. Conforme la grasa se seca, las fuerzas de fricción aumentan, causando calor concentrado en el rodamiento. La temperatura continúa incrementándose cada vez más rápido y seca por completo la grasa. Con el tiempo, la grasa puede alcanzar un estado de consistencia que va desde una masilla dura a una especie de arena, en función del tipo de espesante y las condiciones de degradación.

A menudo, la mayoría de las condiciones que conllevan a que las grasas se sequen, van acompañadas con otras causas que trabajan en forma concertada.

Causas del secado de las grasas

Contaminación.

La elevada contaminación por polvo, suciedad, cenizas y contaminantes secos similares pueden espesar la grasa en forma similar a la introducción de un agente gelificante.

Grasa incompatible.

La mezcla accidental o deliberada de grasa puede llevar a la acelerada desgelificación y separación del aceite. Hay muchos ejemplos clásicos de esto, como el choque que se presenta entre la grasa de arcilla orgánica (bentona) con la grasa a base de espesante tipo jabón.

Volatilidad a alta temperatura.

La grasa elaborada a partir de aceites base de baja viscosidad tienen el mayor riesgo de volatilización. A temperaturas suficientemente altas, el aceite puede hervir y salirse del espesante, causando el endurecimiento de la grasa a través del tiempo (menor relación entre el aceite y el espesante y mayor viscosidad del aceite base).

Oxidación del aceite base.

El aceite oxidado puede asumir las características físicas del alquitrán o carbón. La misma transformación puede ocurrir en la grasa. La imagen de la grasa en la figura 1 se produjo a temperatura ambiente debido a la alta concentración de metales catalíticos de cobre en la grasa proveniente de las partículas de desgaste. El cobre oxidó prematuramente el aceite base en la grasa, provocando el espesamiento extremo.



Figura 1. Esta grasa muestra señales de endurecimiento extremo resultado de la presencia de cobre oxidando prematuramente el aceite base en la grasa. La alta concentración de metal catalítico de cobre en la grasa proviene de partículas de desgaste.

Fuga térmica.

Demasiada grasa en un rodamiento, condiciones mecánicas (carga excesiva, desalineación, etc.), y la escasez de lubricante pueden conducir a altas temperaturas de operación. Esto se asocia más comúnmente con el exceso de lubricación, provocando altas temperaturas por batido. En tales casos, se alcanza el punto de goteo, el rodamiento comienza a sangrar, la grasa se seca y finalmente se produce la falla. La figura 2 muestra un ejemplo de esto.



Figura 1. Esta grasa muestra señales de endurecimiento extremo resultado de la presencia de cobre oxidando prematuramente el aceite base en la grasa. La alta concentración de metal catalítico de cobre en la grasa proviene de partículas de desgaste.

Escurrimiento mecánico.

Algunos tipos de rodamientos son más propensos a la separación del aceite. Los rodamientos de rodillos esféricos serían un ejemplo. Cuando la grasa es trabajada en exceso por el rodamiento o los engranajes, el aceite puede separarse rápidamente del espesante. Esto se conoce como escurrimiento mecánico. El aceite se exprime como lo hace una esponja mojada. Algunos espesantes tienen buena reversibilidad, mientras que otros no. Una grasa es reversible cuando el aceite se reabsorbe rápidamente en el espesante después de que la carga disminuye. La grasa con espesante a base de aluminio complejo tiene una buena reversibilidad.

Extrusión hidrostática.

La grasa bajo la presión constante se puede separar debido a las fuerzas hidrostáticas. Es como el agua que fluye a través de un filtro de arena. La arena permanece fija, pero el agua fluye libremente bajo presión a través de los granos de arena (tamizado). Algunas grasas están formuladas específicamente para resistir la extrusión mediante el uso de espesantes especiales, aceites de base polar, mejoradores del índice de viscosidad (IV), aditivos de adhesividad y concentraciones más elevadas de espesantes. Algunos lubricadores automáticos de un solo punto (tipo resorte) exponen a la grasa a una presión constante, lo que provoca el sangrado y la separación del espesante. El aceite está siendo literalmente exprimido del espesante.

Vibración y fuerzas centrífugas.

La grasa expuesta a vibración prolongada y/o a fuerzas centrífugas también tiende a separar el aceite antes de tiempo. Los acoplamientos mecánicos de alta velocidad pueden dejar secas algunas grasas en un corto período de tiempo si la grasa no es la apropiada. Entre otras cosas, diferencias significativas en el peso específico entre el aceite base y el espesante pueden incrementar drásticamente la separación centrífuga.



Selección de lubricantes con base en especificaciones

La selección efectiva del lubricante debe lograr un equilibrio entre la calidad, la aplicación y la accesibilidad. Para lograr y mantener este equilibrio, deben crearse y documentarse las especificaciones del lubricante de manera que sirvan como una guía para saber qué lubricante comprar y cómo usarlo. Este artículo discutirá los pasos necesarios para crear especificaciones de lubricantes y cómo pueden conducir a una confiabilidad sostenida de la maquinaria.

¿Qué son las especificaciones del lubricante?

Las especificaciones del lubricante son documentos internos que contienen los estándares técnicos, los requisitos de desempeño y las aprobaciones de la industria para cada lubricante utilizado en la instalación industrial o flota de vehículos. Pueden incluir información sobre datos de seguridad del producto, disposición adecuada o lubricantes alternativos disponibles en el mercado. Entre los lubricantes que se encuentran típicamente en estas especificaciones se encuentran los aceites para engranajes, aceites para turbinas, fluidos hidráulicos, aceites para compresores, grasas, lubricantes sólidos, aceites para rodamientos, aceites para motores de combustión interna, fluidos de corte, lubricantes a toda pérdida y otros.

Para flotas o instalaciones pequeñas, crear especificaciones de lubricantes puede ser un ejercicio relativamente simple. Sin embargo, con frecuencia aumenta la complejidad de acuerdo con la diversidad de máquinas en la instalación o la cantidad de plantas involucradas. Cuanto más complejas sean las instalaciones o cuanto mayor sea el número de sitios involucrados, mayor será el valor de crear especificaciones.



Figura 1. Estrategia de selección de lubricantes

Elementos de la especificación del lubricante

Dependiendo de las necesidades de la planta o flota, las especificaciones del lubricante pueden constar de los siguientes elementos:

Alcance de aplicación

Define la función o el propósito general del lubricante, así como el tipo de material. También describe aplicaciones específicas dentro de la planta. Por ejemplo, el lubricante definido por esta especificación es un aceite mineral para engranajes API Grupo II, con aditivos extrema presión, para utilizarse en cajas de engranajes que operan a temperaturas de hasta 70 °C (158 °F) lubricadas por salpique o sistemas de circulación.

Propiedades físicas y químicas

Define la función o el propósito general del lubricante, así como el tipo de material. También describe aplicaciones específicas dentro de la planta. Por ejemplo, el lubricante definido por esta especificación es un aceite mineral para engranajes API Grupo II, con aditivos extrema presión, para utilizarse en cajas de engranajes que operan a temperaturas de hasta 70 °C (158 °F) lubricadas por salpique o sistemas de circulación.

Propiedades de desempeño

Se refiere a las pruebas de banco y de laboratorio que debe aprobar satisfactoriamente el lubricante, con base en valores mínimos de desempeño. Algunos ejemplos son protección contra la corrosión al cobre (ASTM D130), demulsibilidad (ASTM D1401) y punto de goteo (ASTM D2265), entre otras.

Compatibilidad del lubricante

Describe las preocupaciones o características de compatibilidad del producto con otros lubricantes, así como con materiales sintéticos presentes en los sistemas de lubricación de la maquinaria, como mirillas, recubrimientos, sellos y juntas. Esta sección puede tener una importancia adicional cuando el estándar se refiere a lubricantes sintéticos o formulaciones especiales, ya que pueden requerir procedimientos específicos para cuando se cambia a otros lubricantes. Por ejemplo, este producto está fabricado con una base de polialquilén glicol (poliglicol), que es incompatible con aceites minerales y otros básicos sintéticos como las polialfaolefinas.

Aprobaciones del lubricante

Son las aprobaciones o validaciones del lubricante requeridas por la máquina específica en la cual será utilizado. Pueden provenir del fabricante de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés) u otras organizaciones de la industria, como la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (AGMA, por sus siglas en inglés), el Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI, por sus siglas en inglés), etc. Tenga en cuenta que algunos lubricantes pueden contar con una certificación o aprobación para ciertos estándares técnicos o especificaciones del OEM, mientras que otros solo “cumplen con” el estándar o requisito, pero no necesariamente están aprobados o certificados.

Esto puede ser particularmente significativo cuando se busca cumplir con los requisitos de garantía de la maquinaria.

Alcance de aplicación

Esta sección describe cualquier ingrediente o propiedades no deseadas del lubricante, así como los aspectos toxicológicos o de seguridad que se deben considerar al comprar o manipular el lubricante. Por ejemplo, el producto no debe contener compuestos mutágenos o cancerígenos

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/http-noria-mx-lublearn-revise-las-especificaciones-y-garantias-de-los-lubricantes/>

<https://noria.mx/aceite-sintetico-que-necesitan-saber-los-consumidores/>



¿Qué es la viscosidad cinemática?

La viscosidad cinemática es una medida de la resistencia interna de un fluido a fluir bajo fuerzas gravitacionales. Se determina midiendo el tiempo en segundos requerido para que un volumen fijo de fluido fluya por gravedad una distancia conocida a través de un capilar dentro de un viscosímetro calibrado a una temperatura estrechamente controlada.

Este valor se convierte en unidades estándar como centistokes (cSt) o milímetros cuadrados por segundo. El informe de viscosidad solo es válido cuando también se informa la temperatura a la que se realizó la prueba, por ejemplo, 23 cSt a 40 °C.

De todas las pruebas empleadas para el análisis de lubricante usado, ninguna proporciona una mejor repetitividad o consistencia en la prueba que la viscosidad. Del mismo modo, no existe una propiedad más crítica para la lubricación eficiente de los componentes que la viscosidad de la base lubricante. Sin embargo, hay más en la viscosidad de lo que parece.

La viscosidad se puede medir y reportar como viscosidad dinámica (absoluta) o como viscosidad cinemática. Las dos se confunden fácilmente, pero son significativamente diferentes.

La mayoría de los laboratorios de análisis de lubricante usado miden e informan la viscosidad cinemática. Por el contrario, la mayoría de los viscosímetros en sitio miden la viscosidad dinámica, pero están programados para estimar y reportar la viscosidad cinemática, de modo que en los reportes se reflejan los números cinemáticos informados por la mayoría de los laboratorios y proveedores de aceite lubricante.

Dada la importancia del análisis de viscosidad, junto con la creciente popularidad de los instrumentos de análisis de lubricante en sitio utilizados para seleccionar y complementar el análisis de lubricante de laboratorio fuera de sitio, es esencial que los analistas de lubricantes entiendan la diferencia entre las mediciones de viscosidad dinámica y cinemática.

En términos generales, la viscosidad es la resistencia a fluir de un fluido (esfuerzo cortante) a una temperatura dada. A veces, la viscosidad se denomina erróneamente como un espesor (o peso). La viscosidad no es una medida dimensional, por lo que llamar al aceite altamente viscoso “espeso” y al aceite menos viscoso “delgado” es engañoso.

Del mismo modo, no tiene sentido reportar la viscosidad con fines de tendencia sin una referencia a la temperatura. Debe definirse la temperatura para interpretar la lectura de viscosidad. Típicamente, la viscosidad se informa a 40 °C y/o 100 °C o ambas si se requiere calcular el índice de viscosidad.



Ecuación cinemática de viscosidad

Se utilizan varias unidades de ingeniería para expresar la viscosidad, pero las más comunes son, por mucho, el centistoke (cSt) para la viscosidad cinemática y el centipoise (cP) para la viscosidad dinámica (absoluta). La viscosidad cinemática en cSt a 40 °C es la base del sistema de clasificación de viscosidad cinemática ISO 3448, lo que la convierte en el estándar internacional. Otros sistemas de viscosidad cinemática comunes como Segundos Saybolt Universal (SUS, por sus siglas en inglés) y el sistema de clasificación SAE pueden estar relacionados con la medición de la viscosidad en cSt a 40 °C o 100 °C.

Medición de la viscosidad cinemática



Figura 1. Viscosímetro capilar en U

La viscosidad cinemática se mide observando el tiempo que tarda el aceite en viajar a través del orificio de un capilar bajo la fuerza de la gravedad (Figura 1). El orificio del tubo del viscosímetro cinemático produce una resistencia fija al flujo. Se encuentran disponibles capilares de diferentes diámetros para soportar fluidos de distintas viscosidades.

El tiempo necesario para que el fluido fluya a través del tubo capilar se puede convertir a una viscosidad cinemática utilizando una constante de calibración simple provista para cada tubo. El procedimiento dominante para realizar mediciones de viscosidad cinemática es ASTM D445, a menudo modificado en el laboratorio de análisis de lubricante usado para ahorrar tiempo y hacer que la medición de la prueba sea más eficiente.

Medición de la viscosidad dinámica (viscosidad absoluta)

La viscosidad dinámica se mide como la resistencia al flujo cuando una fuerza externa y controlada (bomba, aire a presión, etc.) fuerza el aceite a través de un capilar (ASTM D4624), o cuando un cuerpo es forzado a moverse a través del fluido por una fuerza externa y controlada, como un husillo accionado por un motor. En cualquier caso, se mide la resistencia al flujo (o cizallamiento) en función de la fuerza de entrada, que refleja la resistencia interna de la muestra a la fuerza aplicada, o su viscosidad dinámica.

Hay varios tipos de viscosímetros absolutos. El viscosímetro rotativo Brookfield, representado en la Figura 2, es el más común. La medición de la viscosidad absoluta se ha utilizado para aplicaciones de investigación, control de calidad y análisis de grasas en el campo de la lubricación de maquinaria.

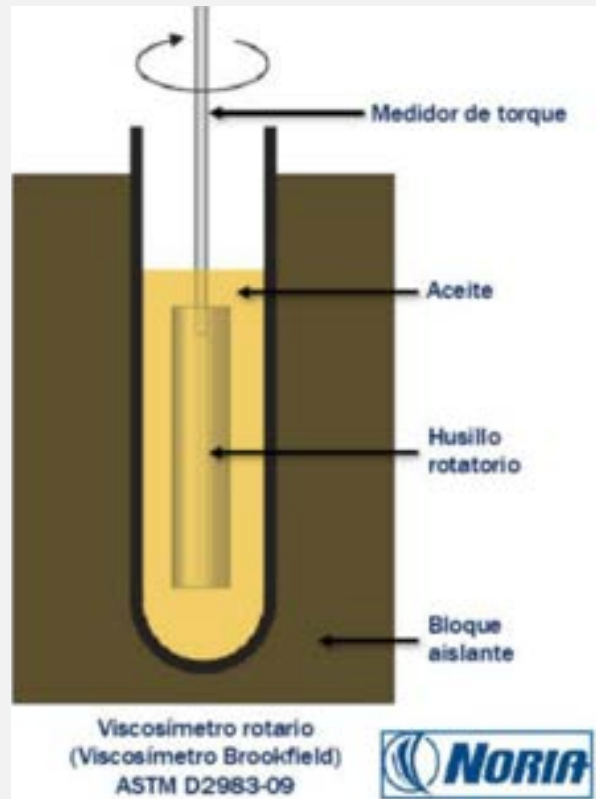


Figura 2. Viscosímetro rotativo ASTM D2983

Los procedimientos para evaluar la viscosidad absoluta en el laboratorio mediante el método tradicional Brookfield están definidos por la norma ASTM D2983, D6080 y otros. Sin embargo, la viscosidad absoluta se está volviendo común en el área de análisis de lubricante usado porque la mayoría de los viscosímetros en sitio vendidos en el mercado actualmente miden la viscosidad absoluta, no la viscosidad cinemática. Algunos proveedores de viscosímetros absolutos en sitio son Anton Paar, Kittiwake y Spectro Scientific.

En términos generales, la viscosidad cinemática (cSt) se relaciona con la viscosidad absoluta (cP) en función de la gravedad específica (densidad relativa) del fluido (SG) de acuerdo con las ecuaciones de la figura 3.

$$\begin{aligned} \text{cSt} &= \text{cP} / \text{SG} \\ \text{o la ecuación inversa} \\ \text{cP} &= \text{cSt} \times \text{SG} \end{aligned}$$

Figura 3. Ecuaciones de viscosidad

¿Qué es la viscosidad cinemática?

Selección de lubricantes

Tan simples y elegantes como se ven estas ecuaciones, son válidas solo para los fluidos llamados newtonianos. Además, la gravedad específica del fluido debe permanecer constante durante el período de tendencia. Ninguna de estas condiciones puede suponerse constante en el análisis de lubricante usado, por lo que el analista debe conocer las condiciones bajo las cuales puede ocurrir la variación.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/eleccion-de-la-viscosidad-de-lubricante-adecuada-para-su-aplicacion/>



Propósito del sistema ISO VG

El propósito del sistema ISO de clasificación de grados de viscosidad es establecer un método de medición de viscosidad para que los proveedores de lubricantes, diseñadores de equipos y usuarios tengan una base común (estandarizada) para designar o seleccionar lubricantes líquidos industriales.

Se consideraron a fondo diferentes enfoques antes de que el Comité Técnico de ISO (TC23) se decidiera por un enfoque lógico y fácil de usar. Hubo algunos criterios importantes a tener en cuenta desde el principio, como:

- Hacer referencia a los lubricantes a una temperatura nominal para sistemas industriales.
- Usar un patrón que se ajuste a las incertidumbres impuestas por las tolerancias de fabricación dimensional.
- Usando un patrón que tenía un cierto sentido de repetibilidad arriba y abajo de la escala.
- Usando un patrón que usaba un número pequeño y fácilmente manejable de grados de viscosidad.

La temperatura de referencia para la clasificación debe ser razonablemente cercana a la experiencia promedio de servicio industrial. También debe relacionarse estrechamente con otras temperaturas seleccionadas utilizadas para definir propiedades como el índice de viscosidad (VI) , que pueden ayudar a definir un lubricante.

Un estudio de posibles temperaturas indicó que 40 °C (104 °F) era adecuado para la clasificación de lubricantes industriales, así como para las propiedades de definición de lubricantes mencionadas anteriormente. Esta clasificación de viscosidad ISO se basa en consecuencia en la viscosidad cinemática a 40 °C (104 °F).

Grado de viscosidad ISO VG	Viscosidad media cSt @ 40 °C	Límites viscosidad cinemática cSt @ 40 °C ASTM D445	
10	10	9	11
15	15	13.5	16.5
22	22	19.8	24.2
32	32	28.8	35.2
46	46	41.4	50.6
68	68	61.2	74.8
100	100	90	110
150	150	135	165
220	220	198	242
Grado de viscosidad ISO VG	Viscosidad media cSt @ 40 °C	Límites viscosidad cinemática cSt @ 40 °C ASTM D445	
320	320	288	352
460	460	414	506
680	680	612	748
1000	1000	900	1100
1500	1500	1350	1650
2200	2200	1980	2420
3200	3200	2880	3520
4600	4600	4140	5060
6800	6800	6120	7480

Para que la clasificación se use directamente en los cálculos de diseño de ingeniería en los que la viscosidad cinemática del lubricante es solo uno de los parámetros, fue necesario que el ancho del grado de viscosidad (rango de tolerancia) no sea superior al 10 por ciento a cada lado del valor nominal. Esto reflejaría un orden de incertidumbre (punto central) en los cálculos similares a los impuestos por las tolerancias de fabricación dimensional.

Esta limitación, junto con el requisito de que el número de grados de viscosidad no debe ser demasiado grande, esto llevó a la adopción de un sistema con espacios entre los grados de viscosidad.

Esta clasificación define 20 grados de viscosidad en el rango de 2 a 3200 milímetros cuadrados por segundo ($1 \text{ mm}^2 / \text{s} = \text{igual a } 1 \text{ cSt}$) a 40°C (104°F). Para líquidos a base de petróleo, esto cubre aproximadamente el rango de queroseno a aceites almacenados en tambor.

Cada grado de viscosidad se designa por el número entero más cercano a su viscosidad cinemática de punto medio en mm^2 / s a 40°C (104°F), y se permite un rango de ± 10 por ciento de este valor. Los 20 grados de viscosidad con los límites apropiados para cada uno se enumeran en la Tabla 1.

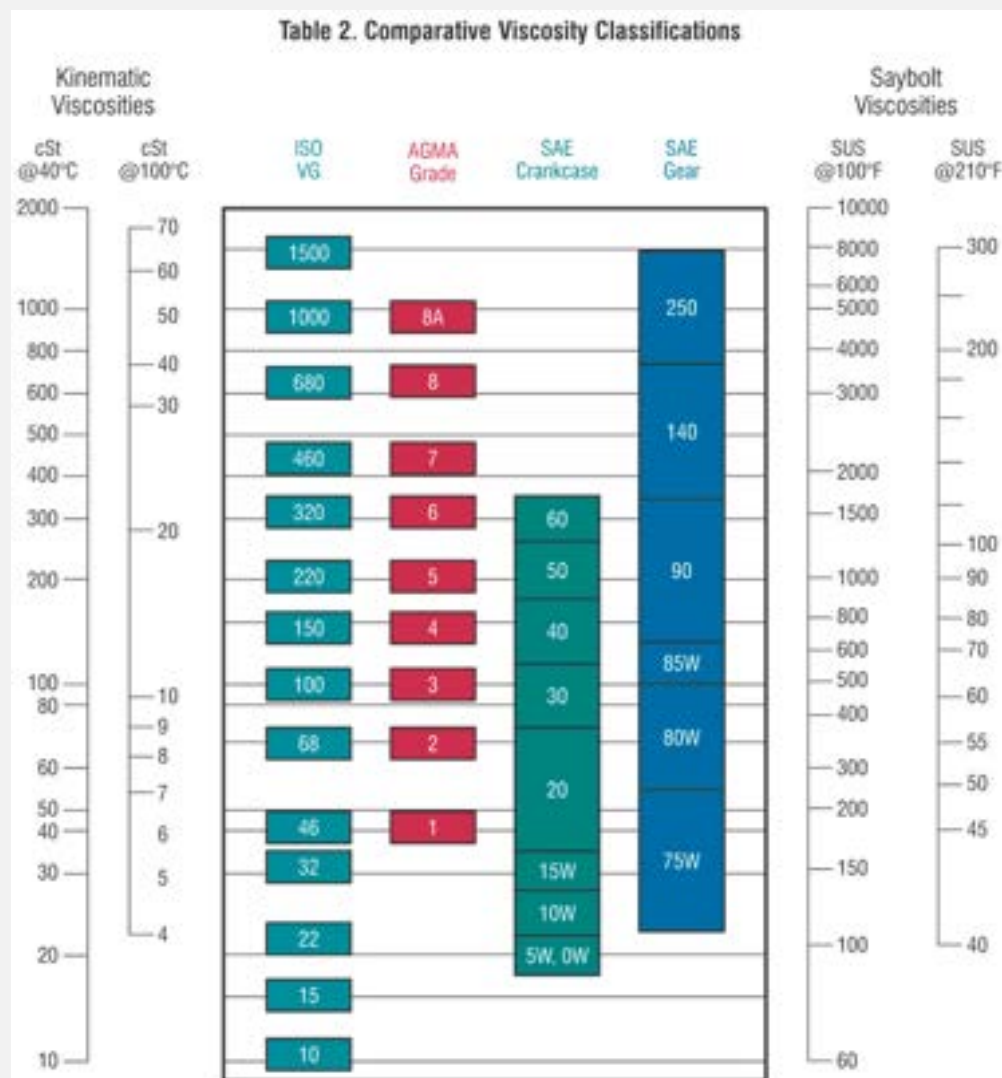
Table 1. ISO Viscosity Classification

ISO Viscosity Grade	Midpoint Kinematic Viscosity mm^2/s at 40°C (104°F)	Kinematic Viscosity Limit mm^2/s at 40°C (104°F) Minimum	Kinematic Viscosity Limit mm^2/s at 40°C (104°F) Maximum
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.46
ISO VG 10	10	9.00	11.0
ISO VG 15	15	13.5	16.5
ISO VG 22	22	19.8	24.2
ISO VG 32	32	29.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG 68	68	61.2	74.8
ISO VG 100	100	90.0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650
ISO VG 2200	2200	1980	2420
ISO VG 3200	3200	2880	3520

La clasificación se basa en el principio de que la viscosidad cinemática del punto medio (nominal) de cada grado debe ser aproximadamente un 50 por ciento mayor que la del precedente. La división de cada década en seis pasos logarítmicos iguales proporciona dicho sistema y permite una progresión uniforme de una década a otra.

La serie logarítmica se ha completado por simplicidad. Aun así, la desviación máxima para las viscosidades del punto medio de la serie logarítmica es del 2.2 por ciento.

La Tabla 2 reúne algunos métodos populares de medición de viscosidad en una sola tabla. Si el profesional se siente cómodo con una medida en particular, pero le gustaría ver el rango de viscosidad correlacionado en otra medida, todo lo que debe hacer es colocar una línea horizontal recta a través de su tipo de viscosidad elegido y ver su correlación dentro de los otros tipos de medidas.



Si bien es cierto que algunos grados de viscosidad quedarán fuera de la mezcla a medida que las empresas adopten la designación ISO, no es necesario que los usuarios de esos productos tengan que alejarse de ellos. Además, no existe la intención de ofrecer una definición de calidad de lubricantes con esta escala. Que un producto tenga asociado un número ISO VG no tiene relación con sus características de rendimiento.

La designación ISO ha estado en desarrollo desde 1975. La versión más reciente en 1992 (ISO 3448) contiene 20 gradientes. Esto cubre casi todos los tipos de aplicaciones que el practicante de lubricantes puede esperar encontrar. La comunidad de fabricación de lubricantes ha aceptado los gradientes ISO recomendados y ha dedicado un esfuerzo apreciable y energía para ajustarse al nuevo enfoque de clasificación con productos antiguos y nuevos.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/posibles-causas-de-incremento-de-viscosidad-en-aceites-para-engranajes/>



Entendiendo los grados de viscosidad SAE para lubricantes de motor

Generalmente, todo equipo mecánico para su óptimo desempeño debe ser lubricado, con el propósito primordial de reducir la fricción y el desgaste. Si estos factores no son controlados, se puede presentar una baja eficiencia en la operación, daños en los sistemas críticos y finalmente el deterioro de la máquina. En este sentido, la viscosidad de los aceites lubricantes es fundamental, debido a que en la mayoría de los casos es la que determina la capacidad del producto para formar una película lubricante entre las superficies en movimiento relativo, para mantenerlas separadas y minimizar así el contacto entre estas.

La viscosidad se define como la resistencia interna que opone cualquier fluido a fluir bajo la acción de una fuerza externa, entiéndase gravedad o esfuerzo de corte.

A través del tiempo, la viscosidad se ha considerado como la propiedad de mayor importancia en los aceites lubricantes, lo que propició el desarrollo de muchas metodologías para su determinación y, paralelamente, diversos sistemas de clasificación con base en la misma.

Clasificación de viscosidad SAE para lubricantes de motor de combustión interna

La Sociedad de Ingenieros Automotrices de los Estados Unidos (SAE, en inglés), estableció una clasificación de viscosidad para los lubricantes desarrollados para su uso en motores de combustión interna (diesel, gasolina y gas).

Esta clasificación de lubricantes está definida según la especificación SAE J-300 (ver Tabla 1) y en la actualidad contempla 15 grados de viscosidad, divididos en grados de invierno y grados de verano.

Clasificación de viscosidad SAE para lubricantes de motor de combustión interna

Los grados de viscosidad para invierno van acompañados por la letra “W”, haciendo referencia a la estación climatológica de invierno (“Winter”, en inglés) y se basan principalmente en el cumplimiento de requerimientos de comportamiento a baja temperatura, aunque también deben cumplir con requerimientos a alta temperatura. Los grados de verano no van acompañados por alguna letra y sus requisitos de comportamiento son a altas temperaturas.

Grado de viscosidad SAE	Viscosidad a baja temperatura, cP/°C		Viscosidad en alta temperatura (°C)		
	Máxima en arranque ASTM D5293	Máxima bombeo (sin esfuerzo) ASTM D4684	Cinemática (cSt) a 100 °C Min. ASTM D445	Cinemática (cSt) a 100 °C Máx. ASTM D445	Alto corte (cP) a 150 °C D4683, D4741 y D5481 Min. ⁽¹⁾
0W	6,200 a -35	60,000 a -40	3.8	—	—
5W	6,800 a -30	60,000 a -35	3.8	—	—
10W	7,000 a -25	60,000 a -30	4.1	—	—
15W	7,000 a -20	60,000 a -25	5.6	—	—
20W	9,500 a -15	60,000 a -20	5.6	—	—
25W	13,000 a -10	60,000 a -15	9.3	—	—
8	—	—	4.0	<6.1	1.7
12	—	—	5.0	<7.1	2.0
16	—	—	6.1	<8.2	2.3
20	—	—	6.9	<9.3	2.6
30	—	—	9.3	<12.5	2.9
40	—	—	12.5	<16.3	3.5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	—	—	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	—	—	16.3	<21.9	3.7
60	—	—	21.9	<26.1	3.7

Tabla 1 – Clasificación de viscosidad SAE J-300

Requerimientos de Grados de Viscosidad de Invierno

Arranque a bajas temperaturas

La capacidad del lubricante para permitir el fácil arranque del motor bajo condiciones de bajas temperaturas, en virtud de su poca resistencia al movimiento o baja viscosidad dinámica a altos esfuerzos de corte, la cual es evaluada por ASTM D-5293-10, método de ensayo estándar para determinar la viscosidad aparente de aceites de motor entre -5 y -35 °C, utilizando el simulador de arranque en frío. Este ensayo se correlaciona con el fenómeno que se presenta en el cigüeñal de un motor de combustión interna cuando gira dentro del baño de aceite durante el arranque a bajas temperaturas.

Arranque a bajas temperaturas

La capacidad del lubricante para fluir a través de la bomba de aceite a bajas temperaturas, de tal manera que se logre una adecuada lubricación en las partes más críticas del motor, en virtud de su baja viscosidad dinámica a pequeños esfuerzos de corte, evaluada por ASTM D-4684-08, método de ensayo estándar para determinar el esfuerzo de corte y la viscosidad aparente de aceites para motor a bajas temperaturas.

Cuando un aceite es enfriado, la velocidad y duración del enfriamiento afectan el esfuerzo de corte y la viscosidad. En este ensayo, el aceite se enfría lentamente en un rango de temperatura en el cual ocurre cristalización de ceras. Esto simula que si el aceite no tiene una apropiada viscosidad, no podrá ser succionado por la bomba, de ahí que no pueda llegar a los componentes del motor que deben ser lubricados. Se cree que esta falla ocurre por la formación de una estructura tipo gel que da como resultado un elevado esfuerzo de corte, una alta viscosidad, o ambos.

Mínimo de viscosidad a altas temperaturas.

La propiedad del lubricante para garantizar, a altas temperaturas, una película fluida entre las partes en movimiento, con un requisito mínimo de viscosidad cinemática a 100°C (ASTM D-445-11).

Requerimientos de los Grados de Viscosidad de Verano

Mínimo de viscosidad a altas temperaturas.

La propiedad del lubricante para garantizar, a altas temperaturas, una película fluida entre las partes en movimiento, con un intervalo de viscosidad cinemática a 100°C para cada grado en particular, (ASTM D445-06) método de ensayo estándar para determinar la viscosidad cinemática de fluidos opacos y transparentes. La capacidad del lubricante para proporcionar una película fluida entre las superficies en movimiento a las temperaturas de operación de los motores, sin incurrir en el detrimento del comportamiento por el uso de productos con excesiva viscosidad.

Viscosidad en alta temperatura/alto esfuerzo cortante.

La cualidad del lubricante para generar un adecuado espesor de película a alta temperatura y altos esfuerzos de corte (ASTM D-4683-10 y D-4741-06), método de ensayo estándar para determinar la viscosidad a alta tasa de corte y alta temperatura por el simulador de cojinete cónico y método de ensayo para determinar la viscosidad a alta tasa de corte y alta temperatura por medio del viscosímetro de tapón-cónico. El primero se correlaciona con las condiciones que se encuentran en los cojinetes de bancada de un motor de combustión interna operando en condiciones severas. El segundo representa las condiciones de alta temperatura y alto corte que se presentan en un motor de combustión interna, sin tener en cuenta las presiones. En la Tabla 1 se presentan dos valores para el SAE 40. Uno para los grados que pueden utilizar la marca que los identifica como aceites para economía de combustible o servicio liviano (gasolina) y el otro para servicio pesado (diesel).

Aceites Monogrados y Multigrados

Cuando un lubricante es formulado para cumplir con sólo uno de los requisitos de la tabla, es decir, baja temperatura (W, invierno) o alta temperatura (verano), se dice que este aceite es un “monogrado” (por ejemplo: SAE 30). Por otro lado, cuando un aceite cumple con un grado de invierno y uno de verano, se dice que es “multigrado” (por ejemplo: SAE10W-30); es decir, este aceite se comporta como un SAE 10W a bajas temperaturas y como un SAE 30 en altas temperaturas.

Para lograr este comportamiento, los aceites multigrados suelen ser formulados con aditivos que le permiten fluir a bajas temperaturas evitando la formación de geles o ceras, denominados depresores de punto de fluidez (PPD, en inglés), y aditivos que le mejoran el índice de viscosidad (IV, relación del cambio de viscosidad por efecto de la temperatura) para poder mantener la viscosidad a altas temperaturas, llamados mejoradores del índice de viscosidad (VII, en inglés).

En algunos países tropicales existe la creencia de que por no existir cambios de temperatura extremos, solamente se deben usar aceites monogrados y no multigrados. Esto podría aplicar para aquellos motores estacionarios que generalmente operan a velocidades y cargas constantes, siendo los más usados los SAE 30 y 40. En aplicaciones marinas, para motores de grandes cilindradas, se pueden encontrar algunos fabricantes de equipos que recomiendan SAE 60 para la lubricación de los cilindros de dichos motores.

En la actualidad, la mayoría, si no todos, los fabricantes de motores a gasolina y diesel recomiendan el uso de aceites multigrados por las ventajas que presentan en cuanto a economía de combustible y consumo de aceite, entre otros.

El sistema de certificación y licenciamiento establecido por el API (Instituto Americano del Petróleo) para aceites de motor, establece que los únicos grados de viscosidad que pueden proporcionar economía de combustible y colocar esa leyenda en sus envases, son los que cumplen con los grados SAE 0W-XX, 5W-XX Y 10W-XX. Entendiendo que XX puede ser SAE 20 y, 30. Los demás grados como serían 15W-XX, 20W-XX y 25W-XX, no pueden colocar en sus envases el sello del API como lubricantes que satisfacen los requisitos de economía de combustible.

Con este artículo queremos ayudarle a entender de una forma sencilla cómo se relacionan con la vida real las diferentes mediciones de viscosidad y ayudarlos a la hora de seleccionar el producto más idóneo de acuerdo a sus condiciones ambientales.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/evitando-las-fallas-por-viscosidad-insuficiente/>



Cálculo del factor de velocidad

Durante mis visitas frecuentes a la planta, a menudo me preguntan sobre la temperatura a la que deben operar los rodamientos. Inevitablemente, los rodamientos que parecen estar funcionando más calientes son los que giran más rápido. Por ejemplo, en un viaje reciente, inspeccioné un ventilador que sobresalía. Este ventilador fue accionado por correa en una relación 1 a 1 de un gran motor eléctrico. La velocidad del motor se estableció en 1.750 revoluciones por minuto (rpm). Como no hubo reducción ni aumento en el tamaño de la polea, es seguro asumir que la velocidad de los rodamientos fue bastante similar. Estos rodamientos se engrasaron con un producto que era demasiado viscoso para ellos, lo que generó un exceso de calor y acortó la vida útil del rodamiento. Al hacer coincidir las propiedades de la grasa con las necesidades del rodamiento, puede ayudar a prolongar la vida útil del rodamiento.

Si bien este ejemplo pinta una imagen de un tipo de máquina en la mayoría de las plantas (ventiladores), también es común encontrar aplicaciones de alta velocidad en otros componentes. Por ejemplo, algunas bombas que están directamente acopladas a un motor y tienen cojinetes lubricados con grasa pueden girar a más de 2,000 rpm.



Lo mismo es cierto para ciertos mezcladores, agitadores y sopladores. Estos componentes pueden sufrir

si simplemente se aplica una grasa multipropósito sin tener en cuenta las necesidades del rodamiento. Para comprender lo que requiere el rodamiento en términos de lubricación, primero debe aprender a determinar el factor de velocidad de un rodamiento.

El factor de velocidad es un término que ayuda a definir la relación de la velocidad a la que un rodamiento gira con el tamaño del rodamiento. Hay dos formas principales de calcular este factor. El primero se conoce como el valor DN, que utiliza el diámetro interno del rodamiento multiplicado por la velocidad a la que gira. El segundo método se conoce como el valor NDm. Utiliza el tamaño medio del rodamiento, también conocido como diámetro de paso, y la velocidad de rotación para calcular el factor de velocidad.

El factor de velocidad puede ayudarlo a determinar una variedad de propiedades lubricantes, que luego puede utilizar para seleccionar el lubricante adecuado. Entre estas propiedades estarían la viscosidad del aceite y el grado de grasa del Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI) para la aplicación. Tabla 1

Tipo de grasa	Viscosidad del aceite base cSt (40°C)	Factor de velocidad (Ndm)
Baja velocidad, alta carga, grasa industrial	1000-1500	50,000
Velocidad media, carga media, grasa industrial para rodamientos	400-500	200,000
EP, NLGI#2, grasa multipropósito	100-220	100,000-200,000
Alta velocidad, alta temperatura, grasa de larga duración	<70	600,000
Alta velocidad, grasa de larga duración	15-32	>1,000,000

Tabla 1. Factor de velocidad y la viscosidad del aceite base

Viscosidad

La propiedad física más importante de un lubricante es la viscosidad. La viscosidad es lo que determina qué tan gruesa o delgada será la película lubricante en función de la carga, la velocidad y las superficies en contacto. Esto debe coincidir con las necesidades del rodamiento. La mayoría de las grasas de uso general tienen una viscosidad del aceite base de alrededor de 220 centistokes. Si bien este tipo de grasa puede funcionar bien para velocidades y cargas moderadas, cuando la velocidad del rodamiento aumenta, la viscosidad debe reducirse en consecuencia.

Temperatura de operación	DN (factor de velocidad)	#NLGI *
-34 a 37 °C	0-75,000	1
	75,000-150,000	2
	150,000-300,000	3
-17 a 65.5 °C	0-75,000	2
	75,000-150,000	2
	150,000-300,000	3
37.7 a 135 °C	0-75,000	2
	75,000-150,000	3
	150,000-300,000	3

*Depende de otros factores también, incluyendo el tipo de rodamiento, tipo de espesante, viscosidad y tipo del aceite base.

Tabla 2 Consistencia relacionando factor de velocidad y temperatura de operación

Hay muchas formas de calcular la viscosidad. Al utilizar el factor de velocidad mencionado anteriormente, puede usar tablas estandarizadas para identificar una viscosidad apropiada para el rodamiento a la temperatura de funcionamiento. En el ejemplo anterior del rodamiento del ventilador, el valor NDM del rodamiento fue de 293.125, lo que condujo a una viscosidad del aceite base de aproximadamente 7 centistokes. El rodamiento estaba operando a unos 150 grados F.

Con un índice de viscosidad estándar de 95, esto equivale a una viscosidad de aceite base ISO 22-32. Si tuviera que usar una grasa multipropósito estándar, este rodamiento recibiría aproximadamente 10 veces la viscosidad necesaria. Aunque cierto exceso de viscosidad no es necesariamente algo malo, este nivel sería un poco extremo.

La viscosidad excesiva puede provocar un exceso de generación de calor y un mayor consumo de energía. Ambos son perjudiciales para la salud del rodamiento y el lubricante. Cuanto más caliente esté el rodamiento, menor será la viscosidad de la grasa. Ver Tabla 2.

Otros artículos de interés

<http://noria.mx/lublearn/seleccion-del-lubricante-correcto-para-rodamientos/>



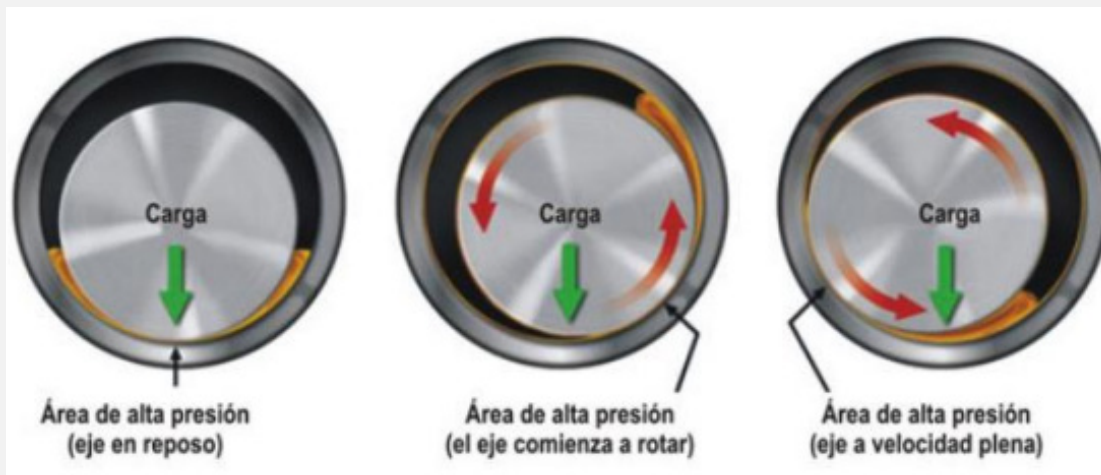
Determinación del flujo de aceite requerido por los cojinetes

Mientras viajo e imparto cursos de fundamentos de lubricación en diversas instalaciones por todo el país, los participantes me recuerdan constantemente los errores que proliferan en nuestra industria. Recientemente, me hicieron esta pregunta, “¿Cómo se determina el flujo de aceite requerido por los cojinetes en sistemas de lubricación por circulación, si conoce la velocidad del eje, el claro dinámico, el tipo de aceite y la temperatura?”

Como muchas cosas en la lubricación, la respuesta no es tan simple como puede parecer. Deben explicarse antes varios conceptos, incluyendo algunos de los procesos de diseño involucrados en la determinación de las dimensiones correctas del eje y cojinete, además de los materiales y requerimientos de lubricación.

Se utilizan diferentes nombres para este tipo de cojinetes, como son, cojinetes lisos, cojinetes de deslizamiento y cojinetes planos, sólo para nombrar unos pocos. La función básica de un cojinete generalmente es soportar un eje. Por lo general se elige este tipo de cojinete para aplicaciones que no están sujetas a cambios en la carga o en la velocidad del eje.

Hay tres componentes principales de este tipo de sistemas: la parte fija o el cojinete, la parte móvil o el extremo del eje (journal), y el lubricante. Los componentes metálicos del sistema pueden estar elaborados de diversos materiales. El cojinete normalmente está hecho de un metal más blando que el del eje para evitar el desgaste de este último.



Típicamente, el lubricante se introduce al cojinete por el centro y pasa hacia los extremos, por donde sale. El lubricante realiza varias funciones, entre ellas proporcionar el control de la fricción, del desgaste, de la corrosión, de la temperatura y de la contaminación, así como fungir como transmisor de potencia.

En la lubricación de cojinetes, aplican tres regímenes básicos de lubricación: película hidrodinámica (gruesa o cuña de aceite), película mixta y película límite. Es importante tener en cuenta que, independientemente de lo bien que se machine una superficie metálica, aún así, existen imperfecciones. Estos pequeños picos y valles son conocidos como asperezas. Los tres regímenes de lubricación se refieren esencialmente a la cantidad de contacto entre estas asperezas.

La gran mayoría de los cojinetes están diseñados para operar en el régimen hidrodinámico (película gruesa o cuña de aceite). Sin embargo, estos cojinetes pasan una parte de su vida operativa en los otros dos regímenes, por lo que es necesario explicar en qué consisten.

En su artículo “Boundary Lubrication, an Appraisal of World Literature”, WE Campbell define la lubricación límite como: “...la lubricación por un líquido en condiciones en que las superficies sólidas están tan juntas que es posible que se presente un contacto considerable entre las asperezas de dichas superficies”.

En resumen, la lubricación límite es el régimen en el que se produce contacto metal-metal y se genera la mayor cantidad de desgaste. La gran mayoría de la carga la están soportando estas asperezas con muy poco, si es que hay algo, soporte por parte del lubricante. Normalmente esto se presenta al poner en marcha la máquina (durante el arranque).

En la lubricación a película mixta, existe un poco de contacto entre las asperezas, pero el lubricante también está soportando parte de la carga. Esta transición se da entre el arranque y el momento en que se alcanza la velocidad normal de operación. En el libro de Harry C. Rippel, “The Cast Bronze Bearing Design Manual”, se describe la lubricación a película mixta como: “...parte de la carga total en el cojinete está siendo soportada por pozos o charcos individuales de lubricante auto-presurizado y la parte restante por la muy delgada película contaminante asociada con la lubricación límite”.

Una vez que se alcanza la velocidad normal de operación, se logra la lubricación a película gruesa o lubricación hidrodinámica. En este régimen, las dos superficies metálicas están separadas por una película de lubricante a un grado tal que las asperezas ya no entran en contacto. Tiene perfecto sentido que si se mantiene la separación completa de las superficies metálicas con un lubricante de por medio, no se producirá desgaste mecánico. De hecho, se afirma que mientras exista esta condición, estos cojinetes pueden funcionar indefinidamente sin desgaste.

Este proceso puede compararse con el esquí acuático. Mientras la lancha está en reposo, el esquiador está en el agua, que es equivalente a una condición de película límite, en la que el lubricante no proporciona ningún soporte al eje. A medida que la velocidad aumenta, el esquiador se levanta fuera del agua. Esto es similar al régimen de película mixta, ya que el agua está proporcionando soporte al esquiador. Una vez que la lancha está a velocidad plena, el esquiador está totalmente fuera del agua y se desliza sobre la superficie (película gruesa o lubricación hidrodinámica).

En la película de lubricante se genera presión sobre el fluido, que es capaz de soportar la carga debido a su viscosidad. Los aceites lubricantes tienen un significativo coeficiente de presión-viscosidad. Esto significa que cuanto mayor es la presión en el lubricante, mayor es la viscosidad en el punto de presión. En el caso de los rodamientos, esta presión es lo suficientemente alta para elevar la viscosidad del lubricante hasta el punto en que se deformarán los elementos rodantes del rodamiento. Este coeficiente de presión-viscosidad es lo que proporciona la capacidad de carga de un rodamiento.

Una vez que comprendemos mejor las películas lubricantes, vamos a ver las dos ecuaciones para determinar la alimentación de aceite lubricante para asegurar que exista una cantidad suficiente para soportar la carga en el cojinete. La ecuación que se utiliza para calcular el caudal apropiado de aceite circulante dependerá de si está trabajando en galones por minuto o en gotas por minuto. Las ecuaciones se pueden ver en el siguiente cuadro.

Galones por minuto (GPM)

$$Q = 29.3 \times 10^{-3} [L + 0.0043(W/D)] m D^2 N$$

Gotas por minuto

$$Q = 3.32 \times 10^{-3} [L + 0.0043(W/D)] m D^2 N$$

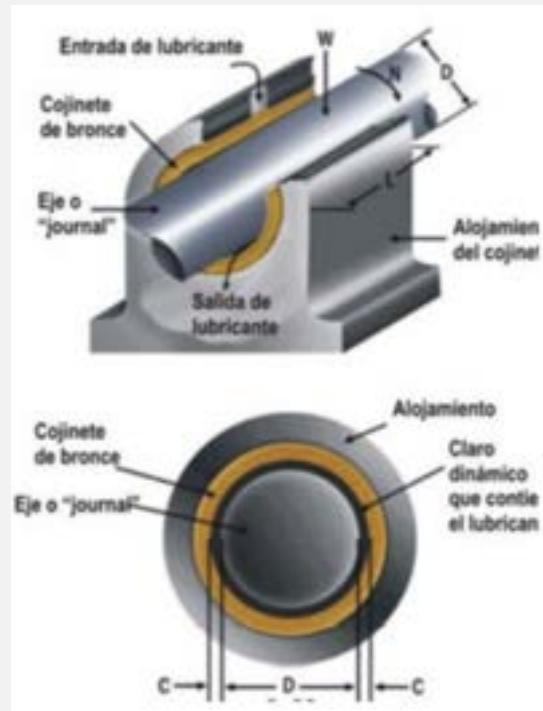
En donde:
 D = Diámetro del eje (pulgadas)
 L = Longitud del cojinete (pulgadas)
 m = factor de claro del cojinete
 N = Velocidad de rotación (rpm)
 W = Carga a soportar (en libras)

Si bien la mayoría de las variables en estas fórmulas son sencillas, el factor de claro del cojinete (m) puede ser un poco confuso para algunos. Se puede determinar calculándola holgura diametral (2C), que es igual al diámetro interior del cojinete menos el diámetro del eje. Obviamente, el claro será mucho más pequeño que el diámetro del eje (D), por lo que este valor se multiplica por 1000 para facilitar los cálculos. Por lo tanto, el factor de claro del cojinete es:

$$m = 1,000 * (2C/D)$$

Volviendo a la pregunta inicial acerca de cómo establecer el flujo de aceite requerido por un cojinete, en este caso, se conocía el claro. El diámetro y la longitud deben ser fáciles de obtener, ya sea tomando la medida o revisando la documentación de la máquina. La velocidad también se conoce, por lo que el único valor que se tiene que buscar es la carga (W). Esto simplemente es cuestión de determinar el peso del elemento giratorio dividido entre el número de cojinetes.

Una vez que se han identificado todos los valores y se ha seleccionado la ecuación apropiada para galones o gotas por minuto, sólo tiene que introducir los números en una calculadora.



Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/un-caso-de-estudio-falla-de-cojinetes-por-desgaste-tipo-lana-de-acero/>



¿Qué es un sistema hidráulico?

¿Qué es un sistema hidráulico?

Selección de lubricantes

Los sistemas hidráulicos se pueden encontrar hoy en una amplia variedad de aplicaciones, desde pequeños procesos de ensamblaje hasta aplicaciones integradas de fábricas de acero y papel. La hidráulica permite al operador realizar un trabajo significativo (levantar cargas pesadas, girar un eje, perforar orificios de precisión, etc.) con una inversión mínima en el enlace mecánico mediante la aplicación de la ley de Pascal, que establece: "La presión aplicada a un fluido confinado en cualquier punto se transmite sin disminuir a través del fluido en todas las direcciones y actúa sobre cada parte del recipiente de confinamiento en ángulo recto con sus superficies interiores e igualmente en áreas iguales (Figura 1)".



Al aplicar la ley de Pascal y la aplicación de Brahma, es evidente que una fuerza de entrada de 100 libras en 10 pulgadas cuadradas desarrollará una presión de 10 libras por pulgada cuadrada en todo el recipiente confinado. Esta presión soportará un peso de 1000 libras si el área del peso es de 100 pulgadas cuadradas.

El principio de la ley de Pascal se realiza en un sistema hidráulico mediante el fluido hidráulico que se utiliza para transmitir la energía de un punto a otro. Debido a que el fluido hidráulico es casi incompresible, puede transmitir potencia instantáneamente.

Componentes del sistema hidráulico

Los componentes principales que conforman un sistema hidráulico son el depósito, la bomba, las válvulas y los actuadores (motor, cilindro, etc.).

Depósito

El propósito del depósito hidráulico es retener un volumen de fluido, transferir calor del sistema, permitir que se depositen contaminantes sólidos y facilitar la liberación de aire y humedad del fluido.

Bomba

La bomba hidráulica transmite energía mecánica a energía hidráulica. Esto se hace por el movimiento del fluido que es el medio de transmisión. Existen varios tipos de bombas hidráulicas que incluyen engranajes, paletas y pistones. Todas estas bombas tienen diferentes subtipos destinados a aplicaciones específicas, como una bomba de pistón de eje doblado o una bomba de paletas de desplazamiento variable. Todas las bombas hidráulicas funcionan según el mismo principio, que es desplazar el volumen de fluido contra una carga o presión resistente.

Válvulas

Las válvulas hidráulicas se utilizan en un sistema para iniciar, detener y dirigir el flujo de fluido. Las válvulas hidráulicas están compuestas por poppets o bobinas y se pueden accionar por medios neumáticos, hidráulicos, eléctricos, manuales o mecánicos.

Actuadores

Los actuadores hidráulicos son el resultado final de la ley de Pascal. Aquí es donde la energía hidráulica se convierte nuevamente en energía mecánica. Esto se puede hacer mediante el uso de un cilindro hidráulico que convierte la energía hidráulica en movimiento lineal y trabajo, o un motor hidráulico que convierte la energía hidráulica en movimiento rotativo y trabajo. Al igual que con las bombas hidráulicas, los cilindros hidráulicos y los motores hidráulicos tienen varios subtipos diferentes, cada uno destinado a aplicaciones de diseño específicas.

Componentes hidráulicos clave lubricados

Hay varios componentes en un sistema hidráulico que, debido al costo de reparación o la importancia de la misión, se consideran componentes vitales. Las bombas y las válvulas se consideran componentes clave. Varias configuraciones diferentes para bombas debentratarse individualmente desde una perspectiva de lubricación, incluyendo:

Bombas de paletas

Hay muchas variaciones de bombas de paletas disponibles entre los fabricantes. Todos trabajan en principios de diseño similares. Un rotor ranurado está acoplado al eje de transmisión y gira dentro de un anillo de levas que está desplazado o excéntrico al eje de transmisión.

Las paletas se insertan en las ranuras del rotor y siguen la superficie interna del anillo de la leva a medida que el rotor gira.

Las paletas y la superficie interna de los anillos de leva están siempre en contacto y están sujetas a grandes cantidades de desgaste. A medida que se desgastan las dos superficies, las paletas salen más de su ranura. Las bombas de paletas ofrecen un flujo constante a un alto costo. Las bombas de paletas funcionan a un rango de viscosidad normal entre 14 y 160 cSt a temperatura de funcionamiento. Las bombas de paletas pueden no ser adecuadas en sistemas hidráulicos críticos de alta presión donde la contaminación y la calidad del fluido son difíciles de controlar. El rendimiento del aditivo antidesgaste del fluido es generalmente muy importante con las bombas de paletas.

Bombas de pistón

Al igual que con todas las bombas hidráulicas, las bombas de pistón están disponibles en diseños de desplazamiento fijo y variable. Las bombas de pistón son generalmente el tipo de bomba más versátil y resistente y ofrecen una gama de opciones para cualquier tipo de sistema. Las bombas de pistón pueden funcionar a presiones superiores a 6000 psi, son altamente eficientes y producen relativamente poco ruido. Muchos diseños de bombas de pistón también tienden a resistir el desgaste mejor que otros tipos de bombas. Las bombas de pistón funcionan con un rango de viscosidad de fluido normal de 10 a 160 cSt.

Bombas de engranaje

Hay dos tipos comunes de bombas de engranajes, internos y externos. Cada tipo tiene una variedad de subtipos, pero todos desarrollan flujo al transportar fluido entre los dientes de un conjunto de engranaje de malla. Si bien generalmente son menos eficientes que las bombas de paletas y pistones, las bombas de engranajes suelen ser más tolerantes a la contaminación por fluidos.

1. Las bombas de engranajes internos producen presiones de hasta 3000 a 3500 psi. Estos tipos de bombas ofrecen un amplio rango de viscosidad de hasta 2200 cSt, dependiendo del caudal y generalmente son silenciosos. Las bombas de engranajes internos también tienen una alta eficiencia incluso a baja viscosidad del fluido.
2. Las bombas de engranajes externos son comunes y pueden manejar presiones de hasta 3000 a 3500 psi. Estas bombas de engranajes ofrecen una entrega de colocación fija, económica, de presión media, volumen medio a un sistema. Los rangos de viscosidad para este tipo de bombas están limitados a menos de 300 cSt.

Fluidos hidráulicos

Los aceites hidráulicos actuales tienen múltiples propósitos. La función principal de un fluido hidráulico es proporcionar transmisión de energía a través del sistema que permita realizar el trabajo y el movimiento. Los fluidos hidráulicos también son responsables de la lubricación, la transferencia de calor y el control de la contaminación. Al seleccionar un lubricante, tenga en cuenta la viscosidad, la compatibilidad del sello, el material base y el paquete de aditivos. Tres variedades comunes de fluidos hidráulicos que se encuentran actualmente en el mercado son el petróleo, el agua y los sintéticos.

1. Los lubricantes base mineral son los más utilizados en la actualidad. Las propiedades de un aceite mineral depende de los aditivos utilizados, la calidad del crudo original y el proceso de refinación. Los aditivos en un aceite de base mineral ofrecen una gama de características de rendimiento específicas.

Los aditivos comunes para aceites hidráulicos incluyen inhibidores de oxidación y oxidación (R&O), agentes anticorrosivos, demulsificantes, agentes antidesgaste (AW) y de presión extrema (EP), mejoradores de VI y antiespumantes. Los aceites minerales ofrecen una selección de bajo costo, alta calidad y fácilmente disponible.

2. Los aceites a base de agua se usan para la resistencia al fuego debido a su alto contenido de agua. Están disponibles como emulsiones de aceite en agua, emulsiones de agua en aceite (invertidas) y mezclas de glicol de agua. Los aceites a base de agua pueden proporcionar características de lubricación adecuadas, pero deben controlarse de cerca para evitar problemas. Debido a que los aceites a base de agua se usan en aplicaciones cuando se necesita resistencia al fuego, estos sistemas y la atmósfera alrededor de los sistemas pueden estar calientes.

Las temperaturas elevadas hacen que el agua en los fluidos se evapore, lo que hace que la viscosidad aumente. Ocasionalmente, se deberá agregar agua destilada al sistema para corregir el equilibrio del aceite. Siempre que se utilicen estos aceites, se debe verificar la compatibilidad de varios componentes del sistema, incluidas bombas, filtros, tuberías, accesorios y materiales de sellado.

Los aceites a base de agua pueden ser más caros que los aceites minerales convencionales y tienen otras desventajas (por ejemplo, menor resistencia al desgaste) que deben sopesarse frente a la ventaja de la resistencia al fuego.

3. Los aceites sintéticos son lubricantes artificiales y muchos ofrecen excelentes características de lubricación en sistemas de alta presión y alta temperatura. Algunas de las ventajas de los aceites sintéticos pueden incluir resistencia al fuego (ésteres de fosfato), menor fricción, detergencia natural (ésteres orgánicos y fluidos de hidrocarburos sintetizados mejorados con éster) y estabilidad térmica.

La desventaja de este tipo de aceites es que generalmente son más caros que los fluidos convencionales, pueden ser ligeramente tóxicos y requieren un desecho especial, y a menudo no son compatibles con los materiales de sellado estándar.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/limites-de-saturacion-de-humedad-de-lubricantes-y-fluidos-hidraulicos/>



**¿Cómo sabe si está utilizando el
aceite hidráulico correcto?**

Para la mayoría de las máquinas lubricadas, existen muchas opciones en lo referente a la selección del lubricante. Sólo porque una máquina opere con un producto en particular no significa que éste sea óptimo para la aplicación. La mayoría de los errores de especificación no provocan una súbita falla catastrófica; sino que acortan la vida promedio de los componentes lubricados, y por lo tanto, pasan desapercibidas. Con los hidráulicos, hay dos consideraciones principales: el grado de viscosidad y el tipo de aceite hidráulico (AW o R&O). Estas especificaciones se determinan típicamente por el tipo de bomba hidráulica empleada en el sistema, la temperatura de operación y la presión de operación del sistema. Seleccionar el mejor producto para su sistema requiere que recopile y utilice la información disponible.

Fluido hidráulico

El fluido hidráulico tiene muchos roles para lograr una operación suave en un sistema bien diseñado y balanceado. Esos roles fluctúan desde ser un medio de transferencia de calor, medio de transmisión de potencia y medio de lubricación. La estructura química de un fluido hidráulico puede tomar muchas formas cuando lo seleccionamos para aplicaciones específicas. Puede variar desde un fluido totalmente sintético (para manejar temperaturas drásticas y fluctuaciones de presión) a fluidos base agua (empleados en donde existe riesgo de fuego).

Un fluido sintético es una cadena de moléculas diseñada por el hombre, distribuidas con precisión, para proporcionar excelente estabilidad del fluido, lubricidad y otras características para mejorar el desempeño. Esos fluidos son excelentes opciones en donde están presentes altas o bajas temperaturas y/o se requieren altas presiones. Estos fluidos tienen algunas desventajas, entre las que están el alto costo, toxicidad y potencial incompatibilidad con ciertos materiales de sellos.

Un fluido base mineral es más común, y se hace refinando el petróleo crudo hasta cierto nivel para alcanzar el desempeño deseado con la inclusión de aditivos, que pueden ser desde antidesgaste (AW), inhibidores de herrumbre y oxidación (RO) y mejoradores de índice de viscosidad (IV). Esos fluidos ofrecen alternativas de menor costo respecto a los sintéticos y su desempeño puede ser comparable cuando se incluye cierto paquete de aditivos.

Los fluidos base agua son los menos comunes. Típicamente se necesitan en donde existe alta probabilidad de fuego. Son más caros que los de base mineral pero menos que los sintéticos. Aunque ofrecen buena protección contra el fuego, carecen de propiedades de protección contra el desgaste.

Las Bombas y sus Requerimientos de Viscosidad

En los sistemas hidráulicos se emplean tres tipos de diseños de bombas: paletas, pistones y engranes (internos y externos), cada uno de ellos diseñado para cierto desempeño y operación. La selección del lubricante debe hacerse en base a un análisis caso por caso.

Paletas:

El diseño de la bomba es exactamente lo que su nombre describe. Dentro de la bomba existen rotores con ranuras montados sobre un eje que está girando excéntricamente dentro de la cámara de la bomba. Conforme el rotor y las paletas giran dentro de la cámara, las paletas se desgastan debido al contacto interno entre las dos superficies. Por esta razón, esas bombas son más costosas de mantener, pero son muy buenas para mantener el flujo continuo. Las bombas de paletas típicamente requieren un rango de viscosidad entre 14 y 160 centistokes (cSt) a temperaturas de operación.

Pistones:

Las bombas de pistones son la opción intermedia entre las bombas hidráulicas y son más durables en diseño y operación que una bomba de paletas; pueden producir presiones mucho mayores, hasta de 6,000 psi. La viscosidad típica fluctúa entre 15 a 160 cSt a temperatura de operación.

Engranes:

Las bombas de engranes típicamente son las más eficientes de los tres tipos de bombas, pero son más tolerantes con grandes cantidades de contaminación. Las bombas de engranes operan presurizando el fluido entre el volumen de aire atrapado en los dientes de un conjunto de engranes y la pared interna de la carcasa de la bomba, empujando así el fluido. Hay dos tipos principales en este tipo de bombas: engranes internos y externos.

- Las bombas de engranes internos ofrecen un amplio rango de viscosidad, el más alto puede ser hasta de 2,200 cSt. Estas bombas tienen buena eficiencia y operación silenciosa, y pueden producir presiones desde 3,000 hasta 3,500 psi.
- Las bombas de engranes externos son menos eficientes que su contraparte, pero tienen algunas ventajas. Son de fácil mantenimiento, flujo estable, y son más baratas y de menor costo de reparación. Como sucede con las bombas de engranes internos, esta variedad puede producir presiones de entre 3,000 a 3,500 psi, pero el rango de viscosidad está limitado a 300 cSt.

Las Bombas y sus Requerimientos de Viscosidad

La técnica de selección basada en la aplicación es la revisión del trabajo real de la bomba para asegurar que todo el tiempo invertido en la selección de la apropiada viscosidad, aditivos, etc., no se desperdició simplemente ignorando los requerimientos y condiciones de operación. El sólo hecho de obedecer las especificaciones del fabricante (OEM) no es suficiente para asegurar que se ha seleccionado el aceite hidráulico correcto; ese es típico para los escenarios ideales. Ignorar los chequeos de la realidad con frecuencia llevará a fallas en la operación. Puede que no se presenten tan rápido como se hizo la selección de viscosidad incorrecta, pero en algún momento se presentarán; por lo tanto, deben considerarse seriamente los factores de aplicación y operación.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/como-definir-el-rango-optimo-de-viscosidad-en-operacion-para-un-sistema-hidraulico/>



Cuando usar fluidos resistentes al fuego

Los lubricantes para maquinaria industrial tienen muchas funciones diferentes, incluida la protección contra la corrosión y el desgaste, la transferencia de los contaminantes a los filtros o la disipación del calor de las zonas calientes. La mayoría de los lubricantes tienen condiciones específicas donde pueden volverse inflamables, como cuando se producen llamas, chispas o se presentan condiciones de superficies calientes.

Esto se deriva principalmente de las propiedades de la base lubricante. Por esta razón, deben entenderse y controlarse estas propiedades lubricantes específicas y las condiciones ambientales. Más importante aún, el lubricante debe seleccionarse adecuadamente con las propiedades necesarias para mitigar los riesgos potenciales. Aquí es donde entran en juego los lubricantes llamados “fluidos resistentes al fuego”.

Ambientes que requieren fluidos resistentes al fuego

El fuego siempre debe tenerse en cuenta cuando el equipo funciona con un componente lubricado. Sin embargo, el riesgo de incendio puede ser mayor cuando el lubricante en uso tiene un punto de inflamación pobre y se encuentra cerca de fuentes de ignición o superficies calientes.

Cuando los lubricantes están presurizados, como en las líneas hidráulicas, existe el riesgo de pequeñas fugas y una fina pulverización de lubricante atomizado en el aire. Estas fugas pueden ser el resultado de una falla del componente en puntos como juntas, mangueras desgastadas y sellos, particularmente si los sistemas han sido sometidos recientemente a servicio o han estado operando por un largo período de tiempo.

Cuando se produce una fuga y se pulveriza el fluido, el sistema se vuelve más susceptible a los riesgos relacionados con el fuego. Si estos sistemas presurizados operan en un área donde hay llamas abiertas o cerca de equipos que funcionan a altas temperaturas, como en fábricas de acero, secadores u hornos rotatorios, existen las condiciones perfectas que podrían provocar un incendio catastrófico.

La combustibilidad inicial puede originarse en el fluido o en los vapores producidos por el fluido. En estos entornos de alto riesgo, los fluidos lubricantes están diseñados y especificados para cumplir con los estándares de resistencia al fuego.

Algunos ejemplos de industrias y equipos donde se recomiendan estos fluidos resistentes al fuego son: fundición a presión (prensas, hornos de equipos móviles y máquinas de troquelado); fundiciones (controles de hornos, máquinas de moldeo y extracción de núcleos); trabajo de metales (controles de hornos, laminadores, máquinas de soldar y equipos hidráulicos); operaciones de forja/extrusión (prensas y equipos móviles); minería (correas transportadoras, equipos móviles y equipos de minería continua); y centrales eléctricas (sistemas de control electrohidráulico y turbinas de vapor/gas).

Tipos de fluidos hidráulicos

Los tipos de fluidos hidráulicos se clasifican y definen dentro de la norma ISO 6743-4: 2015. Aquellos con propiedades resistentes al fuego, comúnmente llamados fluidos hidráulicos resistentes al fuego (FRHF, por sus siglas en inglés), están anidados dentro de este estándar y se dividen en seis categorías: HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR y HFDU. Estos fluidos hidráulicos resistentes al fuego, junto con las categorías HFDS y HFDT, se muestran en la Tabla 1.

SÍMBOLO ISO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
HH	Aceites minerales refinados por solventes sin aditivos (-10 °C a 90 °C)
HL	Aceites minerales refinados con aditivos antioxidantes e inhibidores de herrumbre y corrosión (-10 °C a 90 °C)
HM	Aceites tipo HL con propiedades antidesgaste (-20 °C a 90 °C)
HR	Aceites tipo HL con mejorador de índice de viscosidad (-35 °C a 120 °C)
HV	Aceites tipo HM con mejorador de índice de viscosidad (-35 °C a 120 °C)
HS	Fluidos sintéticos sin requisitos de resistentes al fuego
HG	Aceites tipo HM con propiedades antiatascamiento y antideslizamiento
HS	Fluidos sintéticos sin propiedades resistentes al fuego
HFAE	Fluido resistente al fuego de emulsión aceite en agua con un máximo de 20% en peso de materiales combustibles
HFAS	Fluido resistente al fuego de solución química en agua con un mínimo de 80% de agua
HFB	Fluido resistente al fuego de emulsión de agua en aceite
HFC	Fluido resistente al fuego de soluciones poliméricas en agua con un mínimo de 35% de agua en peso
HFDR	Fluido sintético resistente al fuego, base ésteres fosfatados
HFDS	Fluidos sintéticos resistentes al fuego que son clorinados y base hidrocarburos
HFDT	Fluidos sintéticos resistentes al fuego que son mezclas de HFDR y HFDS,
HFDU	Otros tipos de fluidos sintéticos resistentes al fuego

Tabla 1. Tipos de fluidos hidráulicos resistentes al fuego

Emulsiones de aceite en agua

Estas emulsiones están formuladas para sostener pequeñas gotas de aceite dispersas en agua conformadas por 95 por ciento de agua y 5 por ciento de aceite. Como la gran mayoría de la formulación contiene agua, existen diferencias significativas en comparación con un aceite hidráulico típico.

El contenido de agua puede ofrecer una excelente resistencia al fuego y capacidades de transferencia de calor, pero esto da como resultado propiedades de lubricación deficientes y pérdida de protección natural contra la corrosión.

Las emulsiones de aceite en agua tienden a depender de aditivos para proporcionar un nivel más apropiado de protección contra la corrosión. Debido a su baja viscosidad y capacidades limitadas de protección contra el desgaste, tienden a usarse solo en aplicaciones especiales que tienen requisitos de baja lubricidad.

Emulsiones de aceite en agua

Estas se llaman emulsiones inversas donde el aceite es mayoría. Pequeñas gotas de agua se dispersan en el aceite en proporción de 40% de agua y 60% de aceite. Esta formulación proporciona un paquete más equilibrado con buena resistencia al fuego y excelentes capacidades de transferencia de calor.

Aunque estas emulsiones tienen una mejor lubricación y protección contra la corrosión que las emulsiones de aceite en agua, todavía se necesitan aditivos para cumplir con los requisitos mínimos de lubricación para la mayoría de las aplicaciones.

Las emulsiones de agua en aceite tienen una apariencia lechosa y se fabrican comúnmente con viscosidades entre 100-120 centistokes y una gravedad específica de 0.92. Al igual que otros fluidos hidráulicos resistentes al fuego a base de agua, la resistencia al fuego se logra principalmente por el agua en la formulación.

Cuando se expone a altas temperaturas, el agua se convierte en vapor, lo que reduce la combustibilidad del aceite. Estas emulsiones también mantienen las gotas de agua en un tamaño suficientemente pequeño, por lo que la filtración sigue siendo una opción.

Soluciones de agua y glicol

A menudo llamadas soluciones agua-polímero, están formuladas con 60% y 40% de agua. Los lubricantes a base de glicol en estas soluciones ofrecen algunos beneficios, como un punto de congelación más bajo, mientras que el agua proporciona la resistencia al fuego y la capacidad de transferencia de calor.

También requieren aditivos para suministrar suficiente lubricidad y protección contra la corrosión y el desgaste. El glicol puede impartir una mayor detergencia natural e índice de viscosidad que la mayoría de las otras bases lubricantes. Sin embargo, existe el riesgo de incompatibilidad con otros fluidos, pinturas y recubrimientos, así como también una tendencia a adelgazamiento por cizallamiento cuando se usan mejoradores de índice de viscosidad.

Ésteres fosfatados

Las bases lubricantes sintéticas de éster fosfatado son algunas de las formulaciones lubricantes más resistentes al fuego. Tienen una resistencia al fuego inherente a las propiedades de su estructura molecular. Los ésteres fosfatados no son corrosivos, tienen una excelente estabilidad oxidativa y características antidesgaste, y proporcionan una operatividad de hasta 150 °C.

También tienen buena lubricidad, particularmente en condiciones límite, y a menudo se producen con viscosidades desde ISO VG 22 hasta ISO VG 100. Su gravedad específica es más alta que la del agua. Sin embargo, los ésteres fosfatados tienen un índice de viscosidad muy bajo (menos de 60) y son susceptibles a la hidrólisis. Se utilizan con frecuencia para máquinas de fundición de aluminio a presión, hornos de fusión y aplicaciones de acerías.

Otros fluidos hidráulicos resistentes al fuego de base sintética

Otros sintéticos, como los poliol éster y los poliéter glicol, tienen capacidades variables como fluidos hidráulicos resistentes al fuego. Para propósitos de resistencia al fuego, pueden no ser tan comunes como otros fluidos convencionales, aunque pueden ofrecer ventajas únicas, como un índice de viscosidad más alto y una excelente lubricidad.

Algunas opciones están formuladas con ésteres naturales para una mejor biodegradabilidad, propiedades de baja toxicidad y un punto de inflamación más alto que otros fluidos no acuosos resistentes al fuego. Los fluidos especiales como estos a menudo se entregan con un alto nivel de limpieza, lo cual es importante cuando se trata de cumplir con los objetivos de limpieza estándar para los sistemas hidráulicos controlados por servoválvulas.

Inflamabilidad

Factory Mutual (FM) proporciona aprobaciones y certificaciones para varios equipos de protección contra incendios. Los fluidos industriales se prueban utilizando el estándar FM 6930 para clasificar sus características de inflamabilidad.

Estas evaluaciones pueden aclarar las limitaciones de ciertos fluidos hidráulicos empleados en aplicaciones donde se requieren propiedades resistentes al fuego. El estándar FM 6930 aprueba lubricantes que cumplen con uno de los tres niveles de requisitos de clasificación, identificados como grupo 0, 1 o 2 (mostrados en la Tabla 2). Tenga en cuenta que este estándar se limita a la inflamabilidad y no incluye ninguna otra consideración del fluido o lubricante.

GRUPO	DESCRIPCIÓN	FLUIDOS TÍPICOS
0	No flamable; 4 KJ/g o menos calor neto de combustión completa; no requiere equipo secundario de supresión de fuego	Éster fosfatado
1	Usualmente incapaz de estabilizar una flama por pulverización; parámetros de inflamabilidad de pulverización (SFP) de 5×10^4 o menos; no requiere equipo secundario de supresión de fuego	Poliol éster, agua glicol
2	Menos flamables que los aceites minerales, pero estabilizan flama bajo ciertas condiciones; SFP mayor que 5×10^4 , pero menos de 10×10^4	Emulsiones aceite en agua

Tabla 2. Tres niveles de requisitos de inflamabilidad para lubricantes según el estándar FM 6930

Estas evaluaciones pueden aclarar las limitaciones de ciertos fluidos hidráulicos empleados en aplicaciones donde se requieren propiedades resistentes al fuego. El estándar FM 6930 aprueba lubricantes que cumplen con uno de los tres niveles de requisitos de clasificación, identificados como grupo 0, 1 o 2 (mostrados en la Tabla 2). Tenga en cuenta que este estándar se limita a la inflamabilidad y no incluye ninguna otra consideración del fluido o lubricante.

Estas características de inflamabilidad se prueban utilizando los siguientes criterios de desempeño: determinación de la velocidad de liberación de calor químico de una pulverización altamente atomizada del fluido, medición del flujo de calor crítico para la ignición del fluido y cálculo del parámetro de inflamabilidad de pulverización del fluido (SFP, por sus siglas en inglés). Los fluidos elaborados a base de emulsión también deben cumplir con los requisitos de la evaluación de resistencia a la separación.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/tip-para-utilizar-fluidos-resistentes-al-fuego/>



La forma correcta de lubricar engranajes corona-sinfín

De todos los diferentes tipos de configuraciones de engranajes, los sistemas de engranajes corona-sinfín están considerados entre los más problemáticos, ya que presentan retos de lubricación únicos debido a su diseño tan distinto. Para superar estos retos, se deben comprender no solo las complejidades de los engranajes corona-sinfín, sino también las propiedades que debe tener en cuenta al seleccionar su lubricante.

Diseños de engranajes sinfín

Un engranaje sinfín es un diseño de ejes no paralelos, que no se intersectan, que consiste principalmente en el engranaje de dos elementos: el sinfín, que es el engrane impulsor y tiene forma de espiral o tornillo, y la corona, que es el engrane impulsado y tiene la forma de un engrane recto común.

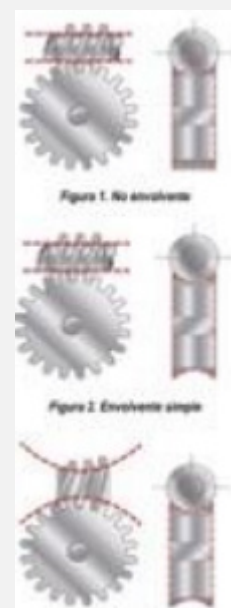
Técnicamente, para evitar confusiones, todo el sistema de engranaje corona-sinfín puede llamarse una unidad sinfín o un conjunto de engranajes sinfín. El sinfín siempre mueve a la corona. Esta característica de diseño se debe al ángulo helicoidal extremo, que es de casi 90 grados. La unidad corona-sinfín se asemeja al diseño de una configuración de engranaje helicoidal cruzado, excepto que los dientes del engranaje en el sinfín darán al menos una vuelta completa alrededor de la circunferencia de la corona. Como el sinfín puede tener tan solo un diente que gira radialmente en forma espiral, el número de dientes del sinfín se identifica más apropiadamente por el número de cuerdas (hilos).

Existen tres categorías de diseños de transmisiones sinfín que describen el grado en que los engranajes hacen contacto entre sí: no envolvente, de envolvente simple y de doble envolvente o globoidal.

El diseño más básico es el no envolvente, en el cual el sinfín y la corona tienen ambos forma cilíndrica. Esto permite una fabricación muy simple, pero la zona de contacto limitada a un solo punto en uno o dos dientes del engranaje puede ser problemática.

En los diseños de envolvente simple, uno de los elementos del engranaje (comúnmente la corona) tiene dientes helicoidales cóncavos para cubrir o envolver los dientes del sinfín. Esto permite que la zona de contacto aumente a una línea.

Los diseños de doble envolvente o globoidales no solo tienen dientes helicoidales cóncavos en la corona, sino que el sinfín también tiene forma como de reloj de arena, de modo que los dos elementos del engranaje se envuelven uno alrededor del otro durante el movimiento. Esto da como resultado casi ocho veces más área de contacto (en forma de una banda radial) con tres o más dientes en contacto.



A medida que aumenta el área de la superficie de contacto, se mejoran la capacidad de torque, la capacidad de soporte de carga (resistencia a cargas de choque) y la durabilidad. Los diseños de engranajes envolventes también tienen una menor tasa de desgaste anticipada como resultado de la distribución de la carga. Los fabricantes de engranajes sinfín intentan optimizar esta relación de contacto entre los dos elementos del engranaje para una mejor confiabilidad.

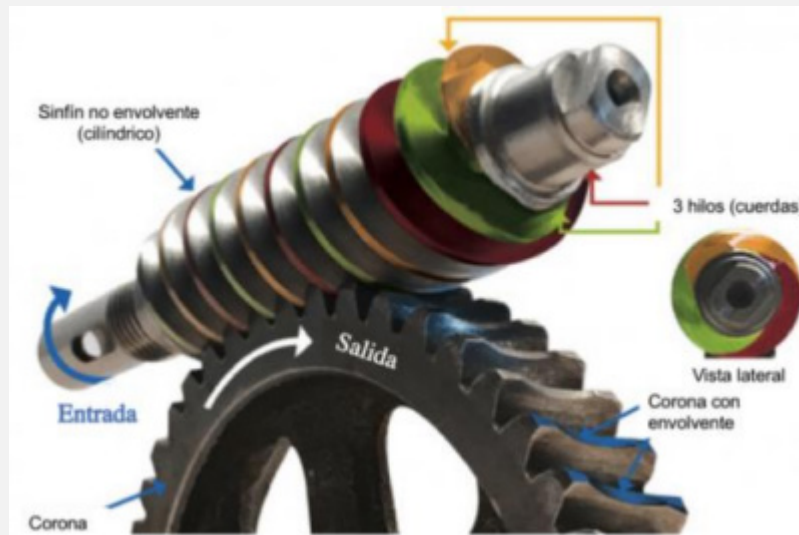


Figura 4. Diseño de engranaje sinfín de envolverte simple

Otras ventajas notables de las unidades corona-sinfín sobre otros sistemas alternativos de engranajes incluyen:

- Se puede diseñar una transmisión corona-sinfín con una relación de transmisión de más de 200 a 1, en comparación con un engranaje helicoidal, que puede estar limitado a 10 a 1 en una sola reducción. La relación de transmisión para las unidades sinfín es el número de dientes en la corona contra el número de roscas (hilos) en el sinfín.
- La alta relación de transmisión y la configuración de los dos elementos del engranaje permiten un diseño compacto, lo que hace que las unidades sinfín sean una gran opción para áreas de espacio limitado. Además, la cantidad de partes móviles se reduce junto con las oportunidades de falla. Sin embargo, esto puede ser parcialmente compensado por una pérdida en la eficiencia a cambio de un gran aumento en el torque.
- Con el movimiento preciso de las unidades sinfín, particularmente en diseños de doble envolvente, el juego entre los dientes del engranaje (backlash) se puede minimizar en gran medida. Esto es crucial en ciertas aplicaciones, como la robótica.

- Muchos engranajes corona-sinfín con relaciones más altas bajo condiciones específicas pueden exhibir una propiedad de autobloqueo (mientras que aquellos con relaciones de relaciones más bajas se sabe que invierten libremente la dirección de la potencia). En otras palabras, la corona no puede rotar fácilmente de forma independiente para forzar el movimiento del sinfín. Esta capacidad de autobloqueo estático solo puede ser posible cuando el ángulo de avance del sinfín es menor que el ángulo de fricción estática de los materiales acoplados. Sin embargo, aunque esto puede ser ventajoso, sigue siendo muy importante la necesidad de contar con un freno de contravuelta para evitar una rotación inversa inesperada, ya que aun existe la posibilidad de giro inverso bajo ciertas circunstancias, como cuando se enfrenta con suficiente vibración o cuando se pulen las superficies de los dientes del engranaje con el paso del tiempo.
- El bajo ruido y la vibración son resultado de la mínima cantidad de componentes móviles en las unidades sinfín, en comparación con otros diseños de engranajes.

Retos de lubricación

Las unidades corona-sinfín tienen un inconveniente importante: el movimiento relativo entre los dientes en la superficie en contacto de los dos elementos es casi completamente deslizante. Esto plantea un reto importante porque el lubricante es expulsado continuamente del área. Las pérdidas de fricción por deslizamiento dan como resultado temperaturas elevadas y un inadecuado desarrollo de presión hidrodinámica. En consecuencia, puede incrementar la generación de partículas de desgaste. En muchos casos, las altas temperaturas serán el factor limitante en la transmisión corona-sinfín antes de que se alcancen las limitantes de carga. La distribución de la carga en los engranajes de diseño envolvente puede ayudar a reducir este problema, pero el reto aún persiste.

Por otro lado, debido a la naturaleza deslizante de la transmisión sinfín, generalmente se usan metales con un bajo coeficiente de fricción. La corona normalmente contiene metales amarillos, mientras que el sinfín generalmente está hecho de acero. Esto da como resultado características de desgaste más favorables, una mejor capacidad de carga y una menor generación de calor que no se encuentra en otras combinaciones de metales. Los metales amarillos como el bronce, que se utilizan en la corona, pueden presentar retos únicos de lubricación al seleccionar un paquete de aditivos que sea compatible con estos. Con esta combinación metalúrgica, también se espera que la corona actúe como componente de sacrificio en lugar del sinfín, debido al esfuerzo y los costos relativos en la reparación de la transmisión corona-sinfín.

Soluciones de lubricación

Los diseños y materiales de los engranajes se han modernizado a través de los años para lograr una mejor capacidad de soporte de carga, mayores conversiones de torque y una vida más extensa.

Las sofisticadas plataformas de prueba y métodos computarizados han proporcionado una mejor comprensión de los modos de falla comunes de las transmisiones sinfín y ofrecen pistas para optimizar las soluciones. Los lubricantes no son la excepción. En términos generales, un lubricante para transmisión corona-sinfín de alta calidad tendrá baja fricción, alta resistencia a la oxidación, buena protección antidesgaste y alto índice de viscosidad.

El aceite base correcto

Si bien el uso de lubricantes formulados con aceite básico mineral es bastante común en las unidades corona-sinfín, emplear aceites básicos sintéticos generalmente da como resultado una mayor eficiencia del engranaje y menores temperaturas de operación. La figura 5 ilustra la vida útil del lubricante y las expectativas de intervalos de cambio de aceite para lubricantes a base de polialfaolefinas (PAO), polialquilen glicol (PAG) y aceites minerales en un rango de temperaturas de la caja de engranajes. La regla de la tasa de Arrhenius establece que por cada aumento de 10 °C (18 °F) en la temperatura promedio del aceite, se duplica la velocidad de las reacciones químicas (se recorta a la mitad la vida del lubricante).

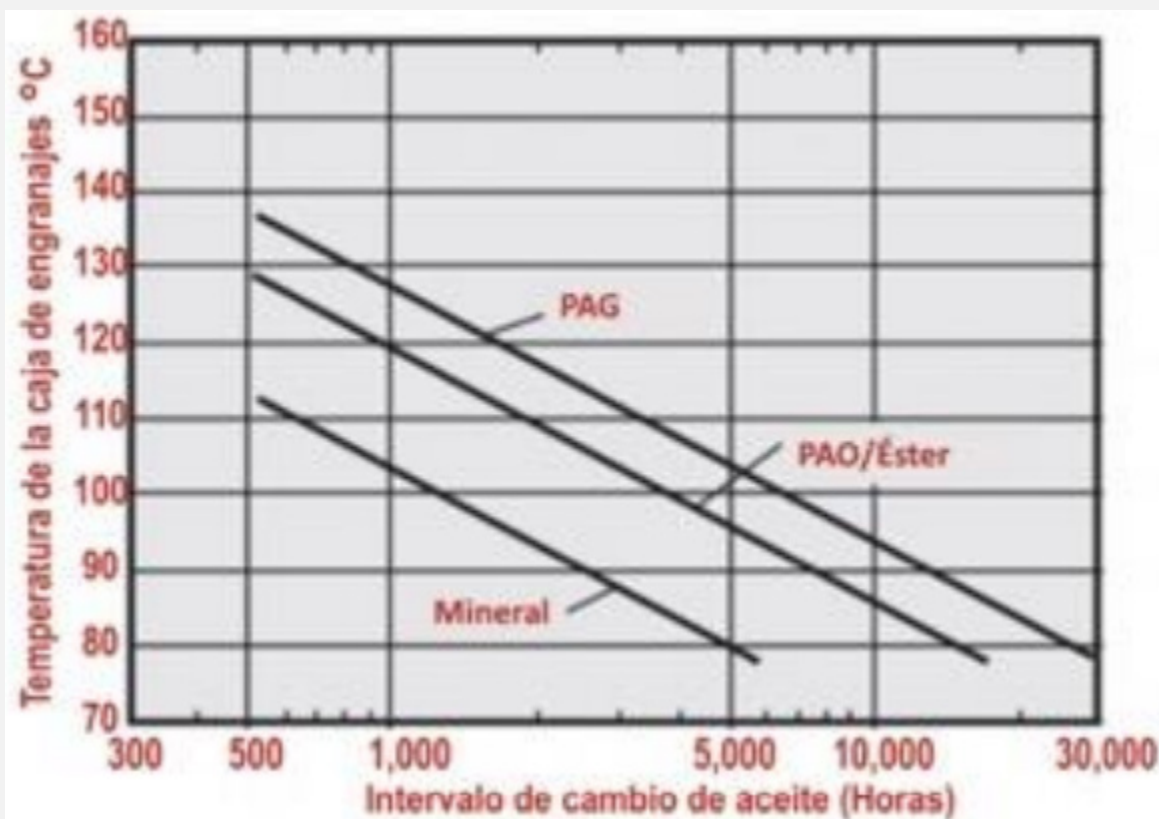


Figura 5. Comparación entre la vida del lubricante e intervalos de cambios de aceite mineral, PAO y PAG sobre un rango de temperaturas de la caja de engranajes

La eficiencia de transmisión de la energía que entra y que sale del sistema de engranajes puede verse afectada significativamente por el lubricante seleccionado. La figura 6 especifica la mejora en eficiencia al elegir un aceite sintético sobre un aceite mineral, particularmente con los PAG, que tienen un coeficiente de fricción inherentemente bajo.

También se sabe que los PAG reducen las temperaturas de funcionamiento y las pérdidas totales. En la figura 7 se pueden ver comparaciones adicionales entre aceites base mineral y PAG.

Tipos de efectos en transmisiones sinfín	Ventajas de un aceite sintético sobre un aceite mineral
Reducción de pérdidas totales	30% o más
Mejor eficiencia	15% o más
Reducción de la temperatura de operación	20 °C o más

Figura 6. Ventajas de un aceite sintético para engranajes sobre un aceite mineral.

Los PAGs tienen algunas desventajas, siendo la más notable su elevado costo. También son incompatibles con algunos materiales empleados en sellos, plásticos y recubrimientos de pintura; por lo tanto, siempre confirme la compatibilidad cuando cambie a PAGs.

Los aditivos correctos

Uno de los trabajos más importantes del aditivo para aceite de engranajes es formar una barrera protectora o de sacrificio entre las superficies en contacto cuando las condiciones exceden la resistencia de la película de aceite fluida. Se debe seleccionar con cuidado el paquete de aditivos para un lubricante de transmisiones corona-sinfín, ya que a menudo se encuentran metales amarillos en las coronas y pueden verse afectados por corrosión a causa del azufre activado dentro del aditivo extrema presión (EP), particularmente en presencia de calor. Sin embargo, los avances en la creación de aditivos con azufre desactivado han ayudado a reducir o eliminar estos ataques corrosivos.

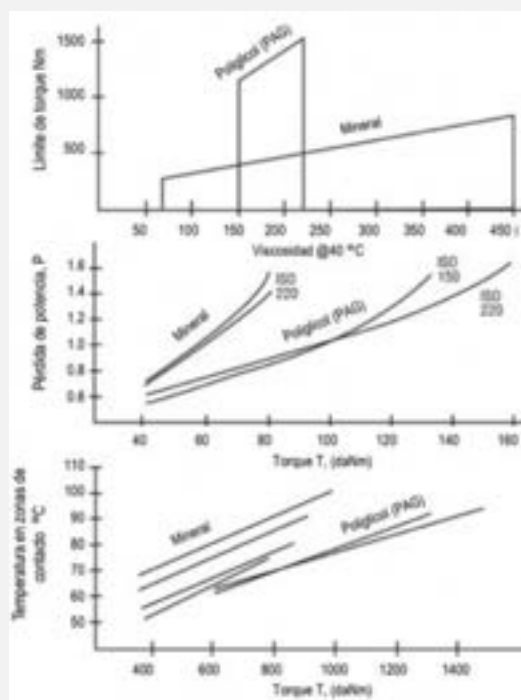


Figura 7. Polialquilen glicol vs. aceite mineral

Las transmisiones sinfín pueden enfrentar un reto único de lubricación a película límite, centrándose más en la reducción de la fricción que en los efectos del desgaste. En esas aplicaciones, puede utilizarse un tipo específico de lubricante base mineral conocido como aceite compuesto. Este lubricante está formulado con hasta 10% de ácidos grasos (aceite natural) o grasas animales no ácidas, junto con inhibidores de herrumbre y oxidación y otros aditivos. Esto da como resultado una mejor lubricidad, menor fricción y menor desgaste por deslizamiento.

Los aceites con aditivos EP aún se usan comúnmente en transmisiones corona-sinfín cuando están formulados para ser compatibles con metales amarillos. Sin embargo, tanto los aceites compuestos como los aceites para engranajes EP tienen una limitante de temperatura de trabajo de aproximadamente 80 °C antes de que las tasas de oxidación aumenten rápidamente, lo que genera productos ácidos que pueden atacar los materiales a base de cobre presentes en la corona.

La viscosidad correcta

Además de la temperatura ambiente y de operación, la viscosidad correcta dependerá de diversas variables de la corona, incluyendo la velocidad en la línea de paso, la distancia entre centros y las revoluciones por minuto. Las figuras 8 y 9 proporcionan recomendaciones para la selección del grado de viscosidad ISO en transmisiones sinfín cilíndricas y de doble envolvente, de acuerdo con el estándar de la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (AGMA, por sus siglas en inglés).

Velocidad en la línea de paso del engrane de salida	Grados de viscosidad ISO		
	Temperatura ambiente °C		
	-40 a -10	-10 a 10	10 a 55
Menos de 2.25 m/s	220	460	680
Más de 2.25 m/s	220	460	460

NOTA: El fabricante debe brindar orientación en transmisiones corona-sinfín que involucren temperaturas fuera de los límites que se muestran arriba o velocidades que superen las 2,400 rpm o una velocidad de deslizamiento de 10m/s. En general, para velocidades más altas, se requiere un sistema de lubricación forzada, además de ajustes en el grado de viscosidad recomendado.

Esta tabla aplica a lubricantes con un índice de viscosidad de 100 o menos. Para lubricantes con un índice de viscosidad mayor a 100, pueden aplicarse rangos de temperatura más amplios. Consulte al proveedor de lubricante.

Figura 8. Guía de selección de grado de viscosidad ISO para engranajes encerrados tipo corona-sinfín no envolvente (cilíndrico)

Distancia entre centros	Velocidad de salida del sinfín (RPM)	Grados de viscosidad ISO			
		Temperatura ambiente °C			
		-40 a -10	-10 a 10	10 a 35	35 a 55
Hasta 305 mm	<300	460	680	1,000	1,500
	300-700	320	460	680	1,000
	>700	220	320	460	680
Más de 305 hasta 610 mm	<300	460	680	1,000	1,500
	300-500	320	460	680	1,000
	>500	220	320	460	680
Más de 610 mm	<300	460	680	1,000	1,500
	300-600	320	460	680	1,000
	>600	220	320	460	680

NOTA: El fabricante debe brindar orientación en transmisiones corona-sinfín que involucren temperaturas fuera de los límites que se muestran arriba o velocidades que superen las 2,400 rpm o una velocidad de deslizamiento de 10m/s. En general, para velocidades más altas, se requiere un sistema de lubricación forzada, además de ajustes en el grado de viscosidad recomendado. Esta tabla aplica a lubricantes con un índice de viscosidad de 100 o menos. Para lubricantes con un índice de viscosidad mayor a 100, pueden aplicarse rangos de temperatura más amplios. Consulte al proveedor de lubricante.

Figura 9. Guía de selección de grados de viscosidad ISO para engranes encerrados tipo corona-sinfín de doble envolvente (globoidales)

Como muestran estas recomendaciones y la tabla de intervalos de cambio de aceite, la temperatura tiene un impacto significativo para una lubricación efectiva. No solo el lubricante y la longevidad de la máquina se ven afectados negativamente por las temperaturas más altas, sino que las unidades de sinfín en particular tienen problemas con los picos de temperatura. Como resultado, si se esperan temperaturas más altas, se deben seleccionar alternativas más efectivas de aceites básicos y aditivos. Los aceites sintéticos como los PAOs y los PAGs funcionan mejor que los aceites minerales debido a su mayor resistencia natural a la degradación térmica. Sin embargo, un aumento de 32 °C por encima de la temperatura ambiente en transmisiones corona-sinfín tipo no envolvente (37 °C para las unidades de sinfín tipo doble envolvente) no se considera excesivo para las condiciones de funcionamiento.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/guias-para-seleccionar-aceite-de-engranajes/>



Fundamentos de lubricación de motores de combustión interna

La lubricación juega un rol muy importante en la expectativa de vida de un motor de combustión interna. Sin aceite, un motor sucumbiría rápidamente por sobrecalentamiento y desgaste. El aceite ayuda a mitigar este problema, y si es monitoreado y mantenido correctamente, puede ayudar a extender la vida de su motor.

Dónde comienza la lubricación de un motor

El proceso de lubricación de un motor de combustión interna comienza en el depósito, comúnmente conocido como el cárter. Desde aquí, el aceite es succionado a través de un tamiz o cedazo por la bomba, donde se eliminan del aceite los contaminantes de mayor tamaño, pasando luego por el filtro. Es importante mencionar que no todos los filtros tienen el mismo desempeño. La habilidad de los filtros para remover las partículas depende de muchos factores, entre los cuales podemos mencionar la media filtrante (material, tamaño de poro, área de filtración y profundidad del filtro), la caída de presión y el caudal a través del filtro. El aceite es bombeado a través de los pasajes a los componentes del motor como son el árbol de levas, los cojinetes de bancada y de biela, los pistones, etc. Después de hacer este recorrido, el aceite regresa al cárter por gravedad, repitiéndose nuevamente el ciclo.

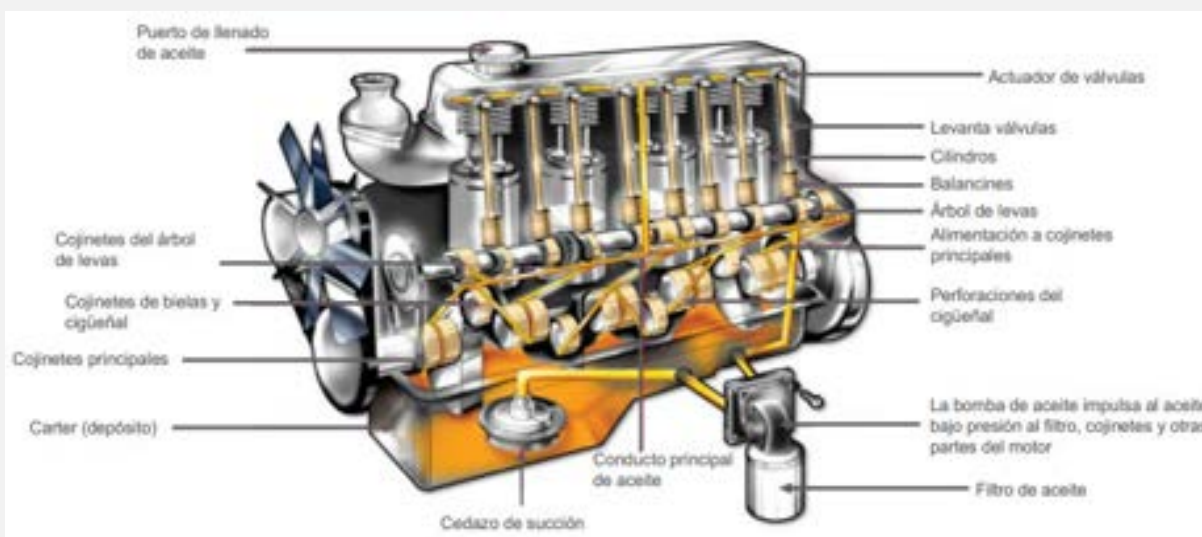
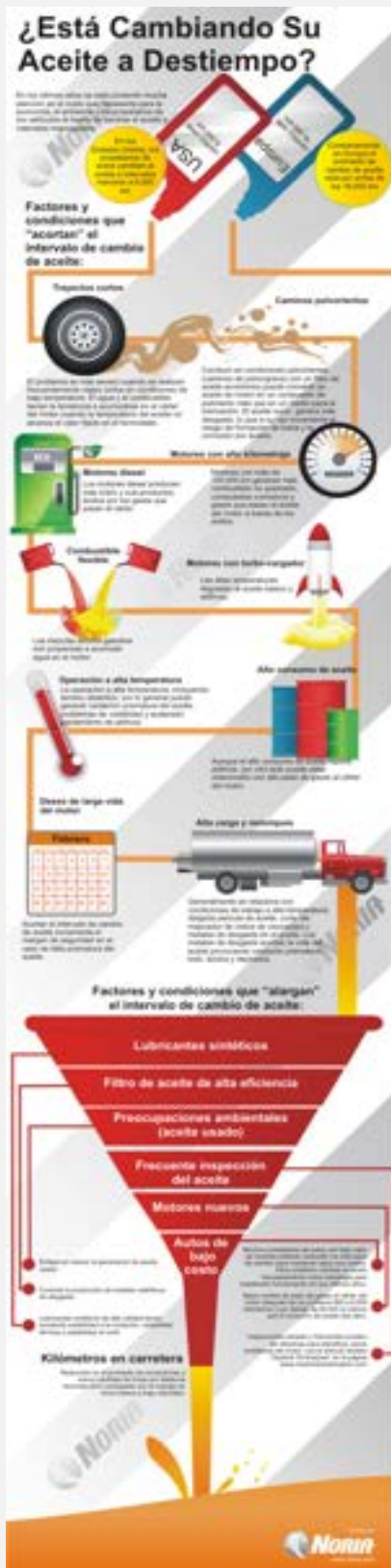


Figura 1. Flujo de aceite en un motor a gasolina

Formulación del aceite

Para apreciar el verdadero impacto del aceite en el proceso de lubricación, usted debe conocer primero que nada cómo están formulados. Los aceites de motor tienen dos componentes: aditivos y aceite básico.



El volumen total de aditivos en un aceite de motor puede estar entre un 20 y un 30 por ciento, dependiendo de la marca, la aplicación y su formulación. Estos aditivos pueden mejorar las propiedades del aceite básico, añadir propiedades que este no tiene o eliminar las propiedades indeseables.

Un paquete típico de aditivos para aceites de motor incluye un detergente y un dispersante. Estos aditivos trabajan juntos para mantener los motores limpios de depósitos que se pueden formar por la combustión del combustible y por los gases que pasan a través de los anillos al cárter, mejor conocido como blow-by. Los detergentes y los dispersantes son pequeñas partículas que tienen una cabeza polar y una cola oleofílica. La cabeza polar se fija a los contaminantes dentro del aceite y los rodea, formando una estructura conocida como micela.

El hollín es un buen ejemplo de un depósito que puede ser controlado por los detergentes/dispersantes. Las partículas de hollín son envueltas por el dispersante, formando una micela, que se mantiene en suspensión para evitar que se deposite en las superficies del motor. De esta forma circulan por todo el sistema hasta que son removidas cuando se realiza el cambio de aceite o quedan atrapadas en el filtro cuando crecen en tamaño, evitando así un proceso conocido como aglomeración. Durante esa aglomeración, las partículas de hollín comienzan a unirse unas con otras o aglomerarse en partículas más grandes. Las más pequeñas, que pueden pasar a través de los componentes sin interrumpir la película lubricante, pueden aglomerarse para formar partículas más grandes, las cuales pueden romper la película lubricante y dañar la superficie.

La mayoría de los motores de los vehículos utiliza algún aceite del tipo multigrado. Este tipo de aceite tiene un aditivo llamado mejorador del índice de viscosidad (MIV). Ejemplos comunes son el 10W-30 o el 15W-40. Estos MIV son moléculas orgánicas de cadena larga que cambian de forma en la medida en que la temperatura del ambiente donde se encuentran cambia. En ambientes fríos (durante el arranque del motor), estas moléculas están estrechamente unidas. A medida que el aceite se calienta, comienzan a estirarse. Esto permite que el aceite fluya más rápidamente a baja temperatura, pero manteniendo una viscosidad aceptable, y más importante aún, una película lubricante en el rango de la temperatura de operación.

Otro aditivo comúnmente usado en la formulación de estos aceites es el antidesgaste (AW). Al igual que los detergentes/dispersantes, estos aditivos tienen una estructura similar, pero a diferencia de los anteriores, su cabeza polar se adhiere a la superficie de los componentes del motor. Una vez adherido a la superficie, el antidesgaste forma una película de sacrificio que protege las superficies contra la degradación bajo condiciones de lubricación a película límite. El más común de estos aditivos es el dialquilditiofosfato de zinc (ZDDP).

Degradación del aceite

Los aceites de motor están sujetos a diferentes modos de falla. La contaminación plantea un problema muy importante para los motores. Los contaminantes del ambiente pueden acelerar los procesos de oxidación y causar un taponamiento prematuro de los filtros. La contaminación con combustible puede disminuir la viscosidad del aceite, llevando a condiciones de lubricación límite dentro de los componentes móviles del motor. Por el contrario, la contaminación con glicol (anticongelante) incrementa la viscosidad, por lo que el aceite no fluirá tan bien hacia los componentes que requieren de un aceite menos viscoso. El sobrecalentamiento o los intervalos prolongados de cambio también aceleran la degradación del aceite, dando como resultado una pobre lubricidad y excesiva oxidación.

Adicionalmente, los aditivos en el aceite se pueden romper generando problemas de lubricación. Con el tiempo, los mejoradores del índice de viscosidad se rompen, disminuyendo la viscosidad del aceite a la temperatura de operación. Los AW y los detergentes/dispersantes no son diferentes. Ellos se agotan, y las moléculas que se quedan no son tan efectivas. Por lo tanto, el aceite debe ser cambiado. Lo anterior puede ser causado por periodos prolongados de uso del aceite o un pobre mantenimiento. Cuando de motores se trata, aplican los mismos principios de lubricación. La película lubricante debe ser mantenida para asegurar condiciones de operación adecuadas para obtener la máxima vida de los componentes del motor. Cambiar el aceite regularmente y mantener el nivel adecuado son factores clave para la salud del motor y su expectativa de vida.



Clasificaciones de servicio de los aceites de motor

En 1911, la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, por sus siglas en inglés) desarrolló un sistema que clasificaba los aceites de motor por viscosidad. Este sistema de clasificación del aceite de motor permaneció vigente hasta 1947, cuando el Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés) designó tres tipos de aceites de motor: regular, premium y de servicio pesado.

En general, los aceites regulares eran aceites minerales puros, los aceites premium contenían inhibidores de oxidación, y los aceites de servicio pesado contenían inhibidores de oxidación y aditivos detergentes y dispersantes.

Reconociendo la insuficiencia de este sistema de designación, en 1952 el Comité de Lubricantes de API, en cooperación con la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés), desarrolló el Sistema de Clasificación de Servicio del Motor (ESCS, por sus siglas en inglés). API y ASTM revisaron ESCS en 1955 y nuevamente en 1960. ESCS separó el desempeño del motor de gasolina y diésel con las categorías de servicio ML, MM y MS y DG, DM y DS, respectivamente.

En 1969 y 1970, API, ASTM y SAE establecieron un sistema de clasificación completamente nuevo que satisfaría los requisitos cambiantes de garantía, mantenimiento y lubricación de la industria automotriz. SAE inicialmente determinó que había que considerar ocho categorías de servicio separadas de aceites de motor para automóviles de interés comercial sustancial actual. ASTM estableció los métodos de prueba y las características de desempeño y describió técnicamente cada una de las categorías de servicio. API preparó un lenguaje para el usuario, que incluyó nuevas designaciones de letras para cada una de las ocho categorías de servicio. Se adoptó la letra S para aceites de motores a gasolina y la letra C para aceites de motores a diésel. La S es la inicial de spark (chispa) y la C es la inicial de compression (compresión), haciendo alusión al proceso de ignición de estos motores. Estas ocho categorías de servicio del motor estaban vinculadas a la descripción técnica de ASTM y los criterios de desempeño principales. Luego, SAE publicó los resultados de todo el proyecto y la metodología como SAE J183.

A lo largo de los años, API, ASTM y SAE han establecido nuevas categorías de servicio y declarado antiguas categorías de servicio técnicamente obsoletas: las tres organizaciones declararon que la categoría de servicio de motor de gasolina SA era técnicamente obsoleta; posteriormente las categorías de servicio SB, SC, SD, SE, SF y SG quedaron técnicamente obsoletas cuando los métodos de prueba ya no estaban disponibles para verificar su desempeño; y las categorías de servicio de motor diésel CA, CB, CC, CD, CD-II, CE, CF, CF2, CF-4 y CG-4 también quedaron técnicamente obsoletas cuando los métodos de prueba ya no estaban disponibles para verificar el desempeño.

En 1992 y 1993, API, ASTM y los fabricantes de automóviles de USA y Japón introdujeron mejoras en el proceso de concesión de licencias para aceites de motor para garantizar la calidad de los productos que se comercializan y mejorar la conciencia del consumidor sobre los lubricantes recomendados para vehículos nuevos. Este proceso mejorado se conoce hoy como el Sistema de Licenciamiento y Certificación de Aceites de Motor API (EOLCS, por sus siglas en inglés).

Categoría	Estado	Servicio
SG	Obsoleta	Para motores de modelos 1993 y anteriores.
SH	Obsoleta	Para motores de modelos 1996 y anteriores. Válida cuando es precedida por ciertas categorías C.
SJ	Vigente 2000	Introducida en 1996 para motores a gasolina hasta 2001 y anteriores.
SL	Vigente 2001	Introducida en 2001 para motores a gasolina hasta 2004 y anteriores. Puede utilizarse donde se recomiende categoría API SJ y anteriores.
SM	Vigente 2004	Mejoras en la economía de combustible, menos fósforo y mejor calidad del aceite base. Aplica a vehículos hasta el 2010 y anteriores.
SN	Vigente 2010	Introducida en octubre 2010 para vehículos 2011 en adelante y anteriores. Mejoras en control de depósitos a alta temperatura, mejor control de lodos y compatibilidad con sellos. Mejorada economía de combustible, protección al turbo-cargador, compatibilidad con el sistema de control de emisiones, protección de motores con Flex Fuel (E85).
SN PLUS	Vigente 2016	Introducida mientras se aprueban los nuevos niveles de desempeño para motores a gasolina.
SP	(Mayo 2020)	Para vehículos 2020 en adelante. Para uso en motores de gasolina en servicio típico, en motores de vehículos de pasajeros de 2020 y anteriores, camionetas, vehículos deportivos, y camionetas de servicio ligero, según las recomendaciones de los fabricantes de vehículos.

Tabla 1. Clasificaciones de servicio API para motores a gasolina

Categoría	Estado	Servicio
CG-4	Obsoleta	Introducida en 1995. Para motores de servicio pesado y alta velocidad de cuatro tiempos de uso utilizando combustibles con menos de 0.5% en peso.
CH-4	Vigente	Introducida en diciembre de 1998. Para motores de alta velocidad de cuatro tiempos. Diseñada para cumplir con los requerimientos de emisiones de 1998. Los aceites CH-4 están preparados específicamente para trabajar con combustibles con contenido de azufre de hasta 0.5% en peso. Pueden usarse en lugar de los aceites CD, CE, CF-4 y CG-4.
CI-4	Vigente	Introducida en Sept. 5, 2002. Diseñado para cumplir con los requerimientos de motores con EGR. Mejoras en manejo de hollín, desgaste corrosivo y estabilidad a oxidación.
CJ-4	Vigente	Introducida en 2006. Cumple con requerimientos de motores 2010 y anteriores. Diseñado para motores con sistemas de tratamiento de emisiones y filtros de particulado. Alta protección contra la oxidación, desgaste, baja y alta temperatura, espesamiento, pérdida de viscosidad y gran capacidad de manejo de hollín. Para trabajar con combustibles con azufre hasta max. 0.05% (500 ppm). Más de 15 ppm de azufre dañarán el sistema de control de emisiones.
CK-4	Vigente	Introducida en 2016. Para uso en motores diésel de cuatro tiempos de alta velocidad, diseñados para cumplir con los requisitos de control de emisiones de vehículos de carretera 2017 y TIER 4 fuera de carretera, así como los requisitos de los motores diésel de modelos anteriores. Están formulados para utilizarse en todas las aplicaciones donde se utilice combustible diésel con un contenido de azufre de hasta 500 ppm, aunque más de 15 ppm de azufre pueden afectar la durabilidad de los sistemas de postratamiento y/o el intervalo de cambio de aceite. Son especialmente efectivos en el mantenimiento de la confiabilidad de los sistemas de control de emisiones, donde se utilizan filtros de particulado y otros sistemas avanzados de postratamiento de los gases de escape. Mayor protección contra la oxidación, pérdida de viscosidad por efecto del corte, la aireación, el envenenamiento de los catalizadores, el taponamiento de los filtros de particulado, el desgaste del motor, los depósitos en los pistones, la degradación de sus propiedades a alta y baja temperatura, y el incremento de viscosidad ocasionado por el hollín. Excede los niveles de desempeño CJ-4, CI-4, CI-4 Plus y CH-4.
FA-4	Vigente	Describen ciertos aceites SAE XW-30 formulados para utilizarse en ciertos motores diésel de cuatro tiempos de alta velocidad, diseñados para cumplir con los requisitos de emisión de gases efecto invernadero (GHG, por sus siglas en inglés) para los vehículos de carretera a partir de los modelos del 2017. Diseñados para proporcionar una mayor protección contra la oxidación, la pérdida de viscosidad por efecto del corte, la aireación y el envenenamiento de los catalizadores, el taponamiento de los filtros de particulado, el desgaste del motor, los depósitos en los pistones, la degradación de sus propiedades a alta y baja temperatura, y el incremento de viscosidad ocasionado por el hollín. No son intercambiables ni compatibles con aceites CJ-4, CI-4, CI-4 Plus y CH-4. Formulados para utilizarse en motores quemando combustible diésel con contenido de azufre max. 15 ppm.

Tabla 2. Clasificaciones de servicio API para motores a diésel

Degradación del aceite

¿Cómo saber si un lubricante ha sido formulado para un motor a gasolina o diésel, o incluso el año particular en el que se fabricó el vehículo? Al leer la etiqueta del lubricante, busque La “donut” (dona) del API. En la sección superior de esta dona se encuentra la clasificación de servicio. Esta clasificación comenzará con una “S” (servicio o encendido por chispa) para motores a gasolina o una “C” (comercial o ignición por compresión) para motores diésel. Vea la Figura 1.



Figura 1. Dona API

Para un aceite que está formulado para motor a diésel (C) y que a su vez cumple con las clasificaciones de servicio para motores a gasolina (S), la clasificación de servicio diésel se debe colocar primero. Si el aceite está formulado para motor a gasolina (S) y cumple con el desempeño de motores a diésel (C), la clasificación de servicio S debe colocarse primero. De esta manera, el usuario puede reconocer cuál es el uso principal del lubricante.

Está prohibido el uso de más de una categoría de servicio API S en el símbolo de la donut de API. SAE 0W-16 y 5W-16 solo pueden ser licenciados como API SN, API SN con Resource Conserving, API SN con SN PLUS, y API SN con SN PLUS y Resource Conserving. A partir de Mayo 1, 2020, los aceites SAE 0W-16 y 5W-16 pueden ser licenciados como API SP, API SP con Resource Conserving, API SP con SN PLUS, y API SP con SN PLUS y Resource Conserving.

Otras organizaciones tienen sus propios códigos para los tipos de lubricantes usados en los motores a gasolina y diésel. También se alinean con los estándares del API. Entre ellos están el Comité Internacional para la Normalización y Aprobación de Lubricantes (ILSAC, por sus siglas en inglés) y la Asociación de Fabricantes Automotrices Europeos (ACEA, por sus siglas en francés). API e ILSAC tienen su sede en los Estados Unidos de Norteamérica, mientras que ACEA se encuentra en Europa. Estas asociaciones ayudan a especificar los lubricantes para motores a gasolina y diésel en todo el mundo.

Marcas de certificación API

Cada marca de certificación API está diseñada para la identificación de aceites de motor recomendados para una aplicación general (por ejemplo, gasolina, flex-fuel, y diésel de servicio ligero). La marca de la estrella en explosión y el escudo solo pueden utilizarse por aceites que satisfagan los requisitos de desempeño de los estándares de desempeño más recientes de ILSAC.

Las marcas de certificación API solo pueden utilizarse después de obtener la licencia específica de uso de API. Estas marcas se pueden utilizar en conjunto con el símbolo de la dona para los grados de viscosidad que cubran los requisitos de la norma. Estas marcas deben colocarse en la etiqueta frontal del envase.

La marca del escudo entrará en vigor a partir del 1 de mayo de 2020 y podrán ostentarla los aceites certificados que cumplan con los requisitos de desempeño de ILSAC GF-6B.



Figura 2. Marcas de certificación API

Nuevos estándares API de lubricantes para motores diésel

El Instituto Americano del Petróleo (API) incorporó dos nuevos estándares para tener en cuenta como la última tecnología en lubricantes para motores diésel. API CK-4 y FA-4 comenzaron a aparecer en la dona de clasificación de servicio API a partir del 1 de diciembre del 2016.

Estas categorías de servicio mejoran los estándares existentes al proporcionar protección mejorada contra la oxidación de aceite, desgaste de motor, bloqueo del filtro de partículas, depósitos en pistón y degradación de las propiedades en alta y baja temperatura.

API CK-4 describe los lubricantes para uso en motores diésel de alta velocidad y cuatro tiempos, diseñados para cumplir con los estándares de emisión de gases de escape para motores en uso en carreteras, fabricados a partir del 2017 y Tier 4 para motores fuera de carretera, así como motores diésel de años anteriores. Estos lubricantes están formulados para usarse en todas las aplicaciones con combustibles diésel con contenido de azufre de hasta 500 partes por millón (ppm). Sin embargo, el uso de estos lubricantes con combustibles diésel y contenido de azufre superior a 15 partes por millón puede afectar la durabilidad del sistema de postratamiento de gases de escape y/o los intervalos de drenado de aceite.

Los lubricantes CK-4 exceden los criterios de desempeño de API CJ-4, CI-4 incluyendo CI4 plus y CH-4 y pueden lubricar eficazmente los motores que requieren esas categorías de servicio API. Cuando utilice lubricante clasificación CK-4 con un combustible con contenido de azufre superior a los 15 ppm, consulte al fabricante del motor para obtener mayores recomendaciones sobre el intervalo de servicio. La mayoría de los fabricantes de camiones que recomiendan lubricantes con licencia de API CJ-4, probablemente recomendarán a los propietarios de camiones que comiencen a utilizar lubricantes certificados como API CK-4.

La categoría de servicio API FA-4 designa ciertos lubricantes de menor viscosidad (XW-30) formulados específicamente para su uso en motores diésel de alta velocidad y cuatro tiempos, diseñados para cumplir con las normas de emisión de gases de efecto invernadero (GHG, por sus siglas en inglés), estos motores son para uso en carretera, fabricados a partir del 2017.

Estos lubricantes no son intercambiables ni compatibles con las categorías de servicio de años anteriores como API CK-4, CJ-4, CI-4, CI-4 plus o CH-4. Por lo tanto, debe seguir las recomendaciones del fabricante del motor para los lubricantes API FA-4. Estos lubricantes están formulados para usarse con combustibles diésel con contenido de azufre de hasta 15 partes por millón (ppm). Para contenidos de azufre más altos, consulte al fabricante del motor.



Figura 3. Ejemplos de la dona API para aceites FA-4

Nuevos estándares de lubricantes para motores a gasolina

A partir de mayo de 2020 se integra una nueva categoría de desempeño para aceites de motores a gasolina, designada por las letras SP.

Estos aceites son para uso en servicio típico de motores de gasolina en automóviles de pasajeros actuales y anteriores, vehículos utilitarios deportivos, camionetas de servicio liviano, camiones que operan bajo los procedimientos de mantenimiento recomendados por los fabricantes de vehículos. Los propietarios de los vehículos y los operadores deben seguir las recomendaciones del fabricante de su vehículo sobre la viscosidad del aceite y el estándar de desempeño. Pueden utilizarse en donde se recomiendan aceites SN y categorías S anteriores.

Debido a los retrasos en el desarrollo de la nueva clasificación de servicio API SP e ILSAC GF-6A/GF-6B, se decidió introducir una clasificación de servicio provisional, la cual se ha denominado SN PLUS y está vigente desde mediados del 2018. Será provisional mientras se terminan de definir los últimos requisitos de desempeño para los nuevos aceites para motores a gasolina.



Figura 3. Ejemplo de uso de la dona API para aceites SN PLUS y Resource Conserving



Diferencias entre los aceites para motor

Contrario a la creencia popular, existen grandes diferencias entre el lubricante de un vehículo con motor a gasolina (PCMO, por sus siglas en inglés) y uno con motor diésel de servicio pesado (HDDO, por sus siglas en inglés). La principal diferencia consiste en los paquetes de aditivos, ya que el lubricante para motor a gasolina contiene menos aditivos detergentes y antidesgaste (AW). El aditivo antidesgaste puede causar estragos en componentes como los convertidores catalíticos, por esa razón no es adecuado ni mezclar ni sustituir uno por otro.

Los paquetes de aditivos y los convertidores catalíticos

Un convertidor catalítico es una gran caja de metal colocada en la parte inferior de su automóvil. Tiene dos tubos que salen de ella, uno para la “entrada” y otro para la “salida”. La tubería de entrada del convertidor está conectada al motor y lleva vapores contaminantes y calientes que salen por la culata de los cilindros del motor. A medida que los gases de escape se mueven a través del catalizador, se producen reacciones químicas que rompen (craquean) los gases de escape convirtiéndolos en otros gases que son lo suficientemente seguros para ser descargados inofensivamente a la atmósfera

Típicamente hay dos catalizadores en un convertidor catalítico. Uno se encarga de eliminar la contaminación con óxido de nitrógeno usando una reacción química llamada reducción (remoción de oxígeno). Esta descompone los óxidos de nitrógeno en nitrógeno y oxígeno, que son esencialmente inofensivos porque ya existen naturalmente en el aire.



El otro catalizador funciona mediante un proceso químico opuesto llamado oxidación (que agrega oxígeno) y convierte el monóxido de carbono en dióxido de carbono. Otra reacción de oxidación convierte los hidrocarburos no quemados en los gases de escape en dióxido de carbono y agua. En efecto, tres reacciones químicas diferentes están ocurriendo al mismo tiempo. Después que el catalizador ha efectuado su trabajo los gases que emergen por el tubo de escape son principalmente nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y agua (en forma de vapor).

Algunos de los subproductos de la combustión, incluidos el plomo, el zinc, el fósforo y el azufre, pueden dañar severamente la capacidad del convertidor para realizar su trabajo. Ahí radica la primera gran diferencia entre el lubricante para motor a gasolina (PCMO) y el lubricante para motor diésel (HDDO).

Los lubricantes para motores a diésel tienen una mayor carga de aditivos antidesgaste en forma de dialquilditiofosfato de zinc (ZDDP). Los sistemas de convertidores catalíticos para motores diésel están diseñados para manejar este aditivo, mientras que los sistemas de motores a gasolina no. Esta es una de las principales razones por la que no debe usar lubricantes para motores diésel en su motor a gasolina.

36%

de los profesionales en lubricación no pueden distinguir entre un lubricante para motor a gasolina de un lubricante para motor a diésel, de acuerdo a una reciente encuesta de MachineryLubrication.com

Efectos por cambiar lubricantes de motor

La viscosidad es la propiedad más importante de un lubricante. En un motor, la viscosidad seleccionada debe permitir que el lubricante sea bombeable a la temperatura de arranque más baja que experimente el vehículo y al mismo tiempo proteger los componentes a las temperaturas de operación.

Generalmente, los lubricantes para motores diésel tienen mayor viscosidad que los de motor a gasolina. Si tuviese que colocar ese lubricante de mayor viscosidad en un motor a gasolina, podrían surgir varios problemas. El primero sería la generación de calor a causa de la fricción interna del fluido. El calor afecta de forma negativa la vida del lubricante. Por cada 10 grados Celsius que se eleva la temperatura, su vida útil se reduce a la mitad.

El otro problema es su bombeabilidad a baja temperatura. Durante los arranques en frío, el lubricante puede estar muy viscoso, lo que hace más difícil para la bomba entregar efectivamente el lubricante a los componentes vitales del motor como, por ejemplo, los levantadores de válvulas. Esta falta de lubricante en el arranque provocará un desgaste prematuro, ya que los componentes interactuarán sin el beneficio de la lubricación hasta que la temperatura del motor comience a elevarse.

Efectos de los aditivos en el motor

El lubricante para motor diésel tiene más aditivos por volumen. Los que más prevalecen son los aditivos detergentes alcalinos. Estos tienen varias funciones, siendo las principales neutralizar ácidos y evitar la formación de depósitos.

Los motores diésel generan una mayor cantidad de subproductos de la combustión y hollín. Estos pasan al cárter del motor a través de los gases de escape (blow-by) mezclándose con el aceite. Cuando este exceso de aditivos es colocado en un motor a gasolina los efectos en su desempeño pueden ser devastadores. El aditivo detergente trabajará para lo que fue diseñado e intentará limpiar las paredes del cilindro. Esto puede tener un efecto adverso en el sellado entre los anillos y la pared del cilindro, lo que da como resultado una pérdida de compresión y eficiencia.

Otras consideraciones

Hay muchas cosas que debe considerar al elegir un lubricante de motor para su automóvil, incluidas las condiciones climáticas en las que el vehículo estará operando. Por ejemplo, en pleno invierno, debe seleccionar un lubricante que tenga la viscosidad adecuada para asegurar que fluya hacia los componentes vitales del motor durante el arranque. La viscosidad del aceite es otro factor crítico para asegurar que las partes móviles del motor estén suficientemente separadas para minimizar el desgaste. El paquete de aditivos del lubricante también es importante. Los niveles excesivamente altos de antidesgaste pueden provocar que los convertidores catalíticos se obstruyan prematuramente, mientras que el exceso de aditivos detergentes puede provocar fugas entre los anillos del pistón y la camisa, la pérdida de compresión y la degradación prematura del lubricante. Si tiene dudas sobre el tipo de lubricante que debería de usar su vehículo, asegúrese de seguir las recomendaciones del fabricante.



Arranque en frío en motores y transmisiones automotrices

El lubricante es posiblemente uno de los componentes más esenciales de una máquina, pero también resulta ser uno de los más vulnerables. Algo que influye en gran medida sobre esta vulnerabilidad es la temperatura, que tiene una correlación inversa con la propiedad más importante del lubricante: la viscosidad. Al darse cuenta de los efectos potenciales que la temperatura puede tener en sus lubricantes, usted puede comprender mejor cómo podría fallar una máquina y, con un poco de suerte, evitar fallas futuras.

Temperatura de arranque

La temperatura de arranque es la temperatura ambiente durante la puesta en marcha inicial de una máquina antes de que el lubricante tenga la oportunidad de alcanzar la temperatura de funcionamiento. Durante una operación típica, muchos de los contribuyentes a la generación de calor, como la fricción, harán que la temperatura se eleve y alcance un equilibrio con su entorno, también conocida como la temperatura de operación de la máquina. Conocer la temperatura de operación de una máquina es crucial al seleccionar la viscosidad adecuada del lubricante, ya que la viscosidad tiene una relación dependiente con la temperatura de operación.

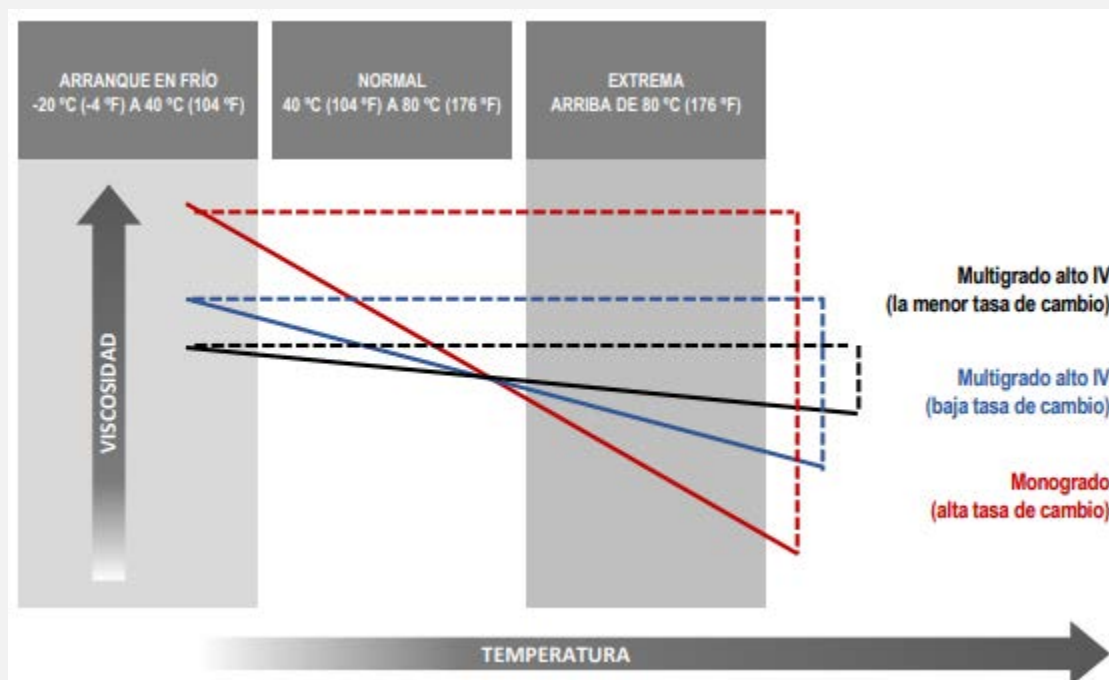


Figura 1. La viscosidad del lubricante tiene una relación dependiente con la temperatura

Arranque en frío del motor

El término “arranque en frío” se refiere a la baja temperatura del ambiente que puede ser perjudicial para la operabilidad de una máquina. Las industrias de vehículos y equipos móviles llevan mucho tiempo desarrollando soluciones para el desafío de lidiar con temperaturas extremas, incluyendo el trabajo en ambientes muy fríos. Esto ha llevado a la creación de formulaciones avanzadas de lubricantes, como aditivos depresores del punto de fluidez y aceites multigrado, así como diseños avanzados de motores con calefactores integrados en el cárter y en el monoblock.

Falla del lubricante

Para comprender los modos de falla potenciales de la máquina asociados con un arranque en frío, es esencial revisar las formas en que un lubricante puede fallar en estas condiciones, tanto física como químicamente. El lubricante no solo se vuelve más viscoso a temperaturas frías debido a la relación temperatura-viscosidad, sino que también puede solidificarse cuando pasa por debajo de un determinado punto de temperatura denominado punto de fluidez. De acuerdo con la definición establecida en el estándar ASTM D97, el punto de fluidez describe la temperatura más baja (fría) a la cual el aceite comienza a quedar inmóvil y ya no fluirá.

Por ejemplo, un aceite de motor a una temperatura suficientemente fría puede colocarse sobre el piso y quedar como un bloque de hielo. Sin embargo, a diferencia del agua, que mantiene una viscosidad constante hasta que se solidifica a una temperatura exacta, el aceite se volverá gradualmente más espeso y se congelará a velocidades variables. Esto hace que sea difícil establecer estándares de selección de lubricante para la operación de la maquinaria. Por lo tanto, aunque el aceite aún no haya alcanzado el punto de fluidez, la naturaleza viscosa del aceite frío puede causar una restricción sustancial del flujo en los componentes del motor, como es el caso de la bomba de aceite. Las consecuencias de una restricción de flujo en la bomba pueden ser catastróficas, con efectos como el desgaste de la superficie por cavitación vaporosa y el desgaste de los cojinetes por escasez de lubricante.

Algunos aditivos se ven afectados por las condiciones de baja temperatura durante el arranque del motor. Por ejemplo, ciertos aditivos antidesgaste solo se activan a temperaturas elevadas como resultado de la fricción de la superficie debido a altas velocidades o altas cargas. Si la máquina funciona a velocidades más lentas durante el arranque y en un entorno frío, el aditivo puede ser significativamente menos efectivo. Otros aditivos, como los inhibidores de oxidación, pueden tener poca solubilidad y estratificarse en el fondo del cárter durante períodos prolongados de permanencia a bajas temperaturas. Si el aceite continúa operando a bajas temperaturas, la tendencia de espuma puede aumentar, especialmente con aceites de baja viscosidad. Todos estos efectos degradantes sobre los aditivos del lubricantes darán como resultado una protección limitada a los componentes de la máquina contra la corrosión, el desgaste prematuro y la espuma.

Arranque en frío del motor (Viscosidad muy alta)		
CONDICIONES	EFFECTOS	SOLUCIONES
• Frío extremo • Enfriamiento gradual • Viscosidad incorrecta para invierno • Temperatura fría, mas alta carga de hollín	• Sello de aire o flujo limitado • Pérdida de presión de aceite • Arranque en seco • Desgaste del motor	• Calidad del aceite • Viscosidad correcta en invierno • Precalentador de aceite/motor

Figura 2. Arranque en frío del motor

Resistencia y falla del filtro

Todas las máquinas se comportan diferente por la alta viscosidad en condiciones de arranque en frío, dependiendo del diseño de la máquina y la sensibilidad de los componentes. Por ejemplo, en el sistema de lubricación por circulación forzada del motor el aceite debe fluir a través de un filtro. Los filtros naturalmente causarán restricción de flujo. Una mayor restricción del flujo da como resultado una mayor caída de presión, lo que lleva a la apertura de la válvula de derivación del filtro (si está instalada), la ruptura de la media filtrante o ambas. Debido a que la viscosidad aumenta durante un arranque en frío, la caída de presión también aumenta debido a la mayor resistencia a través del filtro.

Desafortunadamente, el potencial de falla en estas condiciones no está centrado solo en el filtro. Este no solo puede romperse, sino que también puede generar una reacción en cadena con otras fallas secundarias en la máquina. Cuando el aceite comienza a canalizarse entre las grietas a medida que el filtro se rompe, los contaminantes acumulados en el filtro tiene la posibilidad de salir todos al mismo tiempo. La entrada masiva de partículas promoverá directamente el desgaste del motor.

Generalmente, la principal causa de falla por condiciones de arranque en frío es la mayor resistencia al flujo. Incluso si el filtro no se rompe, el aceite viscoso causará daños. La tabla en la Figura 3 ilustra cómo la viscosidad puede cambiar como resultado de un cambio de su temperatura. Un aceite SAE 50 con viscosidad aproximada de 220 centistokes (cSt) con un índice de viscosidad de aproximadamente 100 aumentará por arriba de 5,000 cSt cuando la temperatura descienda a 0 °C (32 °F).

Escasez de lubricante

La mayoría de los métodos mecánicos que ayudan a suministrar aceite a los componentes lubricados se verán obstaculizados cuando las temperaturas bajen. Como se mencionó anteriormente, si el aceite está diseñado para fluir a través de tuberías, como un sistema de circulación de aceite, puede restringirse su flujo en gran medida y hacer que la máquina padezca escasez de lubricante.

Motores de combustión interna

Hoy en día, es común que las máquinas en ambientes fríos estén equipadas con elementos de calefacción para permitir que la máquina arranque. Sin embargo, a medida que las temperaturas continúan bajando, el solo uso de calentadores no elimina el riesgo para los componentes del motor que no reciben el aceite que permanece por debajo del punto de fluidez. Por ejemplo, aunque el cigüeñal del motor puede girar libremente al arrancar, si el lubricante en el cárter sigue gelificado, no podrá realizar su función correctamente. Esto puede conducir a la detención del motor por aferramiento. Pueden formarse bolsas de aire en el cárter por el aceite gelificado, lo que se denomina bloqueo de aire, y hacer que no llegue aceite a la bomba. Para evitar esto, a menudo se usan calentadores en el cárter y lubricantes de mayor calidad para ayudar a mantener baja la viscosidad. Si no está seguro de la condición del aceite, puede observar el flujo de aceite en la punta de la varilla de medición de nivel para verificar el estado de la viscosidad del aceite.

Cajas de engranajes automotrices

La mayoría de las cajas de engranajes corren el riesgo de sufrir escasez de lubricante. Cuando el aceite es demasiado viscoso durante el arranque, no puede alcanzar las zonas de contacto del engranaje debido a la formación de canales en el aceite en los sistemas lubricados por salpique. Como resultado, pueden dañarse los puntos de contacto de alta presión entre los dientes de los engranajes al no estar lubricados. Además, cualquier sistema de engranajes que debe vencer el efecto de moverse en un fluido muy viscoso también experimentará una transmisión de potencia limitada y alto consumo de energía.

ACEITE DE ENGRANAJES SAE			75 W			80W		85W	90			140	
ACEITE DE MOTOR SAE		5W	10W	20			30	40	50				
Grado ISO		15	22	32	46	68	100	150	220	320	460	680	
°F	°C	Diesel											
248	120			4	4	6	7	9	12	13	18	23	
230	110			4	6	7	9	12	15	19	24	30	
212	100	1	5	5	7	9	11	15	19	25	32	41	
194	90	3	5	7	9	11	15	20	26	34	44	58	
176	80	5	7	9	11	15	20	27	36	48	63	85	
158	70	6	9	11	15	20	28	39	52	71	95	130	
140	60	8	12	15	21	29	40	57	80	110	151	211	
122	50	11	15	22	30	43	62	99	128	181	254	365	
104	40	1	15	22	32	46	68	100	150	220	320	460	
86	30	2	21	32	51	76	116	175	271	409	613	907	
68	20	3	33	51	87	135	214	334	536	838	1,290	1,980	
50	10	4	52	87	162	264	438	711	1,190	1,920	3,070	4,870	
32	0	5	86	180	340	585	1,020	1,720	2,990	5,060	8,400	13,900	
14	-10	9	185	375	820	1,500	2,770	4,880	8,890	15,700	27,200	47,000	
-4	-20	15	400	800	2,350	4,650	91,200	16,800	32,300	60,000			

Figura 3. Viscosidad cinemática del aceite (cSt) combinada con temperatura

Evite la falla de la maquinaria durante el arranque en frío

Afortunadamente, en las últimas décadas, los fabricantes de lubricantes se han dado cuenta de los efectos que las bajas temperaturas pueden tener en las máquinas. Esto les ha llevado a desarrollar formulaciones que pueden manejar estas condiciones, incluso durante los arranques de las máquinas. La base lubricante juega un rol importante, ya que muchos aceites minerales altamente refinados y sintéticos se ven menos afectados por los cambios de temperatura. Esto se representa por el índice de viscosidad. Los mejoradores del índice de viscosidad pueden mejorar esta propiedad. Cuanto más alto sea el índice de viscosidad, menor será el cambio en la viscosidad por un cambio en la temperatura. Los depresores de punto de fluidez también pueden mejorar las características del aceite en temperaturas frías. Estas propiedades del aceite base y aditivos, junto con un grado de viscosidad seleccionado correctamente o un aceite multigrado, ofrecen soluciones viables en temperaturas frías.

Sin embargo, a veces las formulaciones de lubricantes pueden no ser suficientes para evitar los contratiempos de los arranques en frío. En estos casos, las máquinas se pueden equipar para superar los efectos del frío instalando calentadores en el cárter y en el monoblock, como se mencionó anteriormente, así como empleando sistemas de prelubricación, que preparan a los componentes de la máquina para un arranque en frío.

La falla consecuente que puede surgir de una preparación inadecuada para las condiciones de arranque en frío será gradual e indirecta. Las temperaturas frías no solo pueden ser la causa principal de condiciones desfavorables del lubricante, sino que su presencia también puede desencadenar una reacción en cadena, lo que lleva a lubricantes altamente viscosos, que presentan la posibilidad de una falta de lubricante, un aumento de contaminación, una generación prematura de desgaste, aditivos inactivos y otros efectos perjudiciales. Una vez que los operadores de la maquinaria y los ingenieros de confiabilidad están conscientes de los riesgos que presentan las bajas temperaturas, especialmente durante el arranque, se pueden hacer ajustes para evitar que ocurran estas reacciones en cadena.



Lubricación de transmisiones manuales y diferenciales de uso automotriz

Todos los sistemas de engranes emplean uno o más de los cinco tipos básicos de engranes: rectos, helicoidales, cónicos, hipoidales y sin fin. Los lubricantes utilizados en estos sistemas están formulados para cumplir varias funciones. La principal es proveer protección contra las altas cargas que se generan, evitando fatiga, rallado y desgaste en las piezas, bajo condiciones de lubricación límite.

Adicionalmente, deben cumplir con las exigencias cada día más severas de economía de combustible y durabilidad de los diferenciales y transmisiones manuales. Las regulaciones gubernamentales dictan normativas exigiendo mejoras en economía de combustible, mientras que los usuarios están esperando un mejor desempeño de sus vehículos. En este sentido, la viscosidad de los aceites lubricantes tiene un fuerte impacto en la capacidad de soporte de carga de estos, y como tal debe ser considerada para que los sistemas se deslicen y rueden sin fallas, en especial en aquellos utilizados en los vehículos automotores, los cuales están sometidos a condiciones severas y cuyas fallas, de difícil y costosa reparación, tienen por lo general graves consecuencias.

Clasificación de viscosidad SAE para lubricantes de transmisiones manuales y diferenciales

Al igual que los lubricantes para motores de combustión interna, los lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales automotrices están clasificados con base en su viscosidad, de acuerdo con la especificación SAE J-306-05 y consta de 11 grados de viscosidad divididos en “grados de invierno” y “grados de verano”.

Grado de viscosidad SAE	Max. Temperatura para viscosidad de 150,000 mPa·s* ASTM D2893	Viscosidad cinemática a 100 °C - ASTM D445	
		Minima	Máxima
70W	-55 °C	4.1	—
75W	-40 °C	4.1	—
80W	-26 °C	7.0	—
85W	-12 °C	11.0	—
80	—	7.0	<11.0
85	—	11.0	<13.5
90	—	13.5	<18.5
110	—	18.5	<24.0
140	—	24.0	<32.5
190	—	32.5	<41.0
250	—	>41.0	—

Tabla 1. Clasificación de viscosidad para lubricantes de transmisiones manuales y diferenciales SAE J306

Grados de invierno y grados de verano

Los grados de viscosidad para invierno van acompañados por la letra “W”, haciendo referencia a la estación climatológica de invierno (winter, en inglés), y se basan principalmente en el cumplimiento de requerimientos de comportamiento a baja temperatura, aunque también deben cumplir con requerimientos a alta temperatura. Los grados de verano no van acompañados por letra alguna y sus requisitos de comportamiento son a altas temperaturas.

Requerimientos de grados de viscosidad de invierno

Transporte a bajas temperaturas

La viscosidad a baja temperatura de los aceites para transmisiones es crítica, tanto para los diferenciales como para las transmisiones manuales, en lo que se refiere a la circulación del fluido. Para los engranes la importancia radica en si el aceite fluirá dentro del canal creado por los engranes sumergidos en el aceite a medida que comienzan a girar y siguen siendo lubricados mientras siguen girando. Esta propiedad se evalúa con el método ASTM D-2893, “Método de prueba estándar para la viscosidad a bajas temperaturas utilizando un viscosímetro Brookfield”.

Mínimo de viscosidad a altas temperaturas

La propiedad del lubricante es garantizar una película fluida entre las partes en movimiento. Esta capacidad del lubricante para proporcionar una película lubricante suficientemente gruesa a las temperaturas de operación de las transmisiones manuales y los diferenciales debe suceder sin incurrir en detrimento del comportamiento por el uso de productos con excesiva viscosidad.

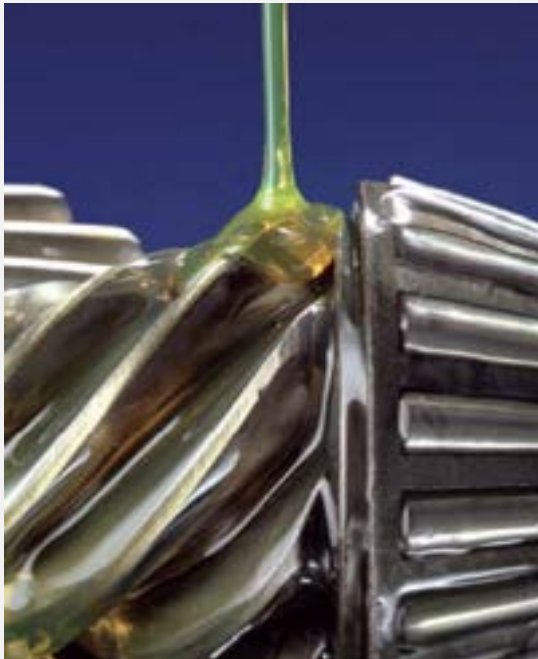
Aceites monogrados y multigrados

Al igual que sucede con los lubricantes para motores de combustión interna, cuando un lubricante es formulado para cumplir con uno solo de los requisitos de la tabla, es decir, solo para baja temperatura (W) o alta temperatura, se dice que es un aceite monogrado (por ejemplo, SAE 90).

Por otro lado, si un aceite cumple con un grado de invierno y uno de verano, se dice que es multigrado (por ejemplo: SAE 80W-90). Es decir, este aceite se comporta como un SAE 80W a bajas temperaturas y como un SAE 90 en altas temperaturas

Generalmente, para lograr un comportamiento multigrado se suelen formular los aceites con aditivos que les permiten fluir a bajas temperaturas evitando la formación de geles o ceras, denominados depresores de punto de fluidez (PPD, por sus siglas en inglés), y aditivos que mejoran su índice de viscosidad (IV, relación del cambio de viscosidad por efecto de la temperatura) para poder mantener la viscosidad a altas temperaturas, llamados “mejoradores del índice de viscosidad” (MVI).

El uso de estos últimos es un aspecto muy tomado en cuenta por los fabricantes de aceite, debido a la estabilidad en el esfuerzo de corte al que está sometido el mejorador del índice de viscosidad. Esos mejoradores se pueden romper ocasionando una reducción en la viscosidad, disminuyendo la capacidad protectora de la película lubricante e incrementando el potencial para la ocurrencia de una falla prematura.



En general, estos aceites deben permanecer en su grado de viscosidad después de ser sometidos a pruebas de laboratorio donde se evalúa su estabilidad al corte.

La tabla 1 es el resultado de la modificación efectuada para disminuir los rangos de viscosidad de los grados 90 y 140. Anteriormente los límites de estos grados eran tan amplios que la viscosidad de un aceite podía variar mucho e incluso permanecer técnicamente en grado. Esta disminución de los rangos permite a los fabricantes originales de equipos (OEM) recomendar viscosidades más acordes para un mejor balanceo entre las características de economía de combustible y la durabilidad de las transmisiones manuales y diferenciales.

Así, los fabricantes tienen hoy en día el reto de cumplir con las cada vez mayores exigencias de economía de combustibles, junto con mejoras en la durabilidad de los diferenciales y las transmisiones. La potencia de los motores se ha incrementado en los últimos años, manteniendo el mismo tamaño en los diferenciales, disminuyendo el tamaño del cárter y extendiendo los periodos de cambio. Estas exigentes condiciones solo pueden ser cumplidas por lubricantes formulados para brindar una protección más eficiente a las transmisiones manuales y a los diferenciales.

De esta manera queremos destacar que, debido a que estos cambios, hay que ser más cuidadosos en la selección de la viscosidad para estos equipos si queremos obtener todos los beneficios que se derivan de una correcta lubricación.



Clasificaciones de servicio de aceites para engranajes automotrices

Las clasificaciones de servicio del Instituto Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés) para aceites de engranajes automotrices se basan en el uso que tendrán los componentes. Las denominaciones son utilizadas por los fabricantes para seleccionar lubricantes para determinados tipos engranajes y condiciones de operación. El sistema de clasificación API 1560 no pretende clasificar los aceites para engranajes por sus propiedades físicas o por su desempeño. También reconoce que algunos lubricantes son apropiados para una amplia gama de condiciones de operación y pueden ser recomendados para más de una designación servicio.

Aunque las clasificaciones de servicio de API pueden ser muy útiles para recomendaciones generales, siempre deben consultarse las recomendaciones del fabricante para asegurarse de que el lubricante considerado no está prohibido por dicho fabricante.

Clasificación API	Tipo	Aplicaciones	Concentración aditivos, %
GL-1 (obsoleto)	Aceite mineral puro o R&O	Transmisiones manuales de camiones	0
GL-2 (obsoleto)	Usualmente contiene materiales grasos o aditivos antidesgaste	Mandos corona sinfin, engranajes industriales	<1
GL-3 (obsoleto)	Contiene aditivos EP medios (antidesgaste)	Transmisiones manuales y mandos finales espirales	2.7
GL-4 (vigente)	Equivalente a la clasificación obsoleta MIL-L-2105; por lo general 50% del nivel de aditivos del GL-5	Transmisiones manuales, engranajes hipoidales y cónicos en servicio moderado	4
GL-5 (vigente)	Virtualmente equivalente a la especificación actual MIL-L-2105D; la principal recomendación de campo para la mayoría de los autos de pasajeros y fabricantes de camiones; alto contenido EP con modificadores de fricción	Engranajes hipoidales (diferenciales) en servicio moderado y severo y otros tipos de engranajes; puede utilizarse en transmisiones manuales sin sincronizadores de bronce	6
GL-6 (obsoleto)	Formulado con aditivos EP y modificadores de fricción	Camiones y autobuses de servicio pesado, severas cargas de choque. Raramente empleado, ya que la mayoría de los aceites GL-5 cubren sus requisitos. No existen métodos de ensayo para evaluar su desempeño	10
MT-1	Alta estabilidad térmica y oxidativa, EP y modificadores de fricción	Transmisiones manuales no sincronizadas empleadas en autobuses y camiones de servicio pesado	10

Figura 1. Clasificaciones de servicio de aceites para engranajes automotrices

API-GL-1

Designa las características de servicio de aceites para ejes de automóviles con engranajes cónicos y helicoidales, así como para algunas transmisiones de accionamiento manual que operan bajo condiciones ligeras, a bajas presiones y velocidades lentas de deslizamiento de la unidad, en la que el aceite mineral puro se podría utilizar satisfactoriamente. Se pueden utilizar además inhibidores de oxidación y corrosión, antiespumantes y depresores del punto de fluidez para mejorar las características de los lubricantes para este servicio. No se utilizan modificadores de fricción ni agentes de extrema presión (EP). Se recomienda esta designación para su uso en algunas transmisiones manuales de camiones. Esta designación de servicio es obsoleta.

API-GL-2

Se refiere a las características de servicio de aceites para engranajes automotrices helicoidales con servicio más severo que el GL-1. Puede contener aditivos antidesgaste y agentes EP muy leves, y por lo general incluye aditivos grasos para engranajes helicoidales. Esta designación de servicio es obsoleta.

API-GL-3

Describe las características de servicio de aceites para transmisiones manuales y ejes con engranajes cónicos espirales que operan bajo condiciones moderadamente severas de velocidad y carga, más allá de GL-2, pero por debajo de GL-4. Pueden tener agentes EP leves, pero no están destinados para engranajes hipoidales. Esta designación de servicio es obsoleta.

API-GL-4

Se relaciona con las características de servicio de aceites para engranajes automotrices, particularmente engranajes hipoidales operados a cargas y velocidades entremoderada a severa, o engranajes hipoidales operando bajo condiciones moderadas de velocidad y carga. Esta designación de servicio está vigente, aunque no se cuenta con los equipos de prueba para la verificación de desempeño.

API-GL-5

Designa las características de servicio de aceites para engranajes automotrices, particularmente engranajes hipoidales operando a alta velocidad, con cargas de choque; alta velocidad, bajo torque; y baja velocidad con condiciones de alto torque. Esta designación está vigente y se utiliza ampliamente para aceites para engranajes EP.

API-GL-6

Designa las características de servicio de aceites para engranajes automotrices que reducen el desgaste de los engranes en vehículos antiguos de alto desempeño. Esta designación de servicio es obsoleta.

API-MT-1

Describe las características de servicio de un aceite para transmisiones manuales no sincronizadas, empleadas en autobuses y camiones de uso severo. Brindan protección contra la degradación térmica, desgaste, deterioro de sellos, con alto EP. No es adecuado para transmisiones sincronizadas y transejes. Esta designación de servicio está vigente.

Los fabricantes de camiones Mack y Volvo (entre otros) tienen sus propias especificaciones que abordan algunas condiciones más allá de GL-5. Entre ellas están Mack GO-J + y Volvo 97310, aunque estos números cambian periódicamente



Funciones del fluido de transmisión automática

Los fluidos de transmisión automática (ATF) se encuentran entre los lubricantes más complejos porque deben cumplir muchas funciones en la transmisión, incluida la disipación de calor, protección contra el desgaste, lubricación, prevención de espuma y calidad de los cambios.

Los ATF también deben ser compatibles con todos los componentes y complejos materiales de transmisión, como los sellos y los discos de fricción, funcionan tanto en temperaturas extremadamente altas como bajas, y mantienen un buen desempeño durante miles de kilómetros.

Muchos de los aceites de motor actuales usan compuestos de nitrógeno orgánico en el paquete de aditivos detergente/dispersante. Esto se hace para reducir los residuos de cenizas sulfatadas en los motores que resultan cuando se usan detergentes de tipo metálico. Estos compuestos de nitrógeno pueden tener efectos negativos en los sellos de la transmisión, haciendo que se encojan o hinchen excesivamente y luego generen fugas.

Un problema más grave es que estos compuestos de nitrógeno pueden hacer que los materiales de fricción de la transmisión se vuelvan frágiles, se degraden y/o se rompa el disco. Como resultado, los aceites de motor ya no son aceptables para su uso en estos sistemas de transmisión de nuevo diseño debido a la probabilidad de que puedan contener compuestos de nitrógeno en el paquete de aditivos.



Los fluidos de transmisión automática (ATF) se encuentran entre los lubricantes más complejos porque deben cumplir muchas funciones en la transmisión, incluida la disipación de calor, protección contra el desgaste, lubricación, prevención de espuma y calidad de los cambios.

Las posibles reacciones adversas causadas por la inclusión de modificadores de fricción y/o compuestos de nitrógeno pueden acortar drásticamente la vida y afectar el funcionamiento y la durabilidad de estos nuevos sistemas de transmisión.

Con el advenimiento de los nuevos diseños de maquinaria, el desarrollo y la aplicación de nuevos materiales, la nueva química de aditivos y el aumento de las cargas y velocidades de la máquina, la necesidad de contar con lubricantes diseñados especialmente para aplicaciones únicas o el uso de máquinas especiales es algo para lo que la industria debe estar preparada.

Si bien el desempeño del ATF está definido por varias especificaciones automotrices y de los fabricantes, un gran porcentaje de los fluidos producidos se puede usar en aplicaciones distintas a las transmisiones automotrices. Estos incluyen transmisiones de potencia en equipos de construcción y minería fuera de carretera, sistemas de dirección asistida y compresores de tornillo rotativo.

Los fluidos de tractores se utilizan para lubricar transmisiones, transmisiones finales, frenos húmedos, embragues húmedos y sistemas hidráulicos, generalmente desde un depósito común en un tractor agrícola o industrial. Las características de desempeño únicas de estos fluidos también los hacen aceptables para su uso en transmisiones comerciales dentro y fuera de la carretera, así como en algunos sistemas hidráulicos de alta presión.

Debido a esta versatilidad, estos lubricantes con frecuencia se denominan UTTO (siglas en inglés de “aceites de transmisión universal para tractores”). Sin embargo, se debe tener precaución antes de aplicar estos aceites a algunos de los nuevos sistemas de transmisión debido a los nuevos materiales de fricción, sellado y mangueras actualmente en uso.

Las transmisiones automáticas solo deben usar el líquido especificado por el fabricante de automóviles, como la serie Dexron de General Motors o el Tipo T de Toyota. Usar el fluido incorrecto puede causar una mala lubricación, sobrecalentamiento y posiblemente una falla en la transmisión. Es posible que un mecánico no pueda revertir el daño, ni siquiera lavando la transmisión. Agregar erróneamente aceite de motor o aplicarle líquido de frenos también puede destruir su transmisión.

Recuerde, siempre es aconsejable consultar tanto al fabricante del equipo como al proveedor de lubricantes antes de aplicar un aceite que pueda causar problemas de compatibilidad.



Selección del fluido de transmisión automática

Seleccionar el fluido de transmisión automática (ATF, por sus siglas en inglés) adecuado puede ser una propuesta complicada. No siempre está claro si un ATF específico es idóneo para su vehículo, porque usar el equivocado puede dañar la transmisión, así que conseguir el correcto importa. Por lo tanto, un poco de información de fondo puede ser útil.

Los fluidos de transmisión automática tienen viscosidades específicas, coeficientes de fricción y aditivos y los ATF están diseñados para trabajar con el diseño de transmisiones automáticas específicas. No todos son iguales. Además, si su vehículo aún está en garantía, usar un fluido no aprobado por el fabricante del vehículo anulará la garantía de transmisión.

Las empresas automotrices desarrollan fluidos de transmisión automática o al menos establecen especificaciones para ellos, pero las fábricas de automotores no fabrican ATF. Las compañías petroleras se encargan de eso y los fabrican mezclando aceites base y aditivos según la receta de la empresa automotriz y licenciada a la compañía de aditivos.

La licencia de uso también permite a la compañía petrolera utilizar la marca ATF patentada del fabricante de automóviles. Los nombres más comunes son Dexron, Mercon, y ATF+4, que son marcas de fluidos de General Motors, Ford y Chrysler, respectivamente.

Pero los fabricantes de automóviles generalmente dejan de licenciar viejas formulaciones ATF después de haber introducido un nuevo ATF. En los últimos años, todos los principales fabricantes de automóviles han introducido ATF totalmente sintéticos, reemplazando los ATF basados en convencionalmente utilizados anteriormente. Los vehículos que se entregaron originalmente con la antigua formulación de ATF generalmente pueden usar el nuevo ATF en su lugar. O bien, la antigua ATF se puede reemplazar con un fluido que una compañía petrolera dice que cumple con los estándares originalmente establecidos por el fabricante de automóviles para la antigua fórmula ATF.

Sin embargo, cuando las compañías petroleras hacen ATF de fórmula antigua, intentan racionalizar. En lugar de utilizar la fórmula precisa originalmente establecida por el fabricante de automóviles, las compañías petroleras tratan de fabricar un fluido que cumpla con las especificaciones originales de varios fabricantes diferentes. Estos son ATF "multivehículo". Un ejemplo típico es un fluido que dice que cumple con las especificaciones de ambos Dexron III y Mercon.



Desafortunadamente, como cliente, es muy difícil evaluar si un ATF multivehículo en particular es, de hecho, adecuado para un vehículo específico. Con un fluido con licencia actual, usted sabe que el fluido funcionará correctamente porque se fabrica según los estándares precisos de la empresa automotriz. Pero los ATF multivehículo se fabrican según los estándares que la compañía petrolera elija, y las representaciones sobre la calidad y las aplicaciones de la ATF se basan en sus propias pruebas, no en las del fabricante del vehículo. Además, parte de la publicidad simplemente no es precisa.

A lo largo de los años, las diversas formulaciones de Dexron Y Mercon fueron adoptados por un número de otros fabricantes de automóviles como especificación para sus transmisiones automáticas, así. Además, porque Dexron Y Mercon eran muy similares, estos fluidos en sí llegaron a ser considerados como intercambiables. Pero, esto ha llevado a un hábito desagradable entre algunas compañías petroleras de afirmar que su Dexron/Mercon especificación ATF se puede utilizar en una lista completa de vehículos fabricados por fabricantes distintos de General Motors y Ford, a menudo sin mejor razón que una vez algún modelo hecho por esa empresa utilizado Dexron/Mercon.

Por ejemplo, Valvoline afirma en sus materiales promocionales que su DEX-MERC MaxLife ATF está "recomendado para su uso en GM, Ford, Mazda, Toyota, Chrysler y la mayoría de los vehículos de importación." Fíjate que omitieron la palabra "todos". Si pones MaxLife en un vehículo que se supone que está usando Dexron VI o Mercon LV, ha anulado la garantía de la transmisión. Además, esta ATF de Valvoline es esencialmente una versión de la antigua Dexron III y Mercon ATF. Desde 1998, Chrysler ha estado utilizando un ATF sintético, ya sea ATF+4 o ATF+5, que Chrysler dice específicamente que no es compatible con Dexron O Mercon. Los anuncios de Valvoline afirman que este fluido es "recomendado" para los productos Chrysler. Sin embargo, la propia "hoja de datos de productos" de Valvoline (la ficha de datos producida para cada aceite de motor y ATF que da sus especificaciones, que se puede encontrar en el sitio web de la compañía petrolera) dice que esta ATF se recomienda para vehículos modificados genéticamente, (que utilizan Dexron III) y productos Ford (Usando Mercon) y hace No afirman que este fluido se recomienda para cualquier producto Chrysler, mucho menos productos GM usando Dexron VI o Fords que requieren Mercon Lv.

Otras empresas petroleras también hacen reclamos demasiado amplios por sus ATF multivehículos. Quaker State dice que su ATF multivehículo es "recomendado" para Chrysler, Honda/Acura, Toyota, Nissan, VW/Audi, BMW, Hyundai, Mitsubishi, Mercedes Benz, Saturn, y Jeep vehículos y "adecuado" para muchos más, incluyendo vehículos GM y vehículos Ford. Pero la hoja de datos del producto para esa ATF no menciona BMW, Volkswagen, Audi, o Mercedes-Benz, o Saturn. En su lugar, la hoja de datos del producto enumera principalmente las aplicaciones que utilizan Dexron III o Mercon V. La mayoría de los vehículos BMW, Mercedes-Benz, Volkswagen y Audi no utilizan Dexron/Mercon tipo de fluidos. Creer que la publicidad podría ser un error muy caro.

Incluso las hojas de datos del producto pueden proporcionar información cuestionable. Hoja de datos de productos de Fina para su "Dexron-III/Mercon ATF" dice que se recomienda para "todos los últimos modelos GM... Chrysler y la mayoría de los coches importados... transmisiones automáticas, así como (sic) las de los vehículos Ford que Mercon fluido." Pero, de nuevo, un fluido compatible con Dexron III o Mercon no va a ser compatible con Chrysler ATF +4 o ATF+5, ni será adecuado para ninguno de los dos Dexron Vehículos VI o Ford LV. La hoja de datos del producto es simplemente incorrecta.

Siempre que un ATF multivehículo se anuncie como adecuado para una larga lista de vehículos, tenga sospechas. La mayoría de estos fluidos son simplemente versiones de Dexron III o Mercon. A menos que su coche haya sido entregado nuevo con Dexron III (o una versión anterior de la misma), Mercon O Mercon V fluido, debe asegurarse de comprobar la hoja de datos del producto de cualquier ATF multivehículo antes de usarlo. Si tiene alguna duda de que Dexron III o Mercon es adecuado para su coche, no se arriesgue a utilizar un fluido multivehículo.

También hay un par de otras complicaciones. Es posible que el auto GM tome el líquido de transmisión Toyota o el fluido de transmisión Honda. Su BMW podría tomar la misma ATF que el Audi de su vecino. Diablos, tu nuevo BMW podría usar Dexron VI. El Pontiac Vibe está equipado con una transmisión Toyota, y el Saturn Vue tiene varios modelos con transmisiones Honda. BMW compra su nuevo automático de General Motors. Audi, BMW, Jaguar y Volkswagen compran transmisiones a ZF, una compañía de transmisión alemana.

Por lo tanto, para seleccionar el ATF adecuado para su coche, comience con el manual del propietario. El manual indicará el ATF recomendado, a partir del momento en que el coche era nuevo. Con ese punto de partida, aquí hay una lista de fluidos de transmisión que están, o han estado, en el mercado y lo que sustituyó a lo que:

Tipo A y Tipo A, Sufijo A

Fluidos de transmisión muy antiguos sustituidos por Dexron Y Mercon. Equivalente a Mercedes-Benz Hoja 232.2.

Dexron, Dexron II, IID, y Dexron Mentira

Estos son los GM originales Dexron ATFy ya no tienen licencia de la compañía, habiendo sido sustituidos por Dexron III, que ahora ha sido sustituida por Dexron VI. La diferencia entre Dexron, II y IIE se encargaron principalmente de los inhibidores de la oxidación.

Dexron III y IIIH

OE ATF en GM durante muchos años y ampliamente adoptado por otros fabricantes. General Motors now considera todos ellos para ser obsoletos y descontinuado la concesión de licencias Dexron IIIH en 2006. Dexron IV fue una versión actualizada de Dexron III, que fue utilizado por GM sólo brevemente.

Dexron III/Saturno

Una versión de Dexron III desarrollado para ciertos modelos de Saturno.

Dexron VI

El nuevo ATF modificado genéticamente, fue desarrollado específicamente para la nueva automática de seis velocidades y es una mezcla sintética (lo que significa que tiene algunas existencias de base convencionales). Esa transmisión tiene tolerancias internas más estrictas y requería un fluido que tuviera mayor resistencia al cizallamiento que Dexron.

Se introdujo con los modelos de 2006. GM considera Dexron VI para ser "compatible conversiones anteriores", lo que significa que GM lo recomienda para su uso en cualquier vehículo que originalmente utilizó cualquier versión anterior de Dexron y que se pueden mezclar con ellos. Sin embargo, GM recomienda específicamente no utilizar Dexron VI en vehículos no modificados genéticamente que utilizaban Dexron III como equipo original. También es la ATF especificada en ciertos modelos no modificados genéticamente que utilizan transmisiones modificadas genéticamente, como BMW. Sin embargo, no se especifica para los vehículos de marca modificada genéticamente que tienen transmisiones no modificadas genéticamente, como se mencionó anteriormente, o que son importados a los Estados Unidos.

Nota: Dexron VI no se recomienda para: Pontiac Vibe and Wave, Chevy Aveo, Epica, y Equinox, Saturn ION con transmisión CVT o AF23, Saturn Vue con transmisiones CVT, AF33 o 5AT, o Saturn S 1991-2002. Se trata de vehículos con transmisiones que no fueron fabricados por General Motors.

Ford Tipo F

Una antigua ATF introducida por primera vez en 1967 y utilizada en todos los productos Ford anteriores a 1977, y en algunos hasta 1980; también se utiliza en varios vehículos de importación de la época, incluyendo Mercury Capri, Jaguar, Mazda, Saab, Toyota y Volvo. El tipo F no es compatible con ningún otro ATF. Específicamente, no es compatible con Mercon ATF.

Ford Tipo H

Desarrollado para la transmisión automática C5 Ford introducida en 1981, ha sido sustituido por Mercon. El tipo H no es compatible con el tipo F y no debe utilizarse en una transmisión que requiera el tipo F.

Ford Tipo CJ

Diseñado originalmente para la transmisión automática Ford C6, también ha sido sustituido por Mercon y también se puede reemplazar con Mercon V, pero nunca debe utilizarse en una transmisión que requiera tipo F. Dexron II es una alternativa aprobada al Tipo

Mercon

Introducidos en 1987 y similares a Dexron II. Ford dejó de conceder licencias Mercon en 2007 y ahora recomienda Mercon V para todas las transmisiones que se utilizaban anteriormente Mercon. Mercon es un reemplazo adecuado para el fluido Tipo H y Tipo CJ, pero no para el Tipo F

Mercon V

El Ford ATF más común en Fords de último modelo, es muy parecido Dexron III. No debe utilizarse en una transmisión que requiera Ford Tipo F.

Mercon Lv

El último Ford ATF, es llenado de fábrica en 2008 y posteriores Fords. El LV significa "baja viscosidad". Es un ATF totalmente sintético. No es compatible con Mercon fluidos, por lo que no debe mezclarse con Mercon O Mercon V solía reemplazar esos fluidos. Tampoco es compatible con ningún otro fluido.

Mercon Sp

Una versión de Mercon V con un paquete aditivo mejorado.

Mercon Cvt

Ford ATF lo desarrolló específicamente para modelos con transmisiones continuamente

Chrysler 7176

Ahora obsoleto fluido Chrysler para vehículos de tracción delantera.

Chrysler ATF+2, también llamado 7176 D

Utilizado por primera vez en 1997, protección de oxidación añadida y mejor flujo de clima frío que 7176.

Chrysler ATF+3, también llamado 7176E

Diseñado para automáticas de cuatro velocidades, utiliza aceites base de mejor calidad para obtener una mayor resistencia que ATF+2. Siempre se debe utilizar en 1999 y anteriores minivans fabricadas por Chrysler, en lugar de versiones posteriores de los Archivos todo terreno Chrysler.

Chrysler ATF+4, también llamado ATE

Una ATF sintética introducida en 1998, siempre debe utilizarse en cualquier vehículo en el que se especifique ATF+4. Se puede utilizar en vehículos Chrysler fabricados en años anteriores, excepto para minivans de antes de 2000, que utilizan la transmisión 41TE/AE. No es compatible con Dexron O Mercon Fluidos.

Chrysler ATF+5

ATF sintético utilizado en 2002 y modelos más recientes, no es compatible con Dexron O Mercon Fluidos.

Audi

Utiliza principalmente transmisiones automáticas fabricadas por ZF y en las que ZF especifica Esso LT 71141, que se vende bajo un número de pieza VW/Audi. También se utiliza en ciertos modelos de BMW.

BMW

Las transmisiones automáticas son realizadas por General Motors o por ZF. La mayoría de las transmisiones automáticas modificadas genéticamente Dexron III, aunque algunos utilizan Texaco ETL o Texaco ETL 7045. El nuevo uso de automáticas de seis velocidades construido por GM Dexron VI. Algunas de las transmisiones ZF también utilizan Dexron III, pero la mayoría no. Estos utilizan, dependiendo del modelo, Texaco ETL 7045E, Texaco ETL 8072B, Esso LT71141 o Shell LA2634. Cada uno de estos fluidos son vendidos por los concesionarios

Mercedes-Benz Hoja 236.20

Se trata de la especificación ATF de Mercedes-Benz para vehículos con transmisiones continuamente variables. El precio de venta sugerido es de \$10

Toyota WS

Este es el fluido Toyota más nuevo y también es un fluido de viscosidad más baja que el tipo T-IV. El "WS" significa "estándar mundial". También se utiliza en vehículos Lexus.

Volkswagen

Utiliza principalmente transmisiones automáticas fabricadas por ZF y que especifican Esso LT 71141, que se vende bajo un número de pieza VW/Audi. (También se utiliza en ciertos modelos de BMW.)

Toyota Tipo T-IV

Fluido Toyota especificado para vehículos Toyota y Lexus. Solo se vende en concesionarios Toyota o Lexus o en línea. Reemplaza los tipos I, II y III. También se utiliza en Pontiac Vibe (que tiene un tren motriz Toyota).

Fluido de transmisión automática Volvo

Utilizado sólo en esos modelos que estado en la varilla de transmisión "utilizar sólo fluido Volvo."

Mercedes-Benz Hoja 236.12

Se trata del fluido sintético Mercedes-Benz diseñado para las nuevas transmisiones automáticas de 7 velocidades y es compatible con todos los modelos Mercedes-Benz. Una especificación, no un producto de marca. Sin embargo, Mercedes-Benz lleva su "Fluido de Transmisión Automática Sintética Mercedes-Benz" en una lista de venta al por menor de 10 dólares por cuarto, que cumple con esta especificación.

Porsche ATF no. 999 917 547 00

De nuevo, Esso LT 71141, especificado porque se utiliza una transmisión ZF y se vende bajo un número de pieza Porsche.

Jaguar JLM 20238

Se trata de Esso LT 71141, especificado por el fabricante de la transmisión, ZF, y vendido bajo un número de pieza Jaguar. También se especifica para ciertos modelos de VW, Audi y BMW.



Grasas automotrices

Si bien se presta mucha atención a los principales lubricantes para automóviles, como el aceite de motor y el fluido de transmisión, hay muchos otros componentes en un vehículo que tienen requisitos específicos de lubricación. Uno de estos componentes es el conjunto del cubo, donde comúnmente se usan los conocidos como lubricantes de extremo de rueda.

Los conjuntos de cubo pueden lubricarse o engrasarse, y al igual que los motores y las transmisiones, las prácticas de engrase y lubricación tendrán un impacto considerable en su vida útil y funcionamiento. Cuanto mejor cuide estos componentes, más durarán.

Cómo funcionan los ensambles de cubo

La mayoría de los conjuntos de cubo utilizan un rodamiento en el eje para permitir que la rueda gire libremente. Estos son típicamente rodamientos de elementos cónicos para ayudar a soportar cargas en múltiples direcciones. A menudo se instalan en pares en los volantes. Para las ruedas que no giran, conocidas como ruedas motrices o inactivas, puede encontrar rodamientos de bolas tradicionales.

Lubricación con grasa

La gran mayoría de los extremos de las ruedas están lubricados con grasa. A diferencia del aceite, la grasa hace un mejor trabajo al permanecer en su lugar dentro del rodamiento y la carcasa. También puede resistir la degradación mientras está en servicio mejor que un aceite tradicional. La desventaja es que la grasa puede ser difícil de reemplazar, y el exceso de grasa es común en muchas aplicaciones.

Los rodamientos de las ruedas de los automóviles de pasajeros suelen estar lubricados con grasa y sellados de por vida, lo que significa que el lubricante no se puede reemplazar. La grasa en servicio no solo debe proporcionar las mismas propiedades lubricantes que el aceite, sino que también debe ser capaz de resistir las temperaturas presentes en el extremo de la rueda para evitar el sangrado excesivo de aceite del espesante. Esto es muy importante en aplicaciones que requieren frenado frecuente, ya que la fricción en los frenos a menudo se transfiere a los rodamientos de las ruedas.

Al seleccionar una grasa para un rodamiento de rueda, comience considerando el lubricante recomendado o la grasa que ya está en uso dentro del rodamiento. Se sabe que las grasas tienen problemas de compatibilidad cuando se mezclan diferentes tipos. Este riesgo se minimiza en gran medida si puede reemplazar completamente la carga de grasa limpiando todos los residuos del lubricante viejo.

Algunas investigaciones sobre el espesante de grasa y el aceite base pueden arrojar luz sobre si la nueva grasa podrá mezclarse con la grasa en servicio. En caso de duda o si existen problemas de compatibilidad, intente realizar un cambio de grasa lo más completo posible.

Las grasas automotrices tienen especificaciones de desempeño que originalmente fueron clasificadas por NLGI, siguen un protocolo de prueba descrito en el estándar ASTM D4950-14 Clasificación y especificación estándar para grasas de servicio automotriz, por ASTM International. Las clasificaciones para las grasas automotrices se dividen en dos categorías: chasis y rodamientos de ruedas.

Algunas grasas que pasan ambos protocolos de prueba pueden llevar la marca de doble servicio. Las grasas de chasis se clasifican como “LA” para servicio liviano y “LB” para servicio severo. Las grasas para rodamientos de ruedas tienen tres clasificaciones: GA, GB y GC. Al igual que las clasificaciones de chasis, la principal diferencia es cuán robusta es la grasa y cuán severas son las condiciones de manejo.

Varían desde servicio ligero (GA), servicio moderado (GB) y servicio severo (GC). Las frecuencias de reengrase siguen el mismo patrón, con relubricación más frecuente para GA a menos frecuente con GC. La mayoría de las grasas empleadas en aplicaciones automotrices tienden a tener la marca de doble servicio, que incluye LB y GC.

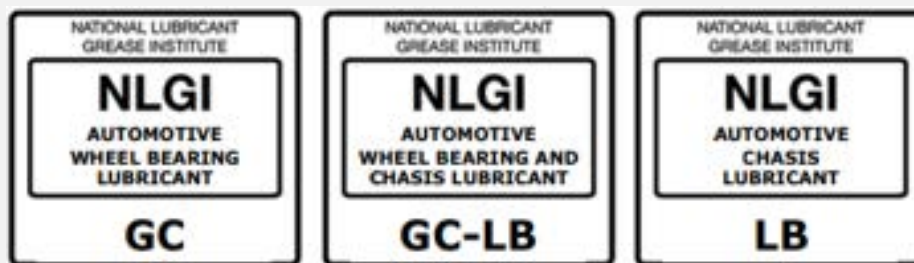


Figura 2. Marcas de certificación NLGI

Las clasificaciones de rodamientos de ruedas GA a la GC tienen pruebas similares realizadas según la especificación, pero el protocolo varía según la clasificación. Todas las clasificaciones de rodamientos de ruedas están sujetas a pruebas de consistencia, punto de goteo y desempeño a baja temperatura.

También tienen el mismo criterio de consistencia, lo que los coloca en el rango de consistencia NLGI de 1-3. La consistencia de grasa más común es NLGI 2. Para las otras dos pruebas, los límites de aceptación cambian de acuerdo con la clasificación, y GC requiere valores más altos en la mayoría de las otras pruebas.

Se realizan pruebas adicionales de protección contra la corrosión, resistencia al agua, fugas, vida útil a altas temperaturas, protección contra el desgaste y compatibilidad con elastómeros para grasas GB y GC. Las grasas GC también se prueban para desempeño de extrema presión.

Durante la instalación, la grasa a menudo se empaca en estos rodamientos a mano. No solo se debe empacar grasa en el rodamiento, sino que se debe aplicar un poco de grasa en la carcasa y en las superficies internas del extremo de la rueda donde se encuentra el rodamiento. Esto ayudará a prevenir la corrosión.

La carcasa también debe tener algo de grasa en la cavidad que rodea el rodamiento, pero no debe llenarse. Este espacio en la cavidad permitirá que la grasa salga del rodamiento y proporcionará espacio para la expansión térmica del lubricante. Si la cavidad está completamente llena, se producirá un batido de grasa y calor excesivo.

Ciertos extremos de ruedas tienen accesorios de engrase que permiten el reengrase periódico del rodamiento. Si los reengrasa con una pistola de engrasar, asegúrese de aplicar la grasa lentamente y deténgase si experimenta una contrapresión anormal. Tenga en cuenta que una pistola de engrase puede generar suficiente presión para hacer estallar los sellos y crear una abertura que permita la entrada de contaminantes y la fuga de lubricante.

En maquinaria fuera de carretera, el ambiente por lo general es muy severo con una variedad de factores a tomar en cuenta, como son el agua, el polvo/tierra, sellos defectuosos y altas cargas. En esta situación, la selección de la grasa es un factor clave. Necesitará de una grasa que brinde una buena protección contra la herrumbre y buena resistencia de película y al agua.

Los rodamientos normalmente sufren menos contaminación, sin embargo, a menudo experimentan una amplia variación en velocidad y temperatura. En este caso, debe seleccionar una grasa con una buena resistencia a la oxidación, una excepcional estabilidad mecánica y un buen desempeño en un amplio rango de temperaturas.

En términos generales, los rodamientos de las ruedas de los vehículos livianos pueden ser lubricados adecuadamente con una grasa de consistencia NLGI 2 multipropósito o EP, formulada con un aceite básico de aproximadamente 200 cSt a 40 °C, que satisfaga los requisitos de la categoría de servicio GC de NLGI, la cual cubre los rodamientos de ruedas de carros de pasajeros, camiones y otros vehículos que operan en condiciones de servicio medianas a severas. El espesante típicamente es de litio complejo o poliurea.

Hay grasas que contienen molibdeno y son recomendadas para rodamientos de ruedas sujetos a cargas muy pesadas o cargas de choque, especialmente a velocidades bajas y movimiento oscilatorio como las encontradas en juntas universales y CV (homocinéticas). Si dichas grasas son usadas en rodamientos de alta velocidad, el problema que se presenta con el elemento rodante es que este se “deslizará” sobre la pista en lugar de rotar los 360° debido a la poca fricción. Como resultado, el rodamiento desarrolla puntos planos que no permiten la formación de la película lubricante, disminuyendo su vida en servicio.

Además, las grasas para juntas CV son fabricadas en consistencia NLGI 1 y podrían no ser adecuadas para lubricar los rodamientos de ruedas automotrices.

Si tiene dudas en cuanto a qué grasa utilizar en los rodamientos automotrices, consulte el manual del fabricante del vehículo y/o al fabricante de los rodamientos.



Por qué se debe filtrar el aceite nuevo

¿Qué tan incómodo es para su organización cuando un producto fuera de especificación evade su proceso de aseguramiento de calidad y llega a sus clientes?

He oído hablar de algunos casos en los que esto provocó el despido de empleados, directivos e incluso algunos contratos. El problema aquí es que los clientes pagaron por un producto que no pudieron usar. ¿Te suena familiar?

Del mismo modo, cuando compra aceites lubricantes nuevos, está pagando por un producto que no puede o no debería poner en uso inmediato.

Lo que me desconcierta es por qué tantas personas mantienen a sus proveedores de lubricantes con un estándar diferente al que ellos mismos tienen como proveedores. ¿Hay algo malo en el dinero que pagó? Si no, ¿por qué debería haber algo malo con el producto que compró?

Exija limpieza

Existen numerosas razones por las cuales los lubricantes nuevos están sucios o no cumplen con las especificaciones. Tambores o contenedores contaminados, contaminación cruzada de cargas a granel y etiquetado incorrecto de contenedores son solo algunas de ellas.

Los humanos son imperfectos y cometen errores. Algunos proveedores están trabajando diligentemente para mejorar sus procesos internos y minimizar estos problemas.

Infortunadamente, no es suficiente, y para decirlo sin rodeos, es su culpa. Los proveedores de lubricantes responderán a la demanda del mercado. Si exige lubricantes más limpios, se los proporcionarán. Inicialmente, el precio será más alto, pero a medida que la limpieza mejorada se convierta en la norma, el precio se estabilizará.

Depende de usted realizar un análisis de costo-beneficio y determinar si el precio adicional por unidad de lubricante sería más barato que el costo del equipo de filtración, las pruebas, las horas hombre dedicadas a limpiar el aceite o el costo del tiempo de inactividad y la reducción de la confiabilidad.

Me atrevería a adivinar que, en casi todos los casos, vale la pena el gasto extra. El primer paso en este proceso es exigir limpieza.

63%

de los profesionales de la lubricación no filtran los lubricantes antes de almacenarlos, según una encuesta reciente realizada en MachineryLubrication.com

Cómo se contaminan los lubricantes

En cada proceso de fabricación, se produce una cierta cantidad de partículas. Gran parte de estas son lo suficientemente pequeñas como para volar y llegar a la maquinaria y al producto, ya sea cemento, alimentos, contenedores metálicos u otros productos.

Por lo general, cuanto más inherentemente sucio es el proceso, más laxos es el control de la limpieza.

El petróleo crudo extraído del subsuelo está sucio con partículas y otros contaminantes. A medida que se refina, se convierte en un fluido “más limpio”.

Obviamente, se incluye un poco de filtración como parte del proceso de refinación, pero la pregunta es cuánto y en qué grado.

Incluso si la refinería pudo lograr y mantener una condición de cero ingreso de partículas, los aceites base se cargan en vagones, camiones cisterna o tanques a bordo de embarcaciones marítimas, que es cuando las cosas comienzan a desviarse.

¿Qué métodos se utilizan en este momento para proteger al aceite base contra la contaminación por partículas? Tenga en cuenta que ni siquiera hemos comenzado a analizar la contaminación con agua o la contaminación cruzada de los lubricantes.

Cuando los aceites base se reciben en la planta de mezclado, ¿qué controles de limpieza existen? ¿Cuál es la estrategia para los respiraderos en los tanques de almacenamiento a granel?

No pase por alto la limpieza de los aditivos, ya que no sirve de nada mantener los aceites base limpios y luego contaminarlos con aditivos sucios.

Supongamos que sus aceites base se almacenan en un tanque en la planta de mezclado con métodos de ingreso cuestionables, y los aditivos también son de limpieza cuestionable. Ahora se mezclan en un recipiente de mezclado. ¿Cómo se mezclan estos lubricantes? En lotes pequeños, esto podría implicar algo tan simple como una paleta en un taladro eléctrico de mano. ¿Se lavó el recipiente con aceite base limpio? ¿Y qué hay acerca de la batidora? ¿Estaba expuesta al medio ambiente? ¿Se dejó el recipiente de mezclado abierto y expuesto mientras se produjo la mezcla?

Para mezclas más grandes, ¿cómo se mantienen limpias? De nuevo, ¿hay una estrategia aceptable de control de ingreso de partículas? ¿Se lavan los mezcladores con un aceite base limpio? ¿Se mantienen los contenedores sellados para limitar el ingreso de contaminantes?

Algunas plantas emplean un proceso de “rociado” para mezclar los lubricantes. ¿Cuál es la limpieza del aire que usa? ¿Se utiliza aire seco para instrumentos? ¿Cómo es el aire de planta en sus instalaciones?

Una vez que se mezcla el lubricante, ¿se filtra cuando se coloca en su envase final? ¿Cuáles son los métodos de prevención de ingreso en el vagón, camión o tanques para transportar el lubricante terminado? Para los lubricantes envasados, ¿cuál es la limpieza del contenedor? La fabricación de los tambores involucra el rectificado y soldadura, que no solo crea partículas metálicas sino que casi garantiza que las partículas ingresen al tambor de aceite o grasa. Por esta razón, muchas compañías solicitan tambores con revestimientos.

¿Qué pasa con los envases de plástico? ¿Qué estrategias existen para garantizar que estos contenedores estén limpios? Los expertos coinciden en que debe filtrar el lubricante en cada paso del proceso, desde el refinado hasta el envasado final. ¿Cómo puede asegurar que esto ocurra? Usted tiene poco control, o ninguno, sobre lo que les sucede a los lubricantes antes de recibirlos.

Con suerte, he pintado una imagen de lo que puede salir mal. No estoy insinuando que esto está sucediendo o que ocurrirá, pero ¿cómo puede estar seguro? Hasta que exija que sus lubricantes lleguen en un estado limpio, fresco y seco, es poco probable que suceda. ¿Por qué las refinerías y las compañías de aditivos se molestan en mantener limpios los componentes de los lubricantes?

Al igual que cualquier otra industria, existe presión para mantener bajos los costos. ¿Por qué las plantas de mezclado deben preocuparse por filtrar el aceite, especialmente si nadie lo está exigiendo?

Los beneficios de los lubricantes más limpios

Casi puedo garantizar que los aceites que recibe en su planta tienen varios códigos de limpieza más sucios de lo que debería poner en sus máquinas.

Limpiar sus lubricantes con tan solo un código de limpieza puede proporcionar un aumento del 35 por ciento en la vida útil del equipo. ¿Cuánto vale una extensión de vida del 35 por ciento para usted y su organización?

FINAL	*/20/17	*/19/16	*/18/15	*/17/14	*/16/13	*/15/12	*/14/11
INICIAL							
*/26/23	X 5	X 7	X 9	X >10	X >10	X >10	X >10
*/24/21	X 3	X 4	X 6	X 7	X 9	X >10	X >10
*/22/19	X 1.6	X 2	X 3	X 4	X 5	X 7	X 8
*/20/17	--	X 1.3	X 1.6	X 2	X 3	X 4	X 5
*/19/16	--	--	X 1.3	X 1.6	X 2	X 3	X 4

Figura 1. Posible extensión de la vida útil de los sistemas hidráulicos cuando aumenta la limpieza del lubricante.

¿Ha perdido clientes debido a que no les entregó a tiempo su pedido? De ellos, ¿cuántos fueron el resultado directo de un problema relacionado con la confiabilidad o el tiempo de inactividad de su maquinaria?

Algunos proveedores están trabajando para proporcionar lubricantes más limpios. Los que lo hacen han dicho que es en respuesta a que los clientes lo exigen. Varios clientes incluso han incluido sus requisitos de limpieza en su contrato de servicio, lo cual es una gran idea.

Filtrar antes de usar

Todavía no he visto un contenedor de lubricante de ningún proveedor que diga “Filtrar antes de usar”. Usted es responsable de esta tarea, con todos sus costos asociados.

Me alienta que varias de las plantas que he visitado estén filtrando sus aceites antes de usarlos. Infortunadamente, la mayoría de estas plantas lo hacen por un período de tiempo aleatorio.

Por ejemplo, puede escuchar: “Conectamos un carro y filtramos cada tambor durante una hora antes de que entre en nuestros tanques”. ¿Cómo sabes que una hora es suficiente o quizás es demasiado?

Para los propósitos de este artículo, filtrar por “demasiado tiempo” costará más en consumo de energía y el tiempo que el técnico pasa cuidando el carro de filtración.

Es poco probable que dañe los aceites filtrándolos demasiado tiempo, pero podría obtener mucho más valor haciendo otras actividades.

Lo que más me preocupa es cuando los aceites no se filtran lo suficiente y se pone aceite sucio en la maquinaria. Sin efectuar un conteo de partículas, solo está adivinando cuánto tiempo deben filtrarse sus aceites.

Lamentablemente, por cada planta que filtra sus aceites antes de su uso, hay innumerables plantas que no lo hacen.

El valor de esta simple mejora en su programa de lubricación no puede ser exagerado. La figura 1 muestra la posible extensión de la vida útil de los sistemas hidráulicos cuando aumenta la limpieza del lubricante.

Con pocas excepciones, los aceites no deben ponerse en servicio sin filtración. El período de tiempo que se debe filtrar el aceite variará considerablemente según el nivel de limpieza inicial del lubricante, la tasa beta del filtro y la tasa de flujo en litros por minuto de la bomba en la unidad de filtración.



Figura 2. Estos resultados son de un estudio realizado hace unos años. Infortunadamente, la limpieza del lubricante no ha progresado mucho. Algunas compañías han mejorado, pero aún queda un largo camino por recorrer.

Otras consideraciones

Todo lo que se ha descrito anteriormente está relacionado con un solo aspecto de la condición del lubricante: su limpieza. Sin embargo, también debe considerarse el contenido de humedad, la posibilidad de contaminación cruzada del lubricante, lubricantes mal etiquetados y lubricantes fuera de especificación.

¿Con qué frecuencia visitaría un restaurante que arruina su pedido una y otra vez?
¿Cuánto tiempo está dispuesto a sentarse en un restaurante y esperar su pedido?
¿Cuántas veces aceptará la respuesta de “ya viene” o “no tarda” antes de que se levante y se vaya, y es probable que nunca vuelva?

¿Cree que sus clientes son diferentes? ¿Con qué frecuencia puede salirse con la suya entregando un pedido fuera de tiempo? ¿Cuántas de esas entregas perdidas se deben a fallas en el equipo? La mayoría de esas fallas se remontan al desgaste de la maquinaria y la falla inducida por partículas.

Recuerde, el aceite nuevo no significa aceite limpio. Existen innumerables empresas, incluidos sus competidores, y aunque puede parecer inverosímil, la limpieza del lubricante puede ser en algunos casos una verdadera ventaja competitiva.



Vida de almacenamiento de lubricantes

En estos días, parece que todas las cosas que compramos tienen una fecha de caducidad. Encontrará etiquetas que dicen “mejor consúmase antes de” en casi todo, desde la leche hasta las baterías, pero no encontrará tal leyenda en las grasas o aceites.

¿Cuál es la vida de almacenamiento aceptable para una cubeta de grasa de jabón complejo de litio con EP, o para un tambor de aceite de turbinas ISO VG 32 con R&O? ¿Qué efecto tiene el ambiente de almacenamiento? ¿Qué debería hacer para evitar almacenar un lubricante más allá de su vida de almacenamiento? Es importante conocer las respuestas a estas preguntas para alcanzar la excelencia en lubricación.

La oxidación se presenta en todos los aceites que están en contacto con el aire, lo que incluye a los lubricantes almacenados. El aceite base y la combinación de aditivos afectan la tasa de oxidación, y la presencia del espesante en la grasa puede incrementar la tasa de degradación. Pero el medio ambiente y las condiciones de almacenamiento tienen la mayor influencia en la tasa de degradación de los lubricantes. Al incrementar la temperatura de almacenamiento en 10 °C (18 °F) se duplica la tasa de oxidación, lo cual recorta la vida útil del aceite a la mitad. La presencia de agua, que generalmente se introduce por efecto de las variaciones de temperatura, incrementa la tasa de oxidación.



Figura 1. Existen límites para la vida de almacenamiento de lubricantes

La agitación frecuente del lubricante incorpora aire al aceite. Esto incrementa la superficie en contacto entre el aceite y el aire, incrementando la tasa de oxidación. La agitación también sirve para emulsificar el agua en el aceite, incrementando su efecto catalizador en el proceso de oxidación. El almacenamiento del contenedor por sí mismo puede afectar la tasa de oxidación. Un tambor de aceite pobremente acondicionado puede exponer el aceite al hierro, lo que cataliza el proceso de oxidación. Por supuesto, el empleo de contenedores no reactivos (plástico) o forros para tambores elimina el efecto catalizador del metal en la oxidación.

Vida de almacenamiento de lubricantes

Recepción y almacenamiento de lubricantes (R)

Variable	Incremento de la vida de almacenamiento	Reducción de la vida de almacenamiento
Aceite base	Aceites minerales altamente refinados, hidrocarburos sintéticos y sintéticos inertes como los aceites base silicón	Aceites minerales de menor grado y ésteres inorgánicos
Aditivos	Aditivos R&O	Aditivos EP
Espesante	No	Si
Temperatura de almacenamiento	Bajo	Alto
Contenedor	Contenedores de plástico o con forros	Tambores de metal, especialmente aquellos pobremente acondicionados
Humedad	Bajo	Alto
Agitación	Bajo	Alto
Almacenamiento en exteriores	No	Si

Tabla 1. Factores que afectan influyen la vida en almacenamiento de los lubricantes nuevos

Los autores de libros sobre lubricación George Wills y Dr. A.R. Landsdown sugieren que los niveles de inventario deben fijarse de tal manera que los lubricantes se utilicen en un rango entre 3 a 12 meses, dependiendo del tipo de lubricante (Tabla 2). Establezca los niveles de inventario para que se mantengan dentro de los objetivos. Si rebasa los límites, confirme la calidad mediante análisis de aceite.

Producto	Tiempo máximo recomendado de almacenamiento (meses)*
Grasas de litio	12
Grasas de calcio complejo	6
Aceites lubricantes típicos	12
Fluidos resistentes al fuego tipo emulsión	6
Aceites solubles	6
Aceites solubles de mezclas especiales	3
Emulsiones de cera	6

Tabla 2. Vida de almacenamiento para lubricantes específicos según Wills

El equipo editorial de Machinery Lubrication encuestó a varios proveedores de lubricantes, entre ellos había grandes corporaciones multinacionales, pequeños fabricantes independientes y consultores en lubricación para que nos dieran sus recomendaciones para la vida de almacenamiento de lubricantes.

Les preguntamos sobre 10 productos, desde un aceite mineral R&O ISO VG 32 a una grasa de poliurea base PAO con aditivos EP; y almacenamiento en interior a 20°C (68°F), en exterior a un clima templado de 30°C (85°F) y exterior a clima frío -13°C (9°F).

Encontramos una gran variación en las respuestas y nos generó cierta preocupación por el desacuerdo con reconocidos autores como George Wills y Dr. A.R. Landsdown. En pocos casos, los encuestados fueron reacios a responder, probablemente por la significativa influencia que tienen las condiciones de almacenamiento en la vida de almacenamiento.

También les pedimos que nos compartieran las guías recibidas de sus proveedores acerca de la vida de almacenamiento. Las respuestas variaron desde “muy poca información” a “no nos han dicho nada”. Algunos reportaron que sus proveedores les dieron recomendaciones sobre el ambiente de almacenamiento, pero no de los límites en almacenamiento.

Dada la falta de consenso, desafortunadamente no podemos recomendarles una mejor práctica a los usuarios finales. La industria necesita guías sobre los siguientes temas, los cuales son críticos para lograr la excelencia en lubricación.

- Adecuado ambiente de almacenamiento de lubricantes
- Requerimientos estimados de uso, trimestral semestral, anual
- Métodos de almacenamiento y uso (sistema de inventarios PEPS/FIFO)
- Límites de vida de almacenamiento, incluyendo fecha de elaboración, fecha de empaque, fecha de entrega y la fecha de puesta en servicio del lubricante o de apertura del contenedor.
- Pruebas de condición de lubricantes expirados o los que se han dañado en almacenamiento.

Los cuatro pilares de la lubricación

Los cimientos de la lubricación de excelencia son: el lugar correcto, el momento correcto, la cantidad correcta, y en la condición correcta. El almacenamiento de los lubricantes nuevos desempeña un rol muy importante para asegurar que el aceite es entregado en la condición correcta. La industria necesita mejores prácticas y guías para seguir. A pesar del hecho de que nuestra encuesta no haya sido un estudio controlado científicamente, la carencia de consenso sugiere que el usuario final recibe poca guía sobre el almacenamiento de los lubricantes y su vida límite, y la información proporcionada puede ser inconsistente.



Almacenamiento de lubricantes

Almacenamiento de lubricantes en interiores

Los tambores, baldes, bidones y bolsas deben almacenarse en un lugar limpio y seco. Las temperaturas de almacenamiento deben permanecer moderadas en todo momento. Los lubricantes almacenados deben ubicarse lejos de todo tipo de contaminación industrial, incluido el polvo y la humedad. Los tapones deben mantenerse apretados en todo momento y las cubiertas del tambor deben usarse siempre que los tambores se almacenen en posición vertical (tapones en las posiciones de las 3 y las 9 en punto). Idealmente, los lubricantes se almacenan en la posición horizontal en los estantes de almacenamiento adecuados, lo que permite que los contenedores se giren y se usen aplicando el método de primero en entrar, primero en salir (ver Figura 1).

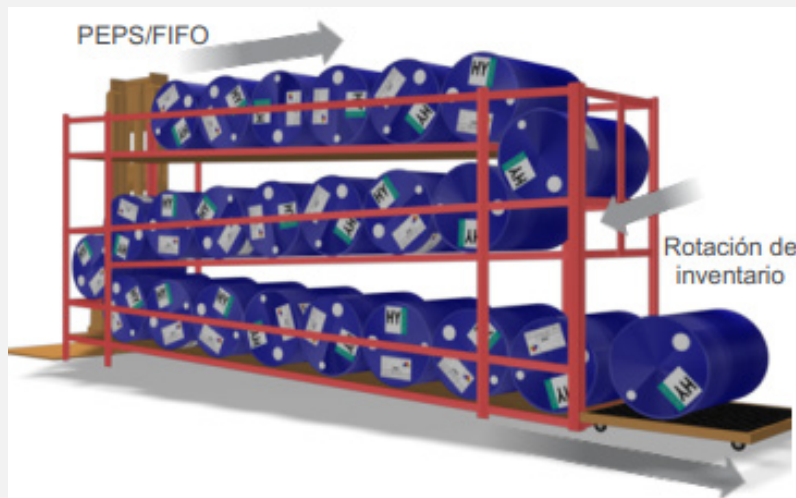


Figura 1. Estantería para almacenamiento horizontal de tambores

Almacenamiento de lubricantes en interiores

Si bien se recomienda el almacenamiento en interiores de lubricantes, esto no siempre es posible debido a limitaciones de espacio, financieras o cuando se recibe lubricante en alto volumen para tareas especiales de mantenimiento o parada de planta. Si los lubricantes deben almacenarse en el exterior, realice un seguimiento del consumo de lubricante con cuidado y reponga los inventarios “justo a tiempo” para minimizar la exposición a condiciones adversas. Si los lubricantes deben almacenarse afuera, protéjalos de la lluvia, polvo, nieve y otros elementos. Coloque los tambores de lado con los tapones en posición horizontal (3 y 9 en punto) debajo del nivel de lubricante. Esto reducirá en gran medida el riesgo de que los tapones se sequen e ingrese humedad causada por la respiración (ver Figura 2).

Almacenamiento de lubricantes

Recepción y almacenamiento de lubricantes (R)



Figura 2. Almacenamiento temporal de lubricantes a la intemperie

El almacenamiento a la intemperie de tambores de aceite nuevo tiene un riesgo muy alto para que ingrese agua en el aceite si los tambores no son almacenados correctamente. Esto es especialmente cierto durante los meses de verano, cuando la temperatura en los tambores puede llegar por encima de los 65°C.

Cuando llueve, el agua queda atrapada en la tapa de los tambores y eventualmente cubriendo los tapones. A medida que el tambor se calienta (mediante la luz solar y la temperatura ambiente) y se enfría (cuando vuelve a llover o durante la noche), literalmente “respira”. Esto es, se presenta un intercambio entre el aire contenido en el espacio superior del tambor y el de la atmósfera y viceversa. Durante el proceso de “inhalación” el agua que está en la tapa de los tambores y que cubre los tapones es succionada a través de ellos e introducida en el aceite. Esto puede ocurrir hasta en tambores que nunca han sido abiertos.

Una vez que el agua se encuentra en el aceite, comienza a precipitarse hacia el fondo del tambor elevando el nivel de aceite. A medida en que este proceso continúa, más y más agua se acumula en el fondo del tambor, deformándolo y haciendo que el aceite salga a través de los tapones.



Figura 3. Cómo ingresa el agua a sus tambores por el almacenamiento a la intemperie

Este problema puede ser controlado con algunas acciones y recomendaciones de bajo costo. Cuando es inevitable almacenar tambores a la intemperie, estos deben ser colocados horizontalmente y cubiertos. Hay en el mercado una gran cantidad de paletas (tarimas de contención) que hacen posible este tipo de almacenamiento. Si lo anterior no se puede realizar, considere el uso de contenedores modulares, diseñados para el almacenamiento a la intemperie. Existen varios tipos disponibles y que pueden ser usados para proteger sus lubricantes.

Control de inventarios

Tenga en cuenta que, cuando los contenedores se almacenan a la intemperie, el método de PEPS/FIFO (Primeras Entradas-Primeras Salidas (First In-First Out) debe ser rigurosamente ejecutado. También, asegúrese de almacenar la menor cantidad posible. Esto disminuye el riesgo de contaminación y degradación de los productos.

Aunque a menudo se pasa por alto, la forma en que almacena sus tambores tiene un gran impacto en la vida del lubricante mucho antes de que este sea puesto en uso. Recuerde, cuando se trate de la máxima vida en servicio y la efectividad de un lubricante, usted siempre querrá mantenerlo limpio, seco y fresco.

Control de inventarios

Dos consecuencias comunes de la mala gestión del lubricante son la contaminación cruzada y la mala identificación del lubricante. Todos los tambores deben estar claramente etiquetados y estampados para garantizar la identificación adecuada del producto. Evite utilizar métodos de etiquetado que no sean legibles o que se desgasten con el tiempo. Tenga especial cuidado en el etiquetado de los contenedores que deben almacenarse en el exterior ya que la humedad, el calor y el polvo pueden dañar la etiqueta. Las etiquetas de identificación codificada por colores simplifican el proceso, reduciendo el riesgo de una aplicación incorrecta. Si se emplea un sistema de codificación de color, asegúrese de que también haya información alfanumérica o numérica para quienes tienen dificultad para percibir los colores.



Almacenamiento de grasa

Cuando se almacena grasa, e incluso cuando se está utilizando, se presentará una cierta cantidad de sangrado. Aunque esto es común, la tasa a la que esto ocurre puede controlarse por medio de un almacenamiento apropiado y técnicas de uso. Antes de ver esas estrategias, es importante entender cómo se elabora una grasa y los tipos de liberación de aceite que se pueden presentar.

Composición de la grasa

Grasa = 70 a 95 por ciento de aceite básico + 3 a 30 por ciento de agente espesante + 0 a 10 por ciento de aditivos.

En general, una grasa es un producto semifluido que consiste de una dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante. Este sistema espesante puede elaborarse a partir de un jabón simple o complejo, como por ejemplo de calcio, sodio, aluminio, litio o bario, o de una base no jabonosa como la arcilla (bentona) o la poliurea. El sistema espesante puede compararse con una esponja que contiene una matriz de fibras o plaquetas con una alta área superficial formando una densa red de micro-asperezas (vacíos) o fibras.



Figura 1. Efectos de un almacenamiento deficiente de grasa

Es en estos vacíos o estructura fibrosa en donde el aceite básico y los aditivos se almacenan hasta que son necesarios para lubricar.

Así como una esponja libera agua cuando se exprime, la grasa libera su aceite básico del sistema espesante cuando es sometida a tensión. El esfuerzo al que está sujeta una grasa puede ser generado mecánicamente o térmicamente durante la aplicación o almacenamiento.

Técnicas de almacenamiento y manejo

Como la mayoría de los materiales, las grasas lubricantes se deteriorarán poco a poco con el tiempo. La velocidad y el grado de deterioro dependen de las condiciones de almacenamiento y manipulación a la que se expone.

La grasa puede cambiar sus características durante el almacenamiento. El producto puede oxidarse, sangrar, cambiar su apariencia, contaminarse o hacerse más firme o más suave. El grado de afectación varía con la duración del almacenamiento, la temperatura y la naturaleza del producto.

Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, algunas grasas pueden cambiar su dureza por envejecimiento, provocando que el producto se vuelva más firme e incremente su consistencia o que incluso se reblandezca, haciendo que la grasa se salga de su grado de consistencia original. Este comportamiento puede agravarse por las condiciones de almacenamiento prolongado. Por esta razón debe evitarse almacenarla por períodos prolongados.

El Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI, por sus siglas en inglés) recomienda que si una grasa se almacena por más de un año, sea inspeccionada y se le practique la prueba de penetración trabajada para asegurar que la grasa todavía se mantiene dentro del grado NLGI original.

Otra práctica recomendada de la industria específica que siempre que se reciba cualquier tipo de lubricante, deben seguirse los métodos de uso y almacenamiento de acuerdo con el sistema de manejo de inventarios “primero en entrar/primero en salir” (PEPS o FIFO). Esto simplemente requiere que el usuario utilice en primer lugar la grasa que entró primero en el almacén. Además, los fabricantes de grasas deben colocar un código de fecha o número de lote en los envases individuales o cajas que ayuden a determinar el mes, día y año en que la grasa se fabricó.

Como se mencionó anteriormente, las grasas tienden a sangrar y liberar sus aceites básicos durante el almacenamiento. La tasa de liberación de aceite aumentará con el tiempo y variará en función de la temperatura a la que se almacena. Idealmente, la grasa debe almacenarse en interiores, en un área fresca y seca, que no exceda de 30 °C (86 °F) ni esté por debajo de 0 °C (32 °F).

No es raro encontrar recipientes de grasa en las zonas de almacenamiento que tienen temperaturas de hasta 54 °C (130 °F). Las áreas de almacenamiento también pueden estar expuestas a contaminantes como el polvo, la suciedad, la humedad o agua de lluvia, que pueden deteriorar severamente la calidad de la grasa.

Un contenedor de grasa no debe exponerse directamente a los rayos del sol ni almacenarse en áreas en contacto directo con alguna fuente de calor, como tuberías de vapor, hornos, la cabina de un camión en un clima muy cálido, etc. Esto no hará sino agravar la tasa de liberación de aceite que pudiese ocurrir.

Siempre almacene la grasa en su envase original y mantenga el recipiente cerrado hasta que sea la hora de utilizarlo. Limpie la tapa o cubierta del contenedor antes de abrirlo y utilice siempre herramientas limpias y equipos especiales para despacho cuando manipule o bombee la grasa. Después de usarla, el contenedor debe cerrarse inmediatamente y mantenerse así hasta su siguiente uso. Antes de colocar nuevamente la tapa en el contenedor, limpie el polvo, la suciedad o el exceso de grasa que hubiera podido acumularse.

Los cartuchos de grasa y lubricadores automáticos de un punto deben almacenarse en posición vertical en todo momento. Si el cartucho se deja instalado en alguna pistola de engrasar, esta debe estar sin presión, limpiarse con un trapo limpio para eliminar los contaminantes y almacenarla en posición horizontal dentro de un lugar limpio, fresco y seco, como un gabinete o armario, para evitar que el aceite sangre fuera de la grasa.

Para garantizar aún más la limpieza y calidad original de una grasa, así como para evitar la separación excesiva de aceite, se recomienda observar las siguientes técnicas para el almacenamiento y manejo de las grasas:

- No utilice grasas lubricantes que hayan estado almacenadas por largos períodos de tiempo a menos que su condición y limpieza pueda ser verificada por un análisis de laboratorio.
- Si se sospecha que hubo mezcla accidental o sabe que existe, consulte al proveedor del lubricante o realice las pruebas de compatibilidad.
- El almacén debe estar separado de áreas con contaminantes, tales como partículas metálicas, polvo, suciedad, vapores químicos y humedad. El cuarto debe estar a temperatura adecuada, bien ventilado y contar con accesorios limpios, equipos de despacho y otras necesidades. El personal también debe estar debidamente capacitado en las técnicas de almacenamiento y control de inventarios para evitar la contaminación.
- Los contenedores de grasa deben estar claramente etiquetados con la fecha en que fueron recibidos, el tipo y marca de grasa, etc. Estas etiquetas deben colocarse en un sitio en el que se puedan leer fácilmente. Posiblemente sea conveniente colocarlas tanto en la tapa como en el costado del envase.
- Guarde la grasa en su envase original hasta que vaya usarla. Los tambores, cubetas o baldes, cartuchos y cajas no deben dejarse en el suelo, sino sobre un estante, plataforma o tarima de al menos varios centímetros de altura.
- Nunca deje los contenedores de grasa mal cubiertos, destapados o abiertos. Manténgalos cerrados herméticamente entre usos. Si los recipientes se almacenan en exteriores, cúbralos con una lona pesada, o con una cubierta de plástico para evitar el ingreso o acumulación de agua o suciedad. Debe evitarse colocar los tambores, cubetas y bidones directamente sobre el suelo, almacenándolos sobre sus costados o inclinados en un ángulo de 45 grados para evitar que entre humedad o suciedad al producto.
- Todos los instrumentos utilizados para manipular o aplicar la grasa deben limpiarse antes de utilizarlos.

Almacenamiento de grasa

Recepción y almacenamiento de lubricantes (R)

- Nunca utilice palas de madera o espátulas para remover o transferir la grasa de los contenedores a las pistolas de grasa u otros sistemas de despacho. Esta práctica implica un alto riesgo de contaminación.
- Si se emplea un sistema de calefacción en los tambores, debe contar con algún mecanismo regulador de temperatura. La grasa nunca debe calentarse por encima de 24°C (75° F), y el calentador no debe dejarse encendido permanentemente ni dejarse desatendido. Esto puede causar que la grasa libere fácilmente el aceite o incluso endurecerse debido a la oxidación y el esfuerzo térmico.
- Nunca use un soplete o llama abierta para calentar un contenedor de grasa. Esto genera riesgo de incendio.
- Mantenga un registro de inventario y utilización independiente por cada producto. Llevar un registro del consumo de grasa y en qué máquina o pieza de equipo se utiliza le ayudará a mantener un inventario exacto.
- Utilice primero el contenedor más antiguo.
- Antes de almacenar o utilizar una grasa, inspeccione los contenedores recibidos por cualquier daño, como abolladuras graves, corrosión o humedad.
- Utilice algún tipo de codificación y sistema de etiquetado para identificar el contenido de los envases de lubricantes, los sistemas de bombeo/transferencia, herramientas y tuberías que transportan la grasa en toda la planta. Asegúrese de que todas las válvulas de transferencia, mangueras y equipos de despacho se mantengan limpios. Los sellos y juntas también deben conservarse en buen estado.
- Todos los contenedores de transferencia deben llenarse bajo condiciones limpias.
- Los recipientes de grasa debe vaciarse por completo antes de desecharlos.



Diseño del cuarto de lubricación

Para cualquier planta que busque la excelencia en lubricación, debe haber un punto de partida visual que establezca el escenario para lo que vendrá en otras partes de la instalación. No hay mejor lugar para eso que el cuarto de lubricación. De hecho, nunca he oído hablar de una planta que exhiba excelencia en lubricación de maquinaria que no lo haga también por la excelencia en el cuarto de lubricación. El cuarto de lubricación sirve como la pieza central y el estado óptimo de referencia para la excelencia en lubricación. Tiene que hacerlo bien.

Esto es importante porque la transformación puede tomar un tiempo para plantas grandes. Roma no se construyó en un día. Para tener éxito, debe tener un cimiento sólido y un recordatorio constante de cómo deben ser la calidad y el éxito. Se puntualiza efectivamente que este estándar de excelencia debe replicarse en cada máquina donde se utilizan lubricantes. Hay un elemento psicológico enorme y muy importante aquí.

Si toma atajos en el diseño y en la calidad de su cuarto de lubricación, se hará lo mismo en otras partes de la planta. La mediocridad se convierte en la norma y quedará embebida en la cultura. Cuando esto ocurre, el cuarto de lubricación se transforma en una pocilga de herramientas, bombas, mangueras, pistolas de engrasar, botellas, bolsas y tambores. No deje que eso suceda. Sea exigente y demandante, y establezca un estándar alto que motive la excelencia de confiabilidad en el resto de la planta.

La falsa economía de lo barato

Los expertos coinciden en que la mejor manera de superar una falla catastrófica de una máquina es no teniéndola. Sin embargo, los que están en el campo del mantenimiento entienden que la confiabilidad de la máquina tiene un precio. Por un lado, centrarse solo en la confiabilidad de la máquina puede no controlar los gastos excesivos y, en el otro extremo, las iniciativas que reducen los gastos de mantenimiento actuales sin tener en cuenta las consecuencias de la confiabilidad a largo plazo son con frecuencia un centavo y una tontería.

La poca confiabilidad y las fallas prematuras de la máquina tienen un impacto financiero compuesto. Medir con desánimo un elemento hará que se disemine como un cáncer cuando vaya a medir otra cosa. No me malinterprete, la excelencia proviene de opciones óptimas y, ciertamente, no de elecciones inútiles o innecesarias. La lubricación de precisión significa un estado sin exceso, en el que no sobre, pero que tampoco falte. Buscamos un estado de excelencia esbelto, óptimo. Las condiciones de funcionamiento y la necesidad de confiabilidad definen el estado óptimo.

El cuarto de lubricación es el lugar perfecto para mostrar y enfatizar el mejor ejemplo de la excelencia de una lubricación optimizada. Una gran parte de la excelencia no es el resultado del dinero gastado, sino de un alto estado de orden, atención al detalle, calidad y organización.

El cuarto de lubricación debe ser un escaparate que permite que las máquinas funcionen confiablemente y al menor costo posible. Debe ser un lugar de orgullo y una deslumbrante demostración de valores de lubricación y confiabilidad fuertes y efectivos. Debe representar e inculcar lo correcto de la lubricación.

Mostrar visiblemente la excelencia en la práctica

Use las paredes de su cuarto de lubricación como tableros de comunicación para mostrar y enfatizar mensajes críticos, especialmente la necesidad de cambiar. No asuma que los técnicos de lubricación y otros miembros del personal de mantenimiento recuerdan y comprenden los principios de la excelencia en lubricación. Es posible que se les haya mencionado durante el entrenamiento, pero eso no significa que lo recuerden o que vayan a cambiar fácilmente la forma en que realizan el trabajo en la planta.



Las paredes del cuarto de lubricación y los tableros de comunicación deben ilustrar una imagen clara de lo que se necesita y se espera. Son su carta de presentación y plan maestro para el cambio. Algunos ejemplos de lo que se puede mostrar como recordatorios frecuentes de sus mensajes críticos incluyen las políticas de mantenimiento, las políticas de seguridad, los procedimientos y tareas de lubricación estandarizadas, programas de capacitación, carteles con buenas prácticas, y consejos para la inspección de las máquinas y el cuarto de lubricación.

Considere mostrar fotos con comentarios sobre las mejores prácticas y quizás sobre lo que no está permitido. Algunas compañías usan pantallas de TV para proyectar videos de capacitación sobre muestreo de aceite, control de contaminación, procedimientos de engrase con pistola manual, prácticas de inspección, métodos de almacenamiento y manejo de lubricantes, etc

Accesorios y equipo para un cuarto de lubricación de clase mundial

Por lo general, un cuarto de lubricación bien equipada debe contener los siguientes elementos:

- Estantes o soportes para tambores (cilindros) de aceite, diseñados para soportar varios contenedores
- Bombas para transferencia de aceites y grasas

Diseño del cuarto de lubricación

Recepción y almacenamiento de lubricantes (R)

- Válvulas y conectores en tambores
- Pistolas (inyectores) de grasa y contenedores para aplicar aceite
- Equipo portátil como carros de lubricación, bombas para drenado de lubricante, pistolas neumáticas para grasa, sistemas de reacondicionamiento (deshidratadores, centrífugas) y carros de filtración
- Consumibles de mantenimiento, como trapo para limpieza, conexiones para grasa, filtros de repuesto, material absorbente para fugas y derrames, respiradores, etc.
- Gabinetes para almacenamiento de artículos diversos, bien conservados, con orden e identificación
- Si se requiere, tanques de almacenamiento a granel/semigranel (Tote o IBC) para grandes volúmenes de aceite o grasa
- Sistemas de purificación o reacondicionamiento de aceites usados, equipo para mezcla de aceites solubles, solventes para limpieza



Todos los equipos y accesorios para el despacho y contención de aceites y grasas deben conservarse impecablemente limpios, pero desafortunadamente muchos de los operarios de instalaciones industriales y de equipo móvil ponen poca o nula atención a la limpieza de los lubricantes en almacenamiento y en los equipos para su despacho. Esas actitudes descuidadas le cuestan a la industria cientos de miles de dólares anualmente en fallas de maquinaria a causa de la contaminación.

Recomendaciones para evitar la contaminación

Como mínimo, deben aplicarse las siguientes recomendaciones para reducir los problemas asociados con la contaminación de los lubricantes y equipos de despacho durante las actividades de almacenamiento y aplicación.

1. Todos los dispositivos de transferencia de aceite deben mantenerse completamente limpios en todo momento y cada dispositivo debe limpiarse cuidadosamente e inspeccionarse antes de utilizarlos. Entre ellos están los contenedores de aceite, bombas de despacho, pistolas de engrasar y herramientas.
2. Cada contenedor o dispositivo de despacho debe estar claramente identificado y marcado para su uso y sólo debe emplearse para el propósito al que está destinado para evitar la mezcla accidental de lubricantes incompatibles o aplicar el aceite equivocado. El personal de mantenimiento y operación debe recibir entrenamiento en los temas de cuidado del equipo de lubricación.
3. Todos los lubricantes deben ser filtrados en cada trasvase y antes de introducirlos a las máquinas. Puede emplearse un carro de filtración o bomba portátil con filtro para este fin. Los filtros deben tener un tamaño objetivo de partícula de al menos 5 o 6 micrones y deben tener una media filtrante de profundidad del tipo absorbente.
4. Si los lubricantes se despachan desde un tanque de almacenamiento a granel, las líneas de despacho deben contar con sistemas de filtración similares. Los filtros deben contar con dispositivos de monitoreo de su condición, como medidores de flujo o medidores de presión diferencial, para indicar cuando el filtro esté obstruido.

Los fabricantes de maquinaria y proveedores de lubricante recomiendan pre-filtrar el aceite. Además, en muchas máquinas el mantener la limpieza del aceite es un factor para hacer efectiva la garantía.

No ignore los beneficios intangibles

Cuando las personas hacen un mal trabajo, se sienten mal con ellos mismos y con su trabajo. Del mismo modo, cuando las personas hacen un buen trabajo, se sienten bien con ellas mismas y con su trabajo. La capacitación, el empoderamiento, la limpieza, el orden, las herramientas, la cultura, la documentación, la medición, la comunicación y la preparación de la máquina permiten un buen trabajo. La confiabilidad no se da por sí sola. Hay un elemento de comportamiento humano que es crítico.

¿Qué sucede cuando tiene un cuarto de lubricación de clase mundial que está limpio, organizado y equipado con todo lo necesario? Manda un mensaje sutil a los técnicos de lubricación, operadores y otras personas que realizan tareas de mantenimiento para que reconozcan que el trabajo de calidad en la planta es importante. Además, transmite uniforme mensaje de que la gerencia invertirá en la excelencia y espera que el trabajo se realice con el mismo estándar. La cultura de la excelencia se vuelve contagiosa, se propaga y pronto se graba en todos. Por fin, la "parte de la gente" de la excelencia en lubricación se pone bajo control.

Diseño del cuarto de lubricación

Recepción y almacenamiento de lubricantes (R)

El cuarto de lubricación es el punto de partida necesario. Cuando tiene un cuarto de lubricación de alta calidad, usted comienza finalmente el proceso de obtener una lubricación sostenible de alta calidad en la máquina. Esto se traduce en una mayor atención a los detalles cuando se realizan tareas de lubricación, inspecciones más intensas, mejores muestras de aceite, máquinas más limpias por dentro y por fuera, etc. Su cuarto de lubricación se convierte en el centro de comando o de control de la misión para la excelencia en lubricación



Contenedores de relleno de lubricante

Los contenedores herméticos y reutilizables (H&R) se están volviendo cada vez más populares en la industria de la lubricación. Estos contenedores, que se fabrican en diferentes estilos y tamaños para adaptarse a sus necesidades, pueden tener un rápido impacto en su programa de lubricación, ayudando a prevenir el ingreso de partículas en los aceites nuevos y la contaminación cruzada de aceites diferentes.

Las partículas y la humedad pueden entrar en los lubricantes por diversas fuentes y puntos de entrada. Muchos de estos contaminantes ingresan en los lubricantes cuando están siendo manipulados y transportados desde la planta de mezclado del lubricante hasta el componente de la maquinaria en el punto final de uso. En máquinas pequeñas, puede introducirse una cantidad sorprendentemente grande de contaminación durante esta última etapa, entre el almacenamiento a granel o intermedio (tambor o tote) y la propia máquina. Aquí es donde un contenedor de relleno H&R puede desempeñar un papel vital, controlando la entrada de contaminantes durante los rellenos y cambios de aceite de rutina, si el contenedor se maneja correctamente.

Evite el uso de embudos



En toda la industria, parece que, si va a rellenar una máquina con aceite, deberá transferir el lubricante desde un recipiente grande a través de un pequeño puerto de llenado en la parte superior de la máquina.

Un embudo está diseñado para ensanchar esta abertura para agregar el aceite. Si bien los embudos pueden facilitar esta tarea, no se recomiendan debido a su potencial para introducir contaminantes en el lubricante.

Los embudos generalmente se almacenan en un estante sucio en un cuarto de lubricación. Cuando un técnico de mantenimiento toma un embudo y camina a través de la planta, va expuesto a la suciedad y al polvo. Antes de colocarlo en un puerto de llenado, el embudo puede limpiarse con un trapo sucio que el técnico ha estado llevando en uno de sus bolsillos, exponiendo el embudo a más contaminantes.

Cuando un lubricante fluye a través del embudo, no es lo único que ingresa al equipo. Todas las partículas de suciedad en el interior del embudo también entran en la máquina. Aunque algunas personas pueden tener cuidado de las partículas grandes, son las que no se pueden ver con el ojo humano las que causan el mayor daño.

Otro riesgo del uso de embudos es la posibilidad de contaminación cruzada entre dos lubricantes incompatibles. Hay muchos aceites en el mercado que, si se mezclan con otros lubricantes, podrían causar daños graves a la máquina. La mayoría de los embudos no están codificados por colores ni etiquetados de una manera que estén designados para usarse solo con un determinado lubricante. Por lo tanto, varios aceites diferentes pueden fluir a través del mismo embudo, contaminando potencialmente el lubricante dentro de la máquina con el potencial de causar daños significativos.

Si hay una situación en la que absolutamente debe usar un embudo, la mejor opción es emplear uno del tipo desechable. Estos embudos de un solo uso se pueden almacenar en su empaque original para mantenerlos limpios hasta justo antes de usarlos y luego desecharlos.

Contenedores de relleno herméticos y reutilizables

Las aceiteras necesitaban renovarse desde hace varios años. Eran completamente anticuadas desde el punto de vista de la modernidad y necesidades de la lubricación y la confiabilidad de la maquinaria. Afortunadamente, han surgido en el mercado nuevos productos con características muy avanzadas.

A pesar de su obsolescencia, las aceiteras prevalecen en muchas organizaciones como un mal hábito. Cuando se cree que por fin han desaparecido, vuelven a presentarse. O las compañías que usan tales productos arcaicos son Neandertales o simplemente no entienden la oportunidad de sepultar lo obsoleto a favor de lo nuevo. Esta columna fue escrita para darle un pequeño empujón a quienes parecen tener problemas para captar o entender este importante mensaje. En el mundo de la confiabilidad de la maquinaria, este mensaje no es trivial, sino más bien un cimiento fundamental de un programa de confiabilidad bien diseñado



Figura 2. Contenedores de relleno inadecuados

Un contenedor H&R es una buena alternativa a un embudo. Estos recipientes suelen tener una boquilla (rígida o flexible) o una tapa equipada con bomba manual, lo que facilita la transferencia de lubricantes desde el cuarto de lubricación a cualquier máquina en la planta. Sin embargo, el principal beneficio de estos contenedores es que reducen las posibilidades de ingreso de partículas.

El cuidado apropiado de un contenedor H&R es crítico. Dichos cuidados incluyen el mantener los recipientes sellados cuando no estén en uso, conservarlos debidamente etiquetados para evitar cualquier contaminación cruzada entre lubricantes diferentes al rellenarlos, mantenerlos limpios tanto en el interior como en el exterior, y almacenarlos en un gabinete cerrado cuando no se utilicen.

88%

De los profesionales de la lubricación en USA utilizan contenedores H&R, de acuerdo a una encuesta reciente efectuada en machinerylubrication.com

Una forma de evitar la entrada de contaminación en un contenedor H&R es mediante el uso de conexiones rápidas en los modelos de bomba manual. Si se instala un conector rápido hembra en el extremo de la manguera y un conector rápido macho en la tapa del envase H&R, el recipiente permanecerá sellado e impedirá el ingreso de contaminantes externos que pudiesen estar presentes, incluso al rellenar el recipiente.

También es importante mantener limpios los contenedores H&R. Tomar aceite limpio y filtrado de los contenedores de almacenamiento a granel (tambores y totes) y ponerlo en un contenedor H&R que ha quedado expuesto y sin su tapa, recogiendo partículas o humedad, o simplemente utilizar un mismo contenedor para todos los aceites, es una pérdida de tiempo y esfuerzo. Las máquinas deben tener aceite limpio. Utilizar correctamente los contenedores H&R para rellenar sus máquinas puede ayudar a impulsar su programa de lubricación a niveles más altos.

Cuándo limpiar

- Si un contenedor se ha dejado abierto (sin la tapa, las boquillas abiertas, etc.) durante un largo periodo de tiempo, debe drenarse el aceite en el interior y limpiarse el recipiente.

Mejores prácticas para usar contenedores H&R

- Compre suficientes contenedores para que puedan ser dedicados a las diferentes áreas de trabajo y por tipo de lubricante. No comparta contenedores, ni se arriesgue a caer en contaminación cruzada de lubricantes.
- Guarde los contenedores H&R en gabinetes cercanos al punto de uso para mantenerlos limpios y seguros. Esto también mejora la comodidad (los rellenos son más oportunos) y minimiza el riesgo de contaminación cruzada
- En la etiqueta del envase, marque la fecha en que el contenedor se limpió por última vez y cuándo se debe volver a limpiar
- Siempre tome nota de cualquier sedimento, lodo o agua. Si se detecta alguno de ellos, corrija la causa raíz para evitar la futura introducción de contaminantes en su equipo
- Mantenga limpio el exterior de los recipientes, especialmente la boquilla de despacho y las zonas de las agarraderas
- Capacite a todos los operadores y técnicos de lubricación en el uso adecuado de los contenedores H&R

Mejores prácticas para usar contenedores H&R

En la mayoría de los casos donde se utiliza un contenedor H&R para transportar y distribuir fluidos, este puede abrirse y limpiarse con métodos tradicionales, empleando detergentes o compuestos solubles. Existen varias formulaciones "verdes", así como soluciones ácidas (como el jugo de limón), que cuando se combinan con altas temperaturas de enjuague dejarán un mínimo residuo dentro del envase y la tapa. Aplicando este método, se desensamblan y limpian el envase y la tapa, después se lavan con detergente o solución ácida y se enjuagan a alta temperatura. La mayoría de los detergentes funcionan bien para esto, pero debe evitar el uso de solventes altamente polares, como acetona o metil-etilcetona (MEK), que pueden atacar los empaques y sellos tipo O-ring en la tapa. Una vez enjuagados, se deben secar los envases y las tapas y rellenarlos con aceite nuevo. Deje fluir una pequeña porción de aceite a través de la boquilla para eliminar los contaminantes que aún pudiesen estar presentes después del secado. Si usted está trabajando en mejorar los códigos de niveles de limpieza o migrando hacia un sistema hermético, puede rellenar los contenedores manteniéndolos cerrados, empleando conectores rápidos colocados en la tapa, para así introducir aceite filtrado al contenedor

- Durante el uso, los envases pueden ensuciarse externamente cuando entran en contacto con aceite, suciedad, o la máquina. Establezca un programa rutinario de limpieza para los contenedores basado en el número de veces que son rellenos y utilizados, o haga un programa mensual.
- Evite la contaminación cruzada; no coloque aceites diferentes en el mismo contenedor. Si esto ocurre, el recipiente debe ser drenado y limpiado.

	Contenedores desechables	Contenedores H&R (Herméticos y reutilizables)
Costo inicial (relativo)	Bajo	Alto
Llenado con aceite filtrado	Si	Si
Opción de bomba manual	No	Si
Aceite filtrado al aplicarlo a la máquina	No	Requiere modificación
Aplicación a través de conector rápido	No	Requiere modificación
Riesgo de contaminación cruzada (mezcla de aceites)	Bajo	Moderado (depende de etiquetas y entrenamiento)
Requerimientos de manejo y disposición del contenedor usado	Si	No
Respirador (filtro)	No	Requiere modificación
Opción de almacenamiento en el punto de uso	Si	Menos común
Requerimiento de limpieza periódica	No	Si

Figura 2. Comparación entre contenedores desechables y contenedores H&R

Cuándo limpiar

- Deseche el lubricante restante en un contenedor de desechos adecuado
- Use una esponja para limpiar cuidadosamente el interior y el exterior del recipiente, utilizando agua caliente y jabón
- Asegúrese de enjuagar todo el jabón con agua caliente
- Limpie y seque el recipiente con un trapo que no suelte pelusa.

Recientemente se han introducido sistemas automáticos de limpieza de partes para ayudar a limpiar los contenedores H&R. Estos tipos de sistemas mejoran la productividad en el cuarto de lubricación o taller al eliminar el proceso manual de limpieza de los recipientes. En vez de limpiar manualmente cada recipiente, uno por uno, un limpiador automático permite hacerlo con varios contenedores simultáneamente, mientras usted continúa efectuando otras actividades.



Características importantes de los carros de filtración y transferencia de lubricantes

La excelencia en lubricación requiere las herramientas adecuadas para el trabajo correcto. Los carros de filtración y los carros de transferencia de lubricante son herramientas vitales que deben diseñarse para la tarea en cuestión. Esta guía analiza lo que ofrecen los fabricantes y las opciones disponibles.

Los carros de filtración de lubricante y los carros de transferencia están incluidos en esta guía de compra debido a su similitud y al hecho de que una unidad puede servir a la vez como carro de filtración y como carro de transferencia. Por definición, un carro de filtración es un sistema de filtración portátil que se puede utilizar para filtrar lubricante de un depósito. Un carro de transferencia es un carro portátil que transfiere lubricante desde una fuente de suministro (tote o tambores, por ejemplo) al sumidero o depósito del equipo.

Esta guía de compra se centra en las opciones disponibles en estos carros. Las secciones son las siguientes:

- Carros personalizados: a menudo es importante diseñar el carro según las especificaciones necesarias. Indica si el proveedor ofrece unidades personalizadas.
- Tipo de carro
 - Unidad que se puede cargar: son unidades livianas y sin ruedas que se pueden transportar con la mano o con la correa para el hombro y se pueden usar en equipos de difícil acceso.
 - Unidad estilo Dolly: estos son los diseños más comunes; Por lo general, tienen dos ruedas y pueden ser movidas por una o dos personas. Todavía son bastante versátiles y pueden ser extremadamente efectivos.
 - Unidades estilo carro: estas son las unidades grandes que se encuentran en carros de cuatro ruedas o algún tipo de marco móvil. Mover estas unidades puede requerir una carretilla elevadora para transportarlo. En esta categoría, los carros de transferencia se usan comúnmente para transportar fluidos al punto de uso, y los carros de filtración son generalmente unidades altamente especializadas, como los deshidratadores por vacío.
- Fuente de alimentación: es importante seleccionar una unidad que pueda alimentarse fácilmente en el sitio. Considere las opciones de energía disponibles.
- Características adicionales: son características que se pueden agregar a los carros para que sean más efectivos, seguros y fáciles de usar.

- **Filtros:** para obtener la filtración deseada, se debe seleccionar el filtro correcto. Esta sección enumera el tipo de unidades de filtración disponibles.
- **Unidades de filtración especiales:** esta sección indica qué tipo de filtración no convencional está disponible. Normalmente se necesita filtración especial para controlar el agua y el barniz.
- **Sensores de contaminación en línea:** estos sensores indican continuamente el nivel de contaminación del lubricante y se pueden usar para controlar el carro del filtro. Por ejemplo, si se utiliza un contador de partículas en línea, una vez que se alcanza un nivel establecido de limpieza, el contador puede apagar el carro de filtración.
- **Capacidad de lubricante:** los carros de transferencia generalmente tienen la capacidad de transportar lubricante a las máquinas. Esto se puede lograr a través de un depósito incorporado o un contenedor portátil temporal. Una práctica común es diseñar un carro de filtración en una plataforma rodante que también ayudará en el transporte de un tambor de aceite.
- **Costo:** el costo de la unidad es a menudo una parte crítica de la decisión



Prácticas seguras en el manejo de lubricantes

Cuando la mayoría de las personas piensan en la seguridad, generalmente consideran su responsabilidad personal de mantenerse a salvo. En todas las plantas, la seguridad generalmente se encuentra entre los primeros temas discutidos, y casi siempre está dirigida a las acciones individuales que se deben realizar.

Esto incluye qué equipo de protección personal (EPP) usar, qué áreas evitar, qué sirenas o alarmas hay que tener en cuenta, cuál es el plan en caso de incendios o clima severo y otros temas relacionados. Muchos sitios incluso tienen empleados y contratistas con una etiqueta o insignia visible que muestra que se ha completado una sesión informativa de seguridad adecuada.

Sin embargo, cuando se trata de las tareas específicas asociadas con un programa de lubricación, la capacitación y el conocimiento de seguridad general es insuficiente en la mayoría de las plantas. La seguridad debe ser la máxima prioridad en un sitio de trabajo, y el diseño del programa de lubricación debe ser parte de esta priorización de seguridad.



Al establecer una cultura de seguridad en torno a su programa de lubricación, debe considerar seis elementos principales: seguridad general, capacitación, almacenamiento, manipulación, monitoreo y disposición en el lugar de trabajo.

Seguridad general

Trabaje dentro de los programas de seguridad existentes en su sitio. Aproveche las reglas y regulaciones que se aplican actualmente y decida cómo se aplican a las prácticas de lubricación. Su empresa ya se ha comprometido con la seguridad y el bienestar de los empleados, y determinar cómo sus acciones se ajustan a estas prácticas existentes contribuirá en gran medida a su éxito.

Por ejemplo, muchos puntos de muestreo o llenado de aceite pueden estar en lugares de difícil acceso. Es probable que existan pautas sobre cómo obtener el acceso adecuado a esos puntos, como la protección contra caídas para trabajar en altura o cómo colocar una escalera para alcanzar un tramo de tubería. Incorpore el marco de seguridad actual en su lugar de trabajo, desde el PPE hasta la limpieza y cualquier otra cosa que el equipo de salud, seguridad y medio ambiente (HSE, por sus siglas en inglés) haya establecido para garantizar la seguridad general de la empresa.

También debe trabajar con su equipo de HSE para aportar conocimientos de lubricación a los estándares de seguridad existentes. Ayúdelos a identificar peligros y evaluar riesgos en asuntos específicos de lubricación.

La lubricación se usa para ayudar a que la maquinaria se mueva, y por definición, esto es peligroso. Realice una encuesta exhaustiva para examinar los peligros en el lugar de trabajo, como el diseño del área de trabajo, así como los riesgos de actividad como la maquinaria específica que se utiliza y los riesgos ambientales como el polvo combustible. Cree procedimientos escritos para las actividades de lubricación de la misma manera que lo haría para otros trabajos de mantenimiento o relacionados con HSE.

Entrenamiento

Entrene regularmente en seguridad. Además de incorporar las prácticas actuales de HSE en su programa de lubricación, también debe capacitar a todo el personal en los detalles de la seguridad de la lubricación. Para muchos, esto será solo una capacitación general de concientización y se puede agregar al plan anual de capacitación de actualización según la rotación definida por el equipo de HSE, de forma similar a la que se dedica a espacios confinados o la conservación de la audición.

Para aquellos que participan más activamente en la realización de acciones de lubricación, se necesitará una capacitación de seguridad más sólida. El conocimiento específico de la ubicación e identificación de lubricantes utilizando la hoja de datos de seguridad (SDS, por sus siglas en inglés) será vital. Considere incluir sesiones de capacitación práctica para el muestreo de lubricantes y las tareas de drenado/llenado.

Algunas buenas reglas generales para cuándo proporcionar capacitación serían para los empleados de primera contratación (seguridad general y trabajo específico según sea necesario), cuando un empleado está cambiando posiciones o responsabilidades para incluirlo en lubricación, o cuando se está realizando un cambio o implementación en los procesos de planta, como la adición de un nuevo sistema de lubricación, el uso de una nueva pieza de equipo de lubricación o la introducción de algún otro peligro o condición. También se debe ofrecer capacitación de actualización en función de las necesidades de la empresa o por regulación (al menos una vez al año).

Almacenamiento

Como dice el viejo adagio, una gramo de prevención vale lo que un kilogramo de cura. El almacenamiento y la contención adecuados de aceites y grasas contribuirán en gran medida a que su programa de lubricación sea seguro.

No existe una única forma correcta de almacenar lubricantes de manera segura, pero hay muchas prácticas incorrectas para administrar el almacenamiento de lubricantes. Los factores comunes que contribuyen a que los lubricantes almacenados sean inseguros son tan simples como la exposición a la intemperie o el almacenamiento de lubricantes en áreas de alto tráfico. La precipitación y la luz solar directa pueden corroer los tambores y otras conexiones metálicas. La corrosión puede dar lugar a fugas o escape de humos de tambores u otros contenedores de almacenamiento.

La exposición al medio ambiente también puede dañar los lubricantes. El aceite dañado que se bombea a través de sus sistemas puede provocar una falla temprana de la máquina y posiblemente una falla catastrófica, lo que es mucho más alarmante para la mayoría de los trabajadores que detectar un brillo de aceite que se dirige a los sistemas de desagüe ambiental.

Diseñe su almacenamiento de lubricante para ayudar a prevenir derrames o fugas al mantener los lubricantes adentro y lejos de las áreas de alto tráfico o tuberías que se sabe que tienen fugas o ventilación, como las trampas de vapor. Almacene las herramientas y lubricantes más pequeños en armarios especialmente diseñados para evitar incendios o contaminación. Es posible que se necesite ventilación adicional o monitoreo atmosférico para cumplir con las regulaciones de calidad del aire.

Siga todas las pautas establecidas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) con respecto al almacenamiento de lubricantes, incluidos los cortes de aceite, los desagües aprobados, el estibamiento y el posicionamiento de contenedores, y los sistemas de supresión o ventilación contra incendios. Trabaje en estrecha colaboración con su equipo de HSE para garantizar que cualquier cambio en su programa de lubricación tenga en cuenta estas normas.

En la siguiente ilustración, puede ver muchas de estas prácticas seguras en el trabajo. Las luces y la electricidad están clasificadas como a prueba de explosiones, se ha instalado un sistema de ventilación en el techo, se emplea un sistema de extinción de incendios, el piso está sellado para evitar que alguna fuga se filtre en el suelo, y hay un recipiente de eliminación de desechos adecuado para trapos y otras basuras.

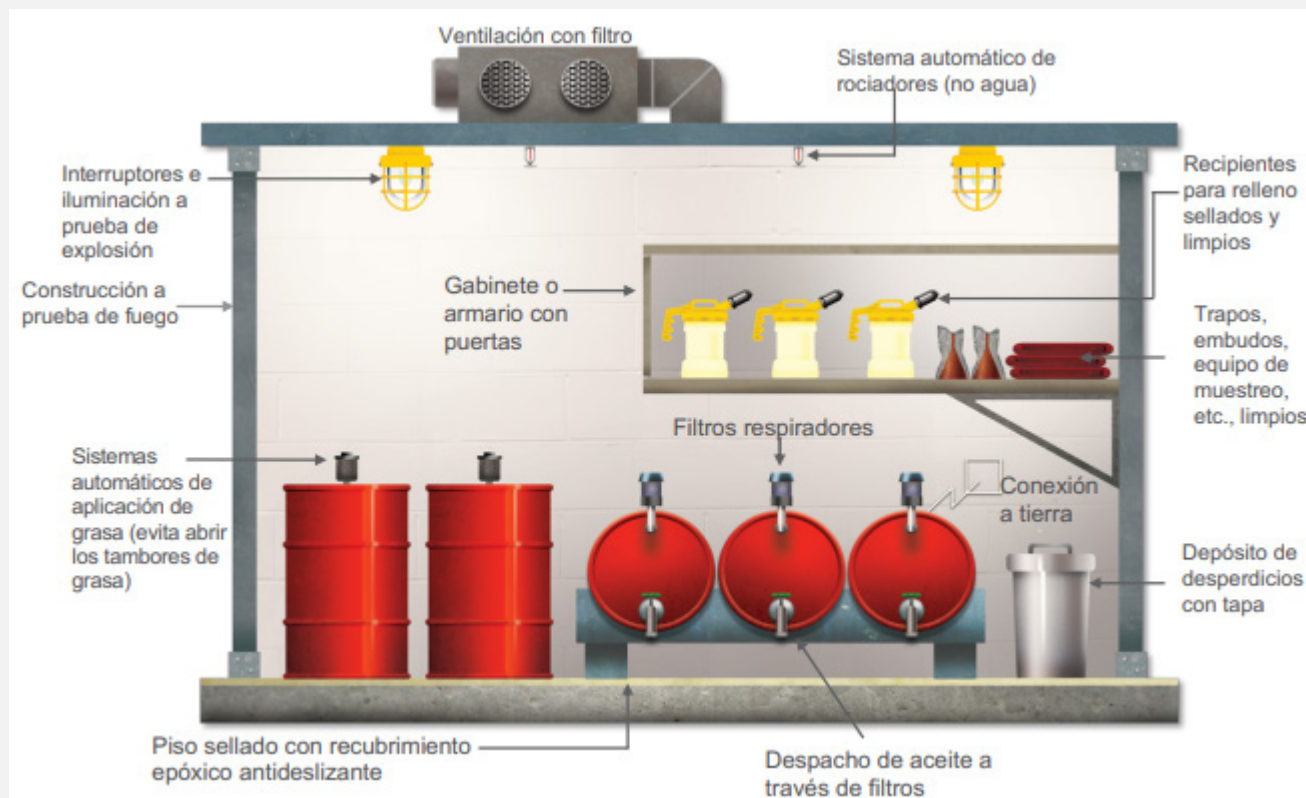


Figura 1. Ejemplo de una sala de almacenamiento de lubricante adecuada

Manejo

Si bien muchos lubricantes no son tóxicos, algunos pueden contener oligoelementos o ingredientes que pueden causar una reacción o lesiones si se manejan mal. Lea la SDS para el lubricante en cuestión y mantenga copias disponibles para los trabajadores que usan el área.

Algunos tipos comunes de clasificación de lubricantes se enumeran anteriormente con problemas de toxicidad aproximada. Además, el American Petroleum Institute (API, por sus siglas en inglés) ha clasificado todos los lubricantes en uno de los cinco grupos con advertencias específicas. Los lubricantes del grupo I se han identificado con evidencia suficiente de carcinogenicidad para los humanos.

El componente carcinogénico se llama hidrocarburo aromático policíclico (HAP, por sus siglas en inglés), también denominado aromático. Si su instalación maneja lubricantes del Grupo I, asegúrese de tomar precauciones adicionales, como pancartas grandes u otras señales de advertencia para mantener alejados a los miembros del equipo que no lo conocen.

Del mismo modo, los lubricantes del Grupo II han sido identificados como posibles carcinogénicos para los animales. Si bien no son tan peligrosos como el Grupo I, estos lubricantes requieren los mismos tipos de precauciones y advertencias. Los lubricantes de los grupos III y IV han sido tratados de tal manera que eliminan la mayoría de los compuestos aromáticos, pero algunos componentes pueden ser motivo de preocupación.

Por último, los lubricantes del Grupo V son ésteres, poliglicoles y silicona de ingeniería química. En este grupo, se debe prestar atención a los ésteres fosfatados, ya que estos compuestos tienen el mayor potencial para dañar a los humanos. Las reacciones alérgicas también son comunes para los compuestos de trifenilfosfato.

Mantenga cerca el EPP apropiado, como guantes, gafas, protectores faciales u otro equipo de seguridad. Deben emplearse prácticas que ayuden a prevenir derrames, fugas o uso excesivo, como el uso de un carro de filtración con conexiones rápidas para transferir o llenar los aceites del almacenamiento. Al tomar muestras, use un reductor de presión si el aceite normalmente trabaja a más de 100 libras por pulgada cuadrada (psig, por sus siglas en inglés).

Las grasas también tienen algunas precauciones de manipulación únicas. Estos lubricantes tienden a asentarse en el tubo cuando se almacenan a temperaturas más bajas y es posible que deban calentarse antes de la aplicación. La grasa no debe calentarse manualmente por encima de 24 °C y nunca debe calentarse con ningún tipo de llama. Además, nunca sostenga el acoplador de una pistola de engrasar con la mano durante la aplicación, y considere usar pistolas de engrase con un alivio de presión instalado o evite los tipos neumáticos para situaciones de alto riesgo.

Área de riesgo			
Tipo de lubricante	Toxicidad aguda	Dermatitis	Cáncer
Aceite mineral	Algún riesgo	Requiere cuidado	Requiere cuidado
Hidrocarburo sintético	Muy ligero	Requiere cuidado	Ninguno reportado
Diéster y poliol éster	Ligero	Requiere cuidado	Ninguno reportado
Éster fosfatado	Algún riesgo	Requiere cuidado	Ninguno reportado
Silicona	No tóxico	Riesgo bajo	Ninguno reportado
Poliglicol	Se cree que bajo	Se cree que bajo	Ninguno reportado
Difenil clorinado	Vapor irritante cuando se calienta	Requiere cuidado	Requiere cuidado
Éter fluorinado	Vapor tóxico cuando se sobrecalienta	Desconocido	No reportado
Aceite soluble	Requiere cuidado	Requiere cuidado	Requiere cuidado
Grasa	Muy ligero	Riesgo bajo	Bajo, si lo hay

Figura 1. Ejemplo de una sala de almacenamiento de lubricante adecuada

Después de cualquier actividad de lubricación, como drenado, cambio o llenado, siempre vuelva a verificar el lugar de trabajo y la máquina. Busque fugas o derrames. Es posible que un sello o tapa no se haya reinstalado correctamente. Es posible que el polvo o partículas se hayan depositado en un lugar pequeño que no se notó durante la tarea de mantenimiento y que ahora presenta un peligro potencial.

Es posible que desee programar monitoreos de la evolución de la lubricación. Observe cómo la actividad de lubricación es planificada y llevada a cabo por el personal de mantenimiento u operaciones que se ocupa de ella todos los días. Esto permite la mejora del proceso y ayuda a apuntalar áreas débiles de capacitación y deficientes prácticas de seguridad.

Incluya el área de almacenamiento de lubricante como parte de cualquier grupo de limpieza de la planta para alentar al personal a familiarizarse con el equipo, así como la forma en que las herramientas y lubricantes deben usarse y almacenarse. Esto no solo sirve para mantener el área segura porque el equipo se mantiene adecuadamente, sino que también garantiza la seguridad para otras preocupaciones, como resbalones y tropezones.

Disposición

Los lubricantes usados que están esperando su disposición son tan importantes en su almacenamiento adecuado como el aceite nuevo, si no es que más. El aceite usado puede contener contaminantes o aditivos caducados y presentar diferentes propiedades químicas que el aceite nuevo. Los lubricantes usados a menudo se mezclan y pueden tener diferentes puntos de inflamación que el aceite nuevo.

Almacene siempre el aceite usado en un área separada del aceite nuevo y siga las reglas locales de HSE para evitar combinar diferentes tipos de aceite desechado u otros productos, como trapos aceitosos.

Para los filtros usados, la mejor práctica es escurrirlos por un periodo mínimo de 12 horas, separar la porción de metal para reciclar, comprimir los medios filtrantes para eliminar el aceite y desechar el aceite en un recipiente de aceite usado. Esto reduce el riesgo de incendio al desechar todo el filtro en la basura. Deseche los trapos grasientos o aceitosos en contenedores de eliminación adecuados y no permita que se acumulen o se conviertan en un peligro. Al limpiar la maquinaria, use solventes o jabones aprobados y asegúrese de que cualquier escurrimiento vaya a un drenaje ambiental aprobado.

En resumen, almacene sus lubricantes correctamente, manipúlelos bien, deséchelos de manera adecuada, vuelva a verificar su lugar de trabajo, siga todas las pautas de seguridad específicas del sitio y capacítase según el estándar por el cual desea que el programa viva. En la mayoría de las empresas y lugares de trabajo, la seguridad es la prioridad número uno. Realizar las tareas de lubricación no debería ser diferente. Adopte una mentalidad de seguridad para planificar, ejecutar y evaluar todos los esfuerzos de lubricación en su planta.



Control de derrames de lubricantes

En la mayoría de las industrias se pone un gran énfasis en el manejo y la aplicación de lubricantes desde el momento en que llega a la planta hasta que es colocado en la máquina y puesto en servicio. Esto incluye el control de fugas y derrames y las técnicas adecuadas de manejo en toda la cadena de custodia desde la recepción hasta su disposición en forma segura y amigable con el ambiente.

Regulaciones de OSHA y EPA

Según la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA, por sus siglas en inglés), cualquier contenedor que pueda contener 208 litros (55 galones) o más de lubricante se considera almacenamiento de lubricante a granel. Esto significa que no es necesario contabilizar el volumen de almacenamiento para contenedores de relleno, baldes de 19 litros (5 galones) e incluso equipos pequeños. Sin embargo, deberá preocuparse por los contenedores que tienen una capacidad de 208 litros o más, incluidas cajas de engranajes, depósitos, unidades hidráulicas, contenedores de almacenamiento, etc. Estas capacidades deben incluirse en las cantidades totales de almacenamiento de aceite al determinar si se aplican las regulaciones federales.

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) desglosa esta cantidad acumulativa en 5,000 litros (1,320 galones) de almacenamiento sobre el suelo y 159,000 litros (42,000 galones) de almacenamiento subterráneo. No se requerirá que las instalaciones con cantidades acumulativas inferiores a estos volúmenes tengan un plan de Prevención, Control y Contramedidas de Derrames (SPCC, por sus siglas en inglés). Aún así, es una buena idea establecer algunas disposiciones para derrames accidentales de aceite. Para plantas con cantidades de almacenamiento superiores a estas normas de OSHA, el primer paso debe ser planificar un derrame de aceite.

Prepárese para un derrame de aceite

Un plan escrito de SPCC debe abordar preguntas como estas: cómo la instalación evitará la contaminación por aceite en las vías fluviales y costas adyacentes, así como qué prácticas y preparativos se utilizarán para prevenir y responder a los derrames de aceite. La EPA no requiere el uso de métodos o equipos específicos, pero permite que las organizaciones individuales decidan qué técnicas son apropiadas para ellos. Sin embargo, los planes deben cumplir con las Buenas Prácticas de Ingeniería (GEP, por sus siglas en inglés) y pueden necesitar la certificación de un ingeniero profesional.

También debe considerarse la provisión de contención secundaria para contenedores de almacenamiento de lubricante a granel. Esto puede implicar medidas activas o pasivas. Las medidas activas son aquellas que requieren que un trabajador coloque algo en práctica en sitio antes o mientras se realiza el trabajo. Esto podría ser tan simple como cubrir desagües cercanos o responder a un derrame con un kit de contención.

Los kits de contención de derrames generalmente contienen medias absorbentes, estereras, gránulos, bolsas de desecho y guantes de nitrilo. Estos artículos pueden servir como salvavidas hasta que se puedan tomar medidas más fuertes. Las medidas pasivas para la contención de aceite consisten en colocar y dejar algo de forma premanente en su lugar, como un muro de contención alrededor de un tanque grande o tarimas de contención de derrames debajo de contenedores o tambores (Figura 1)



Figura 1. Este es un buen ejemplo de correcto almacenamiento de tambores para uso en interiores y exteriores.

La contención secundaria se puede dividir en dos categorías: general y específica. Los requisitos generales abordan las descargas más probables de la maquinaria y del lubricante en almacenamiento. Esto incluye derrames de cantidades desconocidas. Los requisitos específicos apuntan a fallas importantes en los contenedores y se centran en el tamaño y el diseño. Aunque la EPA no define un volumen de falla específico, recomienda documentar los volúmenes que elija.

Al diseñar su plan, se pueden emplear ambas categorías de contención secundaria. En ciertos casos donde la contención secundaria no es práctica, la EPA ofrece clemencia. También se pueden usar medidas adicionales siempre que estén descritas en su plan.

Hay varios otros componentes de un plan SPCC, como inspecciones visuales, pruebas de integridad, protección contra sobrellenado, medidas de seguridad, capacitación y mantenimiento de registros. Hay varias compañías disponibles para ayudarlo a desarrollar su plan. También puede encontrar más información visitando los sitios web de OSHA o EPA y buscando Título 40 CFR Parte 112. Por supuesto, asegúrese de verificar sus leyes locales y estatales, que generalmente son más estrictas que las regulaciones federales.

Regulaciones NFPA

El código de líquidos inflamables y combustibles de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA, por sus siglas en inglés) no es tan estricto para la mayoría de los usuarios de lubricantes porque los aceites se consideran líquidos de Clase IIIB, que tienen un punto de inflamación igual o superior a 93 °C (200 °F). Las regulaciones para estos fluidos inflamables y combustibles se dividen en dos clases según el punto de inflamación del líquido.

Los fluidos con un punto de inflamación de 37.8 °C (100 °F) y superiores se consideran combustibles, mientras que aquellos con un punto de inflamación por debajo de 37.8 °C se consideran inflamables. Estas clases también tienen subcategorías con limitaciones adicionales basadas en el punto de inflamación y el punto de ebullición.

Debido a que los productos derivados del petróleo generalmente tienen puntos de inflamación superiores a 93 °C o más, generalmente se clasifican como líquidos combustibles de Clase IIIB. Sin embargo, esto no significa que todos los aceites estén agrupados en la Clase IIIB. Deberá leer sus hojas de datos de seguridad para determinar en qué categoría se encuentra su lubricante. OSHA no regula el grupo de Clase IIIB pero hace sugerencias para otras clases que pueden usarse para el almacenamiento de aceite.

Las regulaciones de la NFPA también tienen disposiciones para el diseño, construcción y capacidad de los gabinetes o armarios de almacenamiento. Con tantas opciones de gabinetes en el mercado, puede ser confuso saber qué tipo se debe comprar. Mi consejo es elegir el que mejor se adapte a sus necesidades y que no sea demasiado grande, a menos que sepa que se necesitará espacio adicional en el futuro.



Figura 3. Ejemplo de armario de almacenamiento de productos inflamables

El código de líquidos inflamables y combustibles también proporciona requisitos de ventilación y almacenamiento para cuartos de almacenamiento. Si se esfuerza en alcanzar un almacenamiento de lubricantes de clase mundial, esta información puede ayudarlo a configurar adecuadamente su cuarto de lubricación y modernizar cualquier práctica obsoleta.

Un enfoque proactivo



Incluso si estas regulaciones de almacenamiento de lubricantes no se aplican a sus instalaciones, debería adoptar un enfoque proactivo. Por lo general, no es hasta que ocurre un incidente que descubre lo poco preparada que está realmente su planta. Los trabajadores a menudo se quedan sin hacer lo correcto o sin saber qué hacer.

Pueden agarrar una almohadilla o un tubo absorbente para evitar que el derrame de aceite se extienda, o aplicar arena absorbente sobre un derrame. Si bien será fácil ver las deficiencias en su plan al mirar hacia atrás en el incidente, es mucho mejor prevenir estos derrames como primera instancia.

Un enfoque proactivo

1. Desarrollar programas de capacitación: Un programa de capacitación que informe a los trabajadores una vez y luego se pierda en la confusión diaria no será efectivo. Estos programas deben actualizarse e incluir capacitación periódica para el personal.
2. Compre el equipo adecuado: ¿Cómo puede estar preparado si no tiene las herramientas adecuadas? Tener el equipo de seguridad adecuado puede prevenir desastres.
3. Use señales visuales en campo: Haga un recorrido por los desagües clave que podrían conducir al drenaje pluvial o a vías fluviales, identifíquelas adecuadamente y comparta esta información con todo el personal de la planta.
4. Escuche al personal en el piso de planta: Estas son las personas que ven las fallas dentro de los sistemas que usan todos los días. Escuche sus sugerencias y luego tome medidas.



Identificación de lubricantes

Las etiquetas adhesivas o etiquetas de identificación de lubricante se han utilizado durante años para garantizar que el lubricante correcto se coloque en el lugar correcto. Sin embargo, pocas organizaciones utilizan etiquetas de lubricación en todo su potencial, mientras que algunas no las usan en absoluto. Estos dispositivos simples no solo pueden ayudar a garantizar el uso del lubricante adecuado, sino que, si se administran correctamente, también pueden mejorar la confiabilidad de la máquina.

Con frecuencia se pasa por alto que un buen sistema de etiquetado es parte clave de un programa de lubricación de clase mundial. Existen muchas soluciones en el mercado para codificación de colores que se usan comúnmente en un programa de lubricación. Algunos de estos incluyen contenedores de relleno, carros de filtración, pistolas de engrase, bolsas, bombas y otros productos similares.

Aunque la codificación por colores es una gran práctica, el simple uso de un color para un solo lubricante a menudo es ineficaz. La mayoría de las instalaciones tienen más de 10 lubricantes diferentes, por lo que puede ser difícil distinguir entre diferencias sutiles en el color, y se necesita más aclaración.

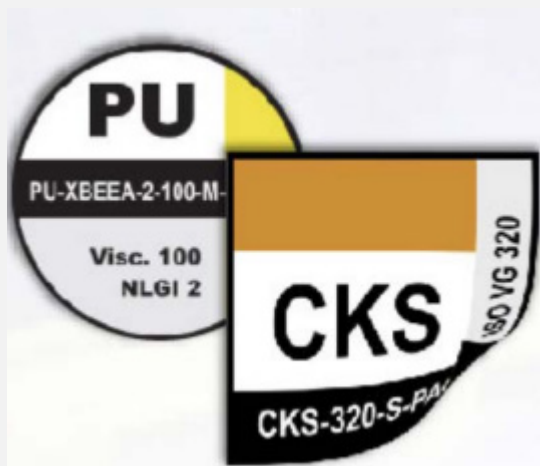


Figura 1. Ejemplos de etiquetas LIS para aceite y grasa.

Algunas organizaciones han dado el paso adicional de utilizar un símbolo junto con un color para especificar un lubricante particular para una aplicación. Al agregar un segundo identificador, como un forma geométrica o una figura, puede expandir exponencialmente el número de combinaciones únicas de color y forma para adaptarse a la cantidad de lubricantes en sus instalaciones.

Por ejemplo, si solo usara el amarillo para identificar un aceite para engranajes en particular, está limitando el color amarillo a una sola aplicación. Si tuviera que usar el amarillo y una forma, como un cuadrado, puede emplear el amarillo para otras aplicaciones, siempre que utilice una combinación de formas diferente.

Si el proveedor de lubricante cambia el nombre del producto o si su instalación cambia de marca de lubricante, este tipo de sistema de etiquetado quedaría inutilizado y cada máquina necesitaría volver a etiquetarse. Esto requeriría un monitoreo constante de los nombres de los lubricantes junto con una inversión en mano de obra, especialmente cuando cambian los nombres de los productos. La mejor práctica es emplear un sistema genérico que no se base en nombres de productos

Una solución que proporciona mucha más información que la mayoría de las etiquetas de lubricante simples es el Sistema de identificación de lubricante (LIS) de Noria. En el centro de la etiqueta LIS está la designación ISO 6743 del lubricante. Esta designación explica la formulación, el tipo de aceite base y las aplicaciones para la mayoría de los aceites lubricantes.

También se indica en la etiqueta el grado de viscosidad específico y el tipo de aceite base para cada lubricante. Además, cada grado de viscosidad tiene su propio color que se puede estandarizar en toda la planta. Para los aceites, la etiqueta LIS tiene forma cuadrada, mientras que para las grasas la etiqueta es redonda.

Dónde se deben usar las etiquetas de lubricante:

- Tanques de almacenamiento
- Tambores, contenedores, baldes
- Cartuchos de grasa
- Lubricadores automáticos
- Pistolas de engrasar
- Contenedores de relleno
- Carros de filtración
- Contenedores de aceite usado
- Máquinas (tanques y puntos de lubricación)
- Bombas manuales de tambor
- Mangueras de transferencia
- Embudos
- Equipo portátil de muestreo

El sistema LIS incorpora todas las mejores prácticas para el etiquetado y no emplea nombres de productos. Esto le permite seguir siendo válido incluso si se cambian las marcas de lubricantes.

El sistema proporciona una especificación genérica para un lubricante en particular, que luego puede igualar un nuevo proveedor de lubricante para garantizar que se utilizarán productos similares, reduciendo así el riesgo de falla de la máquina causada por la aplicación de un lubricante que no es adecuado para una aplicación específica.

A medida que la tecnología avanza y el uso de dispositivos portátiles para actividades de mantenimiento se vuelve más frecuente, las etiquetas de lubricación pueden llegar a ser aún más importantes en el futuro. Muchos de estos dispositivos portátiles pueden leer códigos de barras, etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) y una lista de otras opciones de codificación.

La combinación de sus etiquetas de lubricación con este tipo de códigos podría permitir al técnico en lubricación escanear un equipo y ver el tipo de lubricante, así como cualquier orden de trabajo pendiente. Esto brinda la oportunidad de integrar todos estos sistemas junto con una sola etiqueta.



Figura 2. Características de las etiquetas de identificación

El material de construcción de la etiqueta de lubricación debe estar alineado con el contexto operativo del equipo en el que se colocará. El acero ofrece muchas ventajas sobre otros materiales, ya que soporta temperaturas extremas y entornos cáusticos mucho mejor que los plásticos y otros metales. Sin embargo, el acero es difícil de moldear para adaptarse a las máquinas, a menos que sea delgado. Por lo tanto, considere plástico, aluminio o vinilo para equipos que no funcionan en entornos tan hostiles. Estos otros materiales son mucho más fáciles de doblar, lo que los ayuda a adherirse a las superficies redondeadas de la maquinaria. Del mismo modo, el adhesivo que se utilice debe coincidir con las condiciones de funcionamiento, junto con cualquier recubrimiento UV para las etiquetas que estarán expuestas a la luz solar directa.



Figura 3. Ejemplos de etiquetas de identificación de lubricantes para grasa y aceite

Un sistema de etiquetado de lubricante es una excelente manera de mitigar las fallas causadas por la contaminación cruzada de lubricantes, así como también introducir códigos de barras o elementos similares en campo. Tenga en cuenta que desea etiquetar todos los productos que puedan estar en contacto con un lubricante, no solo la maquinaria. Con un sistema de etiquetado robusto, puede asegurarse de que incluso un técnico inexperto pueda colocar el lubricante adecuado en el lugar correcto.

El sistema LIS puede ser usado en:

- Lubricantes en almacenamiento
- Áreas designadas de almacenamiento
- Contenedores dedicados
- Contenedores de relleno dedicados
- Carros de filtración dedicados
- Puertos de llenado de la maquinaria
- Mangueras dedicadas
- Puntos de lubricación en la maquinaria
- Pistolas de engrasado
- Sistemas automáticos de lubricación



Lubricación de Motores Eléctricos

Los rodamientos empleados en los motores eléctricos están en riesgo por varios modos de falla si se implementa una estrategia incorrecta de mantenimiento o lubricación. Esto incluye selección incorrecta de lubricante, contaminación, falta de lubricante o sobre-engrasado. Este artículo analiza varias estrategias efectivas para minimizar la probabilidad de que ocurran esos modos de falla. La mayoría de los motores eléctricos son diseñados con rodamientos antifricción, lubricados con grasa. La grasa es la sangre de esos rodamientos, ya que les proporciona una película de aceite que previene el dañino contacto metal-metal entre los elementos rodantes y las pistas. Los problemas de rodamientos representan entre el 50 y el 65 por ciento de todas las fallas de motores eléctricos, y las prácticas deficientes de lubricación provocan la mayoría de esos problemas. Procedimientos apropiados de mantenimiento, buena planeación y el uso del lubricante correcto, pueden incrementar la productividad reduciendo esos problemas de rodamientos y fallas de motor.

Para empezar, debemos tener un plan. Las siguientes sugerencias son lo mínimo que necesita discutirse e implementarse para poner en marcha el programa:

- 1.** Haga un listado de equipo que incluya todos los activos necesarios en el programa
- 2.** Verifique el tipo de rodamientos y sellos que están instalados en ambos lados del motor, lado libre e impulsado. Esto determinará si los rodamientos son re-engrasables. Debe determinarse una política para el re-engrasado de rodamientos con escudos, hallados comúnmente en los motores (algunos expertos recomiendan no re-engrasar rodamientos con doble escudo)
- 3.** Seleccione el tipo de grasa adecuado para el programa. Recuerde que una vez que se elija un tipo y fabricante de grasa, lo mejor es no desviarse de esta opción. Si la grasa escogida es diferente de la grasa utilizada previamente en los rodamientos, deberá retirarse completamente la grasa vieja del rodamiento y su alojamiento
- 4.** Haga las modificaciones necesarias en los motores. Esto incluye colocar graseras y purgas y hacerlas accesibles



Cree un conjunto de procedimientos para el mantenimiento de los motores.

Desarrolle un Sistema de Mantenimiento Preventivo. Hay muchas opciones cuando se decide implementar un sistema de mantenimiento preventivo (MP). En algunas plantas puede ser suficiente utilizar una hoja de cálculo, mientras que en otras se necesitan sistemas dedicados completos. La meta final es la misma. Cada motor necesita ser registrado como un activo, dándosele la misma atención que a cualquier otro motor. Algunos factores a incluir en el MP son: fecha de instalación, caballos de fuerza (HP), tamaño de la montura (frame size), rpm, tipo de rodamiento y condiciones ambientales de operación. Establecer un sistema como ese puede tomar algún tiempo, pero una vez completado será una gran herramienta.

Determinación del Tipo de Lubricante

Al buscar un tipo de lubricante y fabricante o proveedor, hay varias cosas a considerar. La siguiente es una lista de cualidades de una buena grasa para motor eléctrico:

- Buenas propiedades de canalización
- Grados NLGI 2 a 3
- Viscosidad del aceite base ISO VG 100 a 150 o más específicamente, 90 a 120 cSt a 40°C
- Alto punto de goteo, mínimo 204°C (400° F)
- Características de bajo sangrado, por D1742 o D6184
- Excelente resistencia a la oxidación en alta temperatura
- Buenas características de torque en baja temperatura
- Buen desempeño antidesgaste (pero no EP)

La grasa de poliurea es popular para muchos fabricantes de rodamientos y motores. Una significativa proporción de fabricantes de equipo también especifican algún tipo de grasa de poliurea en su maquinaria impulsada eléctricamente. Una grasa base poliurea es excelente para lubricar motores eléctricos; sin embargo, su espesante no es compatible con la mayoría de los demás espesantes. Algunos fabricantes no recomiendan hacer mezclas entre diferentes marcas de grasas de poliurea. Instruya al taller de reparación de motores acerca de la grasa a emplear, y asegúrese de que el tipo de grasa esté especificado en las órdenes de compra de motores nuevos.

Determine la Frecuencia de Re-engrase

Hay varios métodos para determinar el ciclo (frecuencia) de re-engrase. Es importante estar conciente que ningún método proporcionará una solución mágica a los problemas de la planta. Hay múltiples tablas, cálculos y cartas disponibles que pueden proveer un buen punto de inicio. Pueden utilizarse para determinar cómo establecer los ciclos. El afinado final, sin embargo, debe hacerse por el método de prueba y error. Los factores que la mayoría de las calculadoras tienen en común son la carga, tiempo de operación, tipo de rodamiento, temperatura, ambiente de operación y velocidad. Esta es la razón por la que es benéfica la base de datos que se construyó.

Control del Volumen de Grasa

El control del volumen de grasa ha sido un problema permanente para la industria, y puede ser insuficiente el solo seguir las recomendaciones del fabricante original del equipo (OEM) para resolver este problema. Hay una ecuación simple que toma un enfoque lógico para determinar el volumen de grasa a aplicar. La fórmula es: $G = 0.005 \times D \times B$ En donde G = la cantidad de grasa en gramos, D = el diámetro exterior en milímetros y B = el ancho del rodamiento en milímetros. Una vez que se encuentre el volumen de grasa, debe ser convertido en bombazos de la pistola de engrase. Hay un método para obtener este número; para esto el usuario necesitará la pistola a emplear y una báscula postal. Una vez que encuentre la cantidad total de grasa que la pistola de engrasado aplica por cada bombazo, etiquétela para identificar que ha sido “calibrada”. El valor promedio es aproximadamente de 18 bombazos por cada 28 gramos (una onza) para la mayoría de las pistolas manuales de engrasado, pero este número puede variar en un factor de 10, así que asegúrese de calibrar cada pistola.

Uso de Instrumentos de Retro-alimentación

La retro-alimentación de los puntos de lubricación es necesaria para verificar que el volumen y frecuencia han sido establecidos apropiadamente. Los instrumentos de ultrasonido podrían ser la mejor herramienta disponible para establecer la frecuencia óptima de relubricación. Un enfoque conservador es el uso de un método de generación de frecuencia como punto de partida, y afinar continuamente el valor obtenido con base en la retroalimentación dada por el instrumento de ultrasonido. Del mismo modo con el volumen, el ultrasonido puede emplearse para pulir la cantidad correcta de grasa utilizando un método híbrido.

Procedimiento

La intención de un buen programa de mantenimiento es extender la vida en servicio de un motor. En la mayoría de los casos, tener procedimientos de lubricación inapropiados puede ser un impacto negativo para el programa. Un conjunto de procedimientos básico debe incluir alguna variación de lo siguiente:



1. Asegurar que la pistola de engrasado contiene el lubricante apropiado
2. Limpiar las áreas alrededor de los puertos de purga y engrasado
3. Remover el tapón de alivio o drenado
4. Engrasar el rodamiento con la cantidad de grasa calculada. Agregar la grasa lentamente para minimizar la generación de presión excesiva en la cavidad
5. Buscar grasa saliendo por el puerto de alivio o purga. Si se bombea excesiva cantidad de grasa al motor y no se ve grasa vieja salir por el puerto de purga, deténgase y revise si hay grasa endurecida bloqueando el conducto
6. Si se efectúa el re-engrasado con el motor fuera de operación, opere el motor hasta que la temperatura del rodamiento alcance la temperatura de operación para así permitir la expansión térmica de la grasa. Asegúrese de que la válvula de alivio o el tapón de purga se haya retirado durante este proceso
7. Permita que el motor opere a esta temperatura por un corto periodo de tiempo para que expulse cualquier exceso de grasa antes de reinstalar el tapón de purga o válvula de alivio

Después de que el exceso de grasa se ha purgado, reinstale el tapón de drenado y limpie el exceso de grasa del área alrededor del puerto de alivio.

Otros artículos de interés:

<https://noria.mx/lublearn/lubricacion-de-motores-electricos-utilizando-el-metodo-hibrido/>



Anatomía de una pistola de engrase

Si bien la anatomía se asocia con la biología y la medicina, este artículo no incluye el estudio del cuerpo humano. Sin embargo, los métodos ilustrativos usados para un examen y análisis de los rasgos corporales siempre han sido muy efectivos como herramientas de aprendizaje en un salón de clases. Se aplicarán los mismos métodos de las lecciones de anatomía en la lubricación de la maquinaria, en algunos temas dentro de nuestra industria. En este artículo, se analizará cuidadosamente la pistola de engrase para descubrir todas las características de sus componentes. Además, se discutirán otros aspectos relacionados, como trastornos comunes de las pistolas de engrase, síntomas comunes de incorrecto volumen de grasa y frecuencia de engrase, y las mejores prácticas para usar las pistolas de engrase.

Tipos de pistolas de engrase

Las pistolas de engrase pueden ser accionadas de tres formas: manual, por aire o electricidad.

Además de estas variaciones, las accionadas manualmente pueden ser fabricadas con un brazo de palanca o empuñadura de pistola. Los beneficios de cada una dependen principalmente de la aplicación y de la preferencia personal del técnico de lubricación. Otra variación importante de la pistola de engrase es la forma en que esta se recarga con grasa: por succión, por cartucho y a granel.



Manual (Brazo de palanca) – Esta es la más común de las pistolas de engrase y puede suministrar alrededor de 1.28 g de grasa por bombazo, la cual es forzada a través de una boquilla.

Manual (Empuñadura de pistola) – Esta variación de la del tipo palanca permite el uso de una sola mano para el despacho de grasa, lo cual es muy común. Suministra alrededor de 0.86 g por bombazo.



Neumática (Empuñadura de pistola) – Esta pistola de engrase utiliza aire comprimido introducido en la pistola a través de una manguera, generando un desplazamiento positivo con cada disparo.

Baterías (Empuñadura de pistola) – Esta pistola de engrase accionada por baterías de bajo voltaje opera en forma comparable con la pistola de engrase neumática. Ofrece la ventaja de ser inalámbrica.

Es importante entender que la grasa es usada como lubricante porque esta se adhiere a las superficies en movimiento de la máquina, de donde no fuga tan fácilmente como el aceite. Por esta razón, el llenado inicial y el relleno de grasa en las máquinas deben ser considerados en forma diferente a las máquinas lubricadas con aceite. Por lo tanto, es importante que los técnicos de lubricación entiendan la correcta operación y administración de las cantidades de grasa para hacer más confiables los rodamientos y las máquinas. Simplemente el entender los síntomas de un exceso o falta de engrasado y con qué frecuencia reengrasar puede ayudar significativamente para poder extender la vida útil de la máquina.

Conectores, adaptadores y acoples

Una pistola de engrase puede venir con un adaptador estándar para conexión con la graseira tipo hidráulica, pero existen algunas variaciones, dependiendo de la aplicación. El acople hidráulico estándar es el usado más comúnmente y el más aplicable. Un adaptador en 90° es ideal para graseras en espacios reducidos que requieren un doblez en 90°. Un adaptador con punta de aguja proporciona una pequeña y precisa cantidad de grasa en espacios estrechos, mientras que un acople giratorio de tres posiciones ofrece una variedad de posiciones para diferentes aplicaciones.



Manguera flexible vs. Tubo rígido

La decisión de usar manguera flexible o tubo rígido depende del tipo de graser que tiene la máquina y de su facilidad de acceso, así como del tipo de pistola de engrase a utilizar. Por ejemplo, en ubicaciones de difícil acceso es más práctico utilizar una manguera flexible. Por otro lado, las pistolas de engrase con brazo de palanca requieren de ambas manos para ser accionadas y la mejor opción es la de tubo rígido.

Accesorios

Se pueden adaptar a las pistolas de engrase contadores de volumen, con el fin de optimizar el consumo de lubricante. Las tapas plásticas brindan beneficios al prevenir la corrosión y la contaminación con suciedad. También se pueden colocar códigos de colores para prevenir la contaminación cruzada. Existen otros accesorios disponibles, como los dispositivos sónicos/ultrasónicos.

Graseras

Las graseras tienen diferentes nombres, como Zerk, nipples de engrase, graseros, o Alemite. Este es el punto de lubricación donde se coloca el conector de la pistola de engrase. La graser hidráulica es la más comúnmente utilizada en aplicaciones estándar. Puede estar colocada en posición vertical o en forma angular. La graser del tipo botón es ideal para un buen acoplamiento cuando se agregan grandes cantidades de grasa. Cuando el espacio no permite el uso de accesorios sobresalientes estándar se prefiere una graser tipo tapón, mientras que una graser con válvula de alivio puede prevenir altas presiones que pueden llegar a dañar los sellos.



Riesgos para la salud de las máquinas asociados con las pistolas de engrase

Alta presión de la pistola de engrase

Una pistola manual de engrase está diseñada para despachar grasa desde 2,000 hasta 15,000 psi. Aplicar demasiada presión durante el reengrase puede dañar los sellos de los rodamientos, los cuales raramente soportan presiones por encima de las 500 psi. Síntomas de que se ha utilizado una pistola de engrase a alta presión incluyen el colapso de los escudos de los rodamientos, daños en los sellos, grasa en los devanados de los motores eléctricos y aspectos relacionados con la seguridad y el medio ambiente.

Frecuencia de reengrase

Es necesaria la administración óptima de las frecuencias de reengrase para prevenir problemas a largo plazo en la salud de la maquinaria. Si la frecuencia es muy alta, pueden aparecer síntomas como falta de lubricación, lo cual promueve el desgaste, la fricción y la contaminación de la grasa. Si la frecuencia es muy corta, puede producir un elevado consumo de grasa y problemas de seguridad y medio ambiente.

Exceso y falta de engrase

Es importante calcular la cantidad correcta de grasa para evitar aplicar mucha o poca grasa. Síntomas de un exceso de grasa incluyen daños en los sellos y devanados de los motores, problemas ambientales, y fricción fluida, lo que incrementa la generación de calor, oxidación acelerada de la grasa y alto consumo de energía. Los síntomas de falta de grasa incluyen escases de lubricante en los rodamientos, dando como resultado desgaste e incremento en la contaminación.

¿Cómo se mide la cantidad despachada?

Es común que los departamentos de mantenimiento tengan una gran variedad tipos, marcas y modelos de pistolas de engrase. Esto puede causar trastornos relacionados con las grasas debido a la contaminación cruzada y un inadecuado conocimiento de cuánto despacha una pistola de engrase por bombazo. Se sabe que las pistolas de engrase varían en la cantidad de grasa que despachan, yendo de 0.5 a más de 3 g por bombazo. Esta inconsistencia depende de factores tales como el tipo, modelo y edad de la pistola de engrase.

Para superar este problema, es necesario calcular la cantidad de grasa que es despachada por la pistola de engrase en cada bombazo. Para calcularla, use una balanza de precisión y coloque 10 bombazos iguales de grasa sobre la balanza. Una vez pesada esa cantidad, divídala por 10 para obtener la cantidad de grasa que despacha la pistola por bombazo.

Mejores prácticas para el uso de las pistolas de engrase

- Calcule la cantidad correcta de grasa necesaria para la relubricación de los rodamientos con base en la cantidad de grasa despachada por una pistola de engrase calibrada
- Utilice una purga de alivio en el puerto de drenado del rodamiento para que salga toda la grasa vieja y prevenir una sobre presión en el rodamiento.
- Extreme los cuidados cuando coloque grasa en la pistola manual para prevenir el ingreso de contaminantes. Si utiliza cartuchos, asegúrese de remover la cubierta metálica para evitar el ingreso de astillas metálicas en la grasa.
- Asegúrese de que la pistola está correctamente identificada con el tipo de grasa con la que debe ser cargada. No utilice otro tipo de grasa, sólo use la que está identificada.
- Siempre asegúrese de que la boquilla de la pistola de engrase esté limpia antes de usarla. Bombée una pequeña cantidad de grasa por la boquilla y límpiela con una toalla libre de pelusas antes de acoplarla a la grasería de la máquina.
- Limpie la grasería de cualquier suciedad antes de conectar la pistola de engrase. Inspeccione y sustitúyala si encuentra algún daño. Es de gran ayuda el colocar tapones sobre la grasería para mantenerlas limpias; sin embargo, debe limpiarlas antes de aplicar grasa.
- Asegúrese de usar la grasa correcta en cada punto de engrase. Aplicar la grasa equivocada puede generar problemas de incompatibilidad, lo cual puede hacer que el rodamiento falle rápidamente. Los puntos de lubricación deben estar claramente identificados con la grasa que debe ser utilizada. Esto puede ser hecho con etiquetas de colores, adhesivas o con marcadores. El uso del sistema LIS puede ser muy útil en esta identificación.
- Las pistolas de engrase se deben despresurizar antes de almacenarlas en un área limpia, fresca y seca. Deben ser colocadas horizontalmente para prevenir la separación del aceite del espesante (sangrado). El uso de abrazaderas hace más fácil el almacenamiento y la organización de las pistolas de engrase. Adicionalmente, cubra las boquillas o acoples para prevenir la acumulación de suciedad y la contaminación.
- Calibre regularmente las pistolas de engrase para asegurar que despachan el volumen correcto de grasa.

Anatomía de una pistola de engrase

- **La palanca** es usada en las pistolas de engrase configuradas para bombear manualmente grasa desde el cilindro hacia la manguera o el tubo rígido.

- **El gatillo y la empuñadura** en las pistolas de engrase están configurados para bombear manualmente grasa desde el cilindro hacia la manguera o tubo rígido, de la misma manera que las equipadas con palanca.

- **El cilindro** es el esqueleto de la pistola de engrase donde se coloca el tubo de grasa o la grasa suministrada a granel.

- **El tubo de grasa (o cartucho)** es un inserto lleno de grasa que se cambia cuando la grasa se agota.

- **El acople hidráulico (o conector)** es el punto de conexión que permite acoplar la manguera o el tubo rígido que está conectado al cabezal de la pistola de engrase.

- **El cabezal de la pistola de engrase** contiene los conductos y las válvulas que permiten que la grasa bombeada pase del cilindro hacia la manguera o el tubo rígido.

- **El niple de llenado** es el punto por donde se inyecta la grasa a la pistola desde una bomba de llenado.

- La válvula de liberación de aire permite que el aire salga después de que se ha añadido grasa a la pistola de engrase y se haya bombeado hacia el cabezal.

- El resorte suministra la presión sobre el émbolo.

- El seguidor ayuda a que el émbolo se mueva en forma uniforme manteniendo la presión sobre el fondo del tubo de grasa. También actúa retrocediendo el resorte antes de insertar un nuevo tubo de grasa.

- La agarradera permite jalar la varilla para luego insertar un nuevo tubo de grasa.

- El émbolo suministra presión uniforme sobre el fondo del tubo de grasa a medida que la grasa se consume

- La manguera flexible se usa en forma intercambiable con el tubo rígido para una ubicación flexible del conector o del acople.

- El tubo fijo es una forma rígida de una manguera flexible.



Otros artículos de interés:

<https://noria.mx/lublearn/problemas-que-se-presentan-cuando-se-utilizan-pistolas-de-engrasar>



Consejos para engrasar rodamientos de motores eléctricos

“¿Qué piensa acerca de engrasar los rodamientos de un motor conforme a los valores de vibración contra engrasarlos con base en el número de horas calculado y medido por un contador de horas de operación en el panel de control? Uno de los usuarios está insistiendo en lo último, a pesar de mis hallazgos de alta vibración”.

Engrasar los rodamientos de un motor eléctrico no tiene por qué ser complicado ni basarse en las suposiciones o el criterio arbitrario de alguien. Contar simplemente el tiempo de operación de un motor y engrasar a una frecuencia predefinida es, en gran parte, una conjetura y puede llevar a intervalos de engrase excesivamente largos, lo que pone al rodamiento en riesgo de un deficiente abasto de grasa. También puede resultar en una lubricación condemasiada frecuencia, lo que implica llenar constantemente de grasa la cavidad del rodamiento y aumentar el riesgo de dañar los sellos e introducir grasa en los devanados del motor.

Utilizar algunas tecnologías de retroalimentación es altamente recomendable, especialmente si el motor está operando en un proceso crítico. Diversas tecnologías pueden ayudar a identificar el intervalo de engrase óptimo, como el análisis de vibración, termografía, monitoreo por ultrasonido y muestreo y análisis de la grasa. Cada una de ellas tiene sus fortalezas y debilidades y deberá seleccionarse según los parámetros de las condiciones de operación y el entorno del motor.

Un simple cálculo con respecto al tamaño, la velocidad y la posición del motor le permitirá aproximar la frecuencia de engrase de los rodamientos, pero esto no tendrá en cuenta todas las variables que esperaría encontrar en estas aplicaciones.



Considere el ultrasonido para ayudarse a ajustar la frecuencia de engrase. El ultrasonido puede monitorear la falta de lubricación con más detalle que otras tecnologías, permitiéndole saber cuándo necesita grasa el rodamiento y también cuándo debe dejar de agregar grasa durante el proceso de aplicación. La mayoría de las otras tecnologías no tienen la capacidad de proporcionar información confiable en tiempo real sobre la frecuencia de engrase y el volumen que se introducirá en el rodamiento.

La termografía se ha utilizado y ha tenido un éxito esporádico. El problema con la utilización de la temperatura como indicador de necesidad de engrase es que retrasa la acción en tiempo real; la retroalimentación es mucho más lenta y habrá un aumento de la temperatura a medida que aplique grasa. Esta temperatura elevada puede disiparse rápidamente o tardar días en volver a los niveles normales. En ese tiempo podría perder gran parte de la información que esperaba monitorear para una lubricación de precisión.

El análisis de grasa está ganando popularidad. Si bien no se trata de un monitoreo en tiempo real, puede verificar la tasa de degradación de la grasa y ayudar a ajustar, en consecuencia, los intervalos de engrase. Esta tecnología también le permite rastrear la degradación del rodamiento al capturar las partículas de desgaste en la muestra.

En general, se pueden usar muchas tecnologías diferentes para engrasar los rodamientos de un motor eléctrico. Independientemente del método que elija, es importante validar y ajustar sus frecuencias actuales para las actividades de lubricación.

Otros artículos de interés:

<https://noria.mx/lublearn/consejo-para-engrasar-rodamientos-de-motores-electricos/>



Cómo decidir si se debe emplear lubricación manual o automática

La lubricación es una parte esencial del mantenimiento de la maquinaria para casi toda planta productiva. En promedio, el monto de las compras es de apenas 3 por ciento del presupuesto de mantenimiento, pero las actividades relacionadas con lubricación pueden influir en un estimado del 40 por ciento del costo total del mantenimiento.

A fin de alcanzar una óptima confiabilidad y los máximos beneficios de un programa de lubricación, se necesita tomar en cuenta varios factores. Estos factores se resumen en las conocidas cinco “C” de la lubricación:

- El lubricante correcto
- En la cantidad correcta
- En el momento correcto
- En el punto correcto
- Con el método correcto

El punto de partida para un efectivo programa de lubricación es efectuar un inventario de todos los puntos a lubricar, incluyendo sus condiciones de operación, requerimientos de lubricación y criticidad. Esta información es necesaria para seleccionar los lubricantes más adecuados y la cantidad requerida, así como para calcular los intervalos adecuados para la re-lubricación. Estas son las primeras tres “C”.

La cuarta “C” se refiere a las mejores prácticas, como la identificación y codificación por colores (u otra metodología) tanto de los puntos de lubricación como de las herramientas, a fin de evitar contaminación cruzada.

Costos de mantenimiento influenciados por las actividades relacionadas con lubricación

Además de los costos de los lubricantes, la mitad de los componentes requieren lubricación. Las horas extras son el resultado de fallas de la maquinaria causadas por lo regular por una inadecuada lubricación. Además, aproximadamente el 5 por ciento de los costos de la mano de obra pueden ser atribuidos a actividades de lubricación.

La quinta “C” puede definirse una vez que se han analizado las condiciones de operación, la criticidad del activo y la estrategia de mantenimiento. Esto le ayudará a tomar la decisión sobre si automatizar o no cada punto de lubricación. A fin de tomar esa decisión, deben tomarse en consideración y entenderse los pros y contras de la lubricación automática.

Una vez que se definan las cinco “C”, puede determinar la mejor manera de lubricar un componente con los recursos disponibles.

Análisis de criticidad

Un profundo análisis de cada activo ilustrará el impacto de la falla en los siguientes términos:

- Costo total de producción
- Costo total de mantenimiento
- Impacto ambiental
- Salud y seguridad del personal

Los activos más críticos comúnmente son los primeros candidatos para lubricación automática.

Estrategia de mantenimiento

El nivel de madurez del programa de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo, etc.) dictaminará el nivel de conocimiento y habilidades requeridas del personal involucrado en las actividades relacionadas con lubricación.

Conforme incrementa la madurez del mantenimiento y de los programas de lubricación, así también se incrementa la complejidad de las tareas que los técnicos de lubricación deben ser capaces de llevar a cabo. Entre esas actividades están:

- Análisis de lubricante
- Ajuste continuo de las rutas de lubricación (intervalos de lubricación y consolidación de lubricantes)
- Control de contaminación y reacondicionamiento de los fluidos
- Rutas de inspección

Por lo tanto, en la medida en que se adopten programas de mantenimiento más maduros, deben considerarse cuidadosamente las áreas en donde los técnicos especializados pueden añadir valor a sus operaciones. Por ejemplo, ¿cree que están bien aprovechados efectuando tareas de re-lubricación manual, las cuales pueden automatizarse fácilmente, o deberían emplearse sus habilidades y conocimientos para desempeñar tareas más analíticas, efectuar análisis de lubricantes y hacer mejoras el programa de lubricación?

Beneficios de la lubricación automática

Hay muchas ventajas por utilizar sistemas de lubricación automática. Entre ellas están la reducción del desperdicio, menor riesgo de falla de rodamientos, mayor limpieza, y más seguridad y salud ambiental.

Reducción del desperdicio y menor riesgo de falla de rodamientos

La cantidad de lubricante durante la re-lubricación se determina por el espacio físico disponible en el rodamiento, mientras que los intervalos de re-lubricación se determinan por las condiciones de operación que definen la tasa de degradación del lubricante (velocidad, carga, temperatura, tipo de rodamiento, etc.).

Un sistema automático de lubricación de un solo punto puede entregar la cantidad correcta de grasa en el momento correcto a cada punto de lubricación. Reduce tanto el desperdicio de grasa como el riesgo de falla del rodamiento.

Por ejemplo, considere que un rodamiento necesita ser re-lubricado con 2 gramos de grasa cada semana. Con una pistola de engrasar estándar, esto significaría que el rodamiento debe recibir aproximadamente 1.3 “bombazos”. Sin embargo, aplicar manualmente 0.3 bombazos es muy difícil. En realidad, es probable que se apliquen dos bombazos. En otras palabras, el rodamiento recibirá 3 gramos en lugar de 2 gramos de lubricante cada vez.



Riesgos de falla asociados con la lubricación manual

Si suponemos que el técnico está satisfecho con dos bombazos (si él no ve salir grasa por los sellos), entonces después de un año el rodamiento recibirá 156 gramos (52 semanas, 3 gramos cada semana) en lugar de 104 gramos (52 semanas, 2 gramos por semana). Esto significa que se desperdiciarán hasta 52 gramos de grasa (50 por ciento).

Este ejemplo muestra los beneficios de aplicar exactamente la cantidad correcta de lubricante (la segunda “C”), ¿pero qué pasa con la frecuencia de re-lubricación (la tercera “C”)?

Extender los intervalos de re-lubricación más allá de los límites calculados expone al lubricante a una degradación excesiva y al rodamiento a condiciones de escasez de lubricante. Por el contrario, recortar los intervalos de re-lubricación con cantidades ajustadas, renovará las propiedades del lubricante.

Para ilustrar este punto, considere que en promedio una persona requiere consumir cerca de 2,000 calorías por día. ¿Consumiría usted su ración total de una semana de 14,000 calorías en un solo día, o la repartiría en cantidades iguales por los siete días?

Limpeza

La contaminación del lubricante también afectará la vida del rodamiento e incrementará el riesgo de falla. En programas de lubricación automática, es todo un reto evitar la contaminación de la grasa. El proceso debe ser limpio para asegurar que no ingrese contaminación externa a la grasa, y cada punto de lubricación debe tener un tapón contra polvo en su grasea. Además, debe seguirse cada vez el procedimiento más limpio de lubricación para cada punto.



Un lubricador automático puede abastecer un flujo exacto y continuo de lubricante limpio y fresco

La contaminación del lubricante también afectará la vida del rodamiento e incrementará el riesgo de falla. En programas de lubricación automática, es todo un reto evitar la contaminación de la grasa. El proceso debe ser limpio para asegurar que no ingrese contaminación externa a la grasa, y cada punto de lubricación debe tener un tapón contra polvo en su grasea. Además, debe seguirse cada vez el procedimiento más limpio de lubricación para cada punto.

En el ejemplo anterior, el técnico re-lubricará cada punto 52 veces al año. Esto expone al rodamiento 52 veces al riesgo de ingreso de contaminación externa, así como a un exceso o escasez de lubricación. Por el contrario, un lubricador automático de un solo punto puede abastecer un flujo continuo de lubricante limpio y fresco, manteniendo la operación en condiciones apropiadas a la vez que se evita el ingreso de contaminación.

Ahorros en mano de obra

La simple tarea de accionar la palanca de una pistola de engrase para proveer lubricación manual, puede ser sustituida fácilmente por una máquina. Sin embargo, el problema real es si está sacando el mayor provecho a la experticia de sus técnicos de mantenimiento. Dicho personal puede administrar un programa de lubricación por medio de:

- Mejora continua de rutas de lubricación
- Implementación de un programa de análisis de lubricante
- Implementación de un programa de control de contaminación y reacondicionamiento de aceite
- Implementación de un programa de control de fugas

No olvide que aunque la implementación de un sistema de lubricación automática puede liberar personal que realiza esas tareas básicas que consumen gran cantidad de tiempo para obtener un valor adicional, no puede sustituir al personal que genera valor a este nivel.

Salud y seguridad ambiental

Las actividades de lubricación efectuadas de manera incorrecta pueden tener un importante impacto en el ambiente. Considere una vez más los cálculos del desperdicio de grasa del ejemplo anterior. Ahora trate de estimar el impacto ambiental de este desperdicio. Naturalmente, depende de las prácticas de disposición que implemente en su planta, pero en términos simples, menos desperdicio es mejor.

Ahora, considere los puntos que son difíciles de alcanzar o incluso es peligroso acceder a ellos, y el impacto potencial hacia su personal. Esta es otra área en donde los sistemas de lubricación automática ofrecen grandes beneficios.

Problemas comunes

El solo hecho de utilizar lubricación automática no garantiza el éxito. La tecnología debe considerarse como un instrumento para alcanzar la meta. Las decisiones básicas y las actividades deben ser desarrolladas. Los siguientes son errores típicos que ponen en riesgo los beneficios potenciales de la lubricación automática.

Falta de inspecciones

Tener un dispositivo de lubricación automática no significa que el sistema no requerirá alguna inspección. La inspección regular ayudará a asegurar los mejores resultados de un sistema automático. La inspección también ayuda a identificar problemas de instalación (dispositivos dañados, tuberías bloqueadas o con fugas, lubricadores que no dispensan lubricante en el sitio correcto, etc.) y saber cuándo es el momento de cambiar o rellenar los lubricadores.

Por otra parte, las rutas de lubricación deben actualizarse y las tareas de lubricación manual deben sustituirse con tareas de inspección con una frecuencia adecuada. La frecuencia de inspección es menor que la requerida para re-lubricar manualmente, pero también debe planearse.

Selección de lubricante inadecuado

Es fundamental en cualquier programa de lubricación que la selección del lubricante debe hacerse antes de seleccionar el sistema de lubricación. Después de todo, el lubricante que entra a la aplicación es el que lubrica, no el sistema por sí mismo.

El lubricante y el dispositivo de lubricación automática deben complementarse entre sí para asegurar un mejor desempeño global. No hace falta decir que no todos

los lubricantes son apropiados para trabajar en sistemas de lubricación automática y el impacto de un sistema de lubricación en la estructura del lubricante depende de la tecnología de dicho sistema.

En consecuencia, al seleccionar un sistema de lubricación automática deben tomarse en cuenta parámetros como bombeabilidad y separación de aceite antes de instalarlo. Posteriormente, deben definirse los intervalos de re-lubricación, de manera de evitar que el lubricante se mantenga estático dentro de las líneas de lubricación, especialmente cuando están expuestos a temperaturas extremas que podrían promover su degradación. El no entender estos problemas y no actuar a tiempo puede afectar el desempeño y los beneficios de la implementación de sistemas automáticos de lubricación.

Costo de la inversión

Por supuesto, la implementación de un sistema automático de lubricación requiere un cierto nivel de inversión. Para maximizar el retorno de esa inversión, la clave está en elegir la solución más adecuada con base en los requerimientos y la criticidad de la aplicación. Las soluciones típicas van desde los económicos lubricadores automáticos de un solo punto hasta complejos sistemas centralizados, con diferentes opciones para el monitoreo en línea. Determinar qué opción es la mejor para su aplicación depende en gran medida de su análisis de criticidad.

Cuándo usar lubricación automática

La lubricación automática por sí sola no es la solución a todos sus problemas de lubricación. Se debe entender adecuadamente para incrementar sus beneficios potenciales. Sin embargo, en el mercado hay soluciones disponibles para prácticamente todas las aplicaciones, por lo que es difícil de imaginar que una aplicación crítica no merece contar con un dispositivo de lubricación automática.

Otros artículos de interés:

<https://noria.mx/lublearn/como-seleccionar-un-sistema-de-lubricacion-para-industrias-de-proceso/>



Consejo para utilizar lubricadores de un solo punto

“¿Puede aconsejarme acerca de qué tipo de lubricador automático de un solo punto es mejor para utilizarlo en temperaturas muy altas (hasta 55°C) y un ambiente polvoriento (desierto) para maquinaria ubicada en exteriores, en un sitio remoto? ¿Cuáles son los pros y los contras de los lubricadores de grasa automáticos de tipo gas y de resorte? ¿Qué tipos están disponibles para lugares peligrosos, que sean a prueba de explosión?”

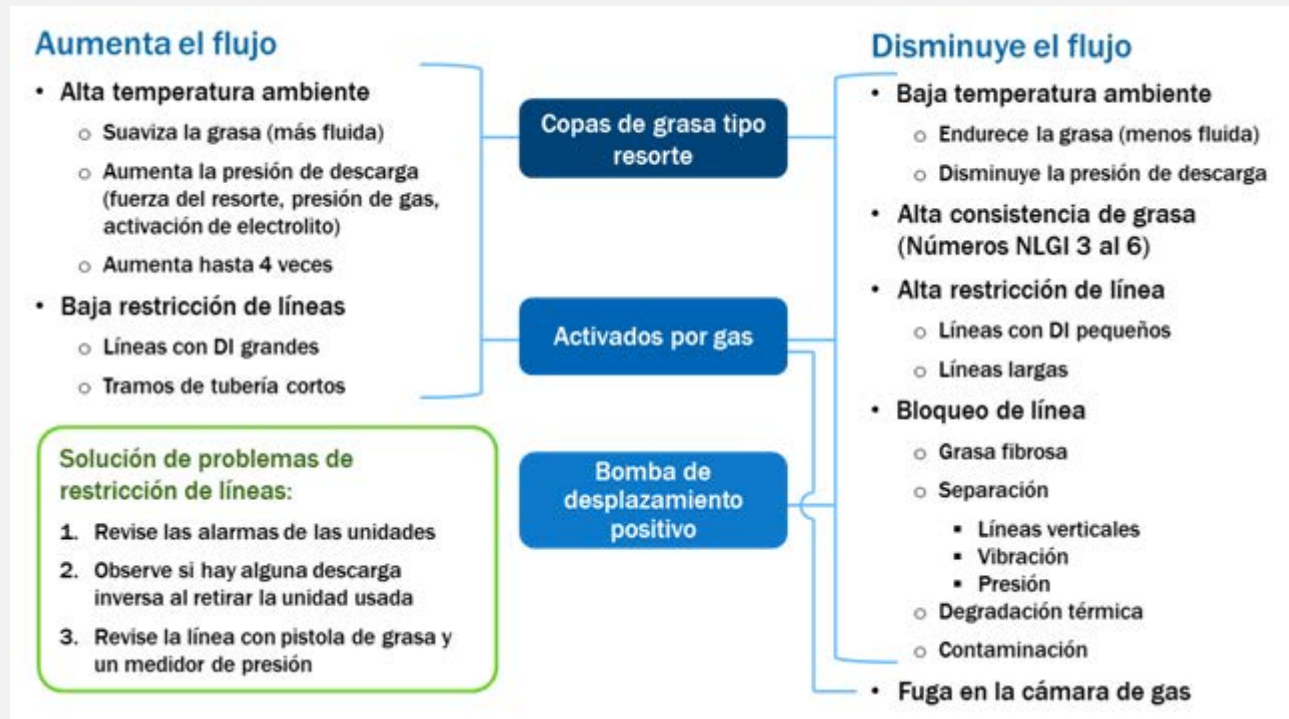
Los lubricadores de un solo punto ofrecen muchos beneficios, como permitir la lubricación en lugares remotos o de acceso restringido, disminuir los costos de la mano de obra asociada con el uso de pistolas de engrasar, permitir el suministro de lubricante continuo o periódico durante varios meses, reducir el consumo de grasa y aumentar la confiabilidad de la maquinaria.

Estos lubricadores se emplean típicamente para engrasar rodamientos, pero también se pueden usar con aceite. Es preferible utilizarlos en aplicaciones con leves variaciones de temperatura y poca vibración.

Los lubricadores accionados por resorte, por lo general, están fabricados con un cuerpo de policarbonato para temperaturas de hasta 120 °C, o de borosilicato para temperaturas de hasta 230 °C. El puerto de descarga puede aceptar conectores con orificios de diferentes tamaños para controlar el caudal de grasa. El volumen es generalmente de 60 a 532 ml (2 a 18 onzas) con presiones de 2 a 65 psi (0.4 a 4.48 bar). Además, estas unidades pueden ser recargadas con una pistola de engrasar.

Los lubricadores activados por gas funcionan mediante un electrolito líquido que genera gas, nitrógeno o hidrógeno. Tienen un desplazamiento de baja presión (2-3psi), que puede no ser adecuado para superar la resistencia de una tubería (extensión) larga. Además, debe tenerse en cuenta que el hidrógeno es inflamable y propenso a fugar. La mayoría de estos lubricadores vienen en tamaños de 120 a 475 ml (4 a 16 onzas), y algunos se pueden desactivar temporalmente.

En los lubricadores de desplazamiento positivo, una bomba o pistón controla el flujo de grasa o aceite, independientemente de la resistencia. Estos sistemas son reutilizables y funcionan con corriente alterna o con baterías. Además, cuentan con un depósito transparente que facilita la inspección. Muchos tienen capacidad de lubricar varios puntos a la vez (multipuntos). Las presiones de descarga pueden alcanzar hasta las 900 psi. Algunas unidades también están aprobadas para emplearse en ubicaciones peligrosas. Si bien este tipo de lubricadores puede suministrar cantidades de lubricante más precisas que otras tecnologías, cuando se utilizan en condiciones de cambios de temperatura y la consistencia de la grasacambia, existe un riesgo de sobre lubricación. No son sensibles a cambios de temperatura ambiente o vibraciones.



Para la aplicación descrita anteriormente, los lubricadores de desplazamiento positivo pueden ser la mejor opción, ya que son menos sensibles a los cambios de consistencia de la grasa y la bombeabilidad, debido a que la bomba mantiene el control del volumen. Para un entorno polvoriento, puede considerar el uso de sistemas que utilizan cartuchos para minimizar el contacto con el medio ambiente durante su relleno. También existen lubricadores de un solo punto a prueba de explosión.

Otros artículos de interés:

<https://noria.mx/lublearn/como-seleccionar-un-sistema-de-lubricacion-para-industrias-de-proceso/>



Cómo seleccionar un sistema de lubricación para industrias de proceso



La lubricación adecuada requiere dos consideraciones principales: la elección del lubricante correcto y la forma más eficiente de aplicarlo. Seleccionar incorrectamente cualquiera de estas puede dar como resultado un mal funcionamiento del componente. Este artículo describirá cómo seleccionar el sistema de lubricación adecuado para cualquier planta de proceso.

Lubricación manual

La gran mayoría de los puntos de engrase se lubrican manualmente. Durante los últimos 15 años se han introducido varios productos nuevos para facilitar el trabajo del técnico en lubricación, incluyendo medidores de grasa, pistolas de engrasar accionadas por baterías y sistemas de engrase controlados por computadora que emplean tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) para identificar los puntos de lubricación. También hay sistemas que utilizan ayudas acústicas para detectar cuándo el lubricante ha alcanzado el volumen correcto en el rodamiento.

Todos estos productos han hecho que el engrase manual sea más confiable. Hoy en día, ningún técnico en lubricación debe ser obligado a efectuar su trabajo tan solo con una pistola manual de engrasar y contar los bombazos para aplicar la cantidad correcta. Como mínimo, el técnico debe tener un medidor de grasa. Si la planta tiene una gran cantidad de puntos de lubricación, una pistola de engrasar con baterías también sería de gran ayuda.

Sistemas automáticos de lubricación

Los sistemas automáticos de lubricación están diseñados para disminuir los costos de mano de obra, a la vez que permiten que la máquina se lubrique durante la producción normal. Estos sistemas también pueden minimizar el riesgo de contaminación del lubricante, evitar los peligros potenciales asociados con la lubricación manual y proporcionar un mejor control de la cantidad de lubricante aplicado. Existen variadas configuraciones de sistemas, incluyendo sistemas de doble línea, volumétricos de línea simple, progresivos de línea simple y sistemas de un solo punto.

Sistemas de doble línea

El sistema de doble línea es el sistema de lubricación predominante en la industria pesada de procesos. Estos sistemas son muy confiables, fáciles de entender y mantener, y le permiten incrementar o reducir fácilmente la cantidad de puntos. Su nombre proviene del hecho de que tienen dos líneas principales de distribución.

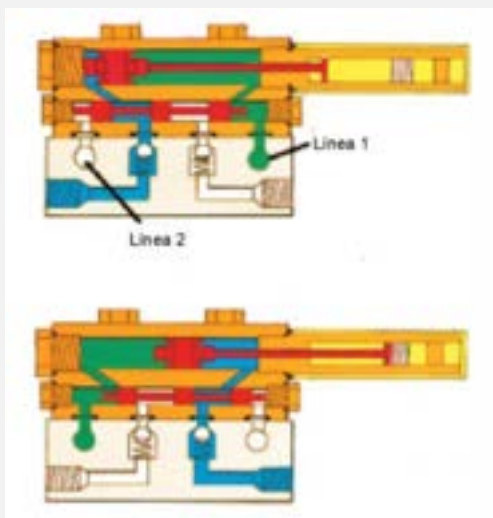


Fig. 1 - Ejemplo de un sistema de lubricación de doble línea

El lubricante presurizado que ingresa al dispensador desde la línea 1 (Figura 1) fuerza el pistón piloto (el inferior) hacia la izquierda, lo que permite que se aplique presión en el lado derecho del pistón principal. El pistón principal comienza a moverse hacia la izquierda. Esto dispensa el lubricante en el lado izquierdo del pistón principal a través del pistón piloto y la válvula de retención al rodamiento conectado a la salida.

El lubricante presurizado que ingresa a la válvula desde la línea 2 fuerza el pistón piloto hacia la derecha, lo que permite que se aplique presión al lado izquierdo del pistón principal, que comienza a moverse hacia la derecha. De la misma manera que antes, el pistón principal fuerza al lubricante en el lado derecho a pasar el pistón piloto y la válvula de retención, y luego alcanzar el rodamiento a través de la salida.

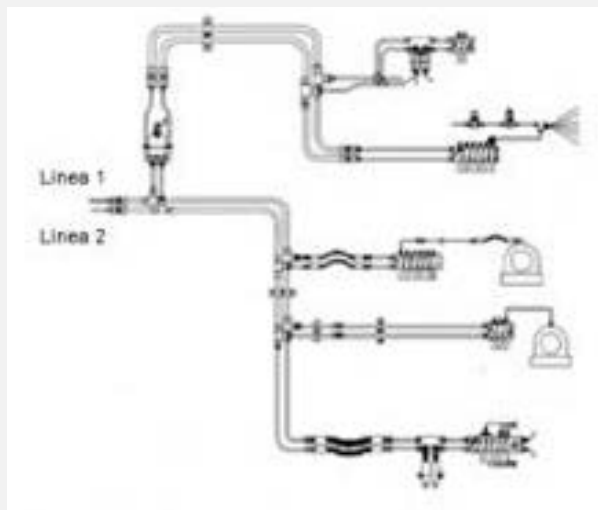


Fig. 2 - Sistema de doble línea con un dispensador diseñado para aplicar tanto grasa como aceite.

La Figura 2 muestra una versión del diseño de un dispensador utilizado para aceite y grasa. Cuando se presuriza, el émbolo empuja el lubricante que está en la cámara de medición hacia el rodamiento.

En la posición superior, la cámara de medición se carga con un volumen preestablecido.

Sistemas volumétricos de línea simple

Los sistemas volumétricos de línea simple (también conocidos como de una sola línea) requieren solamente una línea principal. Generalmente se usan para lubricación con aceite, pero hay algunos modelos diseñados específicamente para grasa. Al igual que los sistemas de doble línea, los sistemas volumétricos de línea simple son fáciles de mantener y entender, y la cantidad de puntos se puede incrementar o reducir fácilmente.

En estos sistemas, el dispensador debe recargarse después de un ciclo de lubricación. Esto significa que el pistón en el dispensador debe vencer la presión del lubricante en la línea de la bomba. Los modelos diseñados para grasa están equipados con resortes fuertes que permiten la recarga del dispensador a presiones de venteo relativamente altas.

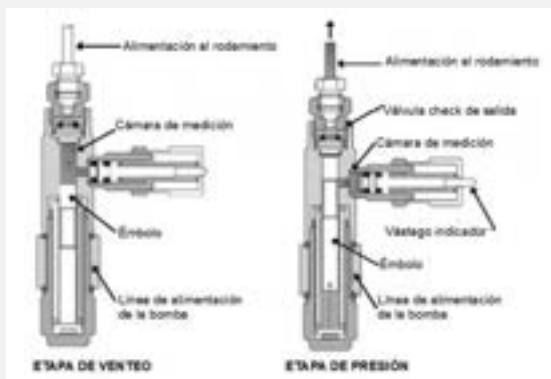


Fig. 3 - Etapas de venteo y presión de un sistema volumétrico de línea simple

Sistemas progresivos de línea simple

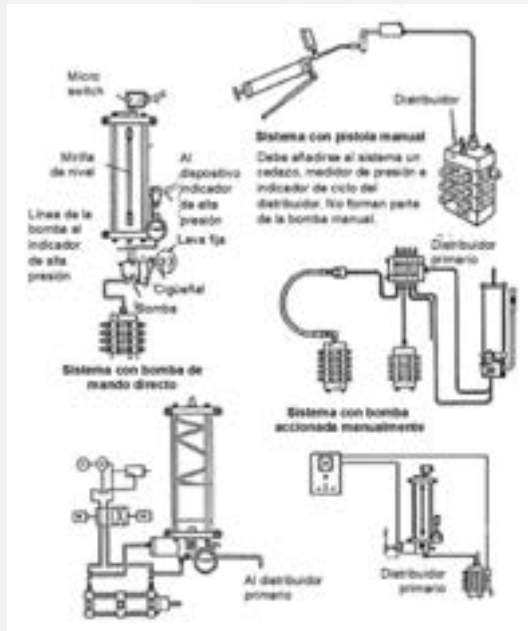


Fig. 4 - Ejemplos de sistemas progresivos de línea simple

El corazón de un sistema progresivo de línea simple es el divisor progresivo. Tiene al menos tres elementos dispensadores, cada uno con un carrete accionado hidráulicamente que alimenta una cantidad fija de grasa durante la carrera de un extremo al otro. El volumen se define por el diámetro y la longitud de la carrera del pistón, que no se puede ajustar. Los carretes están conectados internamente a través de una disposición de puertos cruzados que los obliga a trabajar en secuencia, uno tras otro. Si un carrete no puede cumplir su recorrido, el divisor dejará de funcionar.

Estos sistemas a menudo se diseñan con un divisor primario y varios divisores secundarios. El monitoreo de un carrete en cualquiera de los divisores dará un control total de todo el sistema, siempre que no haya fugas en la tubería desde el divisor hasta el punto de lubricación.

Los sistemas progresivos de línea simple ofrecen flexibilidad y se pueden usar solos o en conjunto con otros sistemas, como los sistemas de alimentación directa, de doble línea y manuales. Pueden manejar tanto aceite como grasa y son menos costosos que los sistemas de doble línea. Sin embargo, estos sistemas son grandes, con varios divisores secundarios, por lo que pueden ser más difíciles de mantener y entender.

Sistemas de un solo punto

Los primeros lubricadores automáticos de un solo punto consistían en un pistón que estaba cargado con grasa y que era empujado por un resorte. El resorte hace salir la grasa a través de un orificio; el flujo depende del diámetro del orificio, la fuerza del resorte y la consistencia de la grasa. Estos factores funcionan como una restricción en los modelos activados por resorte, que han tenido un impacto limitado en el mercado.

Lubricadores de un solo punto



Fig. 5 - Modelos básicos de lubricadores de un solo punto

Durante los últimos 20 años, se han introducido nuevos lubricadores de un solo punto (LUP) que han incrementado su popularidad. Los LUP más recientes son fáciles de instalar y no requieren una inversión muy elevada. Simplemente se enrosca la unidad en el punto de lubricación, se establece el tiempo de operación y se comienza a lubricar. El tiempo de operación generalmente se puede establecer de uno a doce meses. Si bien la administración de un lubricador de un solo punto puede parecer simple, es bastante fácil dañar un rodamiento o toda la máquina si no conoce el funcionamiento de estos dispositivos.

Hay tres modelos básicos de LUP: activados por gas, accionados por motor y activados por bomba. La versión activada por gas implica una reacción química que genera y expande un gas. Esta reacción se inicia liberando un generador de gas en el electrolito fluido. El aumento de la presión del gas se aplica sobre el lubricante en el recipiente, lo que obliga a que el lubricante fluya hacia el punto de lubricación. La presión máxima típica de un lubricador accionado por gas es de 75 psi (5 bar), pero en algunos modelos puede ser tan baja como 15 psi (1.5 bar).

El segundo tipo de lubricador de un solo punto consiste en un pistón ubicado en la parte superior del contenedor y un mecanismo accionado por un motor eléctrico con un vástago que fuerza al pistón dentro del contenedor y, por

lo tanto, hace fluir al lubricante hacia afuera. Estos modelos generalmente pueden alcanzar presiones más altas que las dispositivos accionados por gas, con rangos de presión normales de 72 a 145 psi (5 a 10 bar).

El tercer tipo de LUP contiene una pequeña bomba de pistón que succiona el lubricante del recipiente y lo impulsa directamente. Estos modelos pueden alcanzar presiones de 425 a 850 psi (30 a 60 bar).

El uso de un lubricador de un solo punto de cualquier tipo requiere que las baterías o el lubricador usado sean tratados como desechos. Debe tomarse en cuenta la eliminación de estos residuos al elegir el tipo de dispositivo que se utilizará.

Lubricación manual vs. automática

Es importante lograr un equilibrio entre la lubricación manual y la automática. La lubricación manual con un lubricante de buen desempeño puede ser mejor para aquellos puntos de lubricación que requieren una relubricación poco frecuente, como intervalos mensuales o más largos. Sin embargo, siempre que sea posible evite la lubricación manual en puntos con ciclos de lubricación cortos.

Preste especial atención a los puntos manuales que son difíciles de alcanzar. Si el lubricante no se puede aplicar de manera segura, un sistema automático de lubricación puede ser la única solución.

Aunque la lubricación manual puede ser costosa, reemplazarla podría ser incluso más costoso. Mientras lubrican manualmente, los técnicos también pueden observar la maquinaria e informar o incluso corregir irregularidades.

Convertir los puntos de lubricación manual a lubricación automática requerirá una inversión estimada de aproximadamente US \$ 650 por punto. Si bien una inversión como esta puede ser algo desalentador para algunos, tenga en cuenta que la lubricación automática puede dar como resultado un sistema más confiable y con menos fallas en los rodamientos. Cualquier inversión en un sistema automático también debe compararse contra el rendimiento esperado de la inversión al eliminar costos de mano de obra, un mejor control del despacho de lubricante y la reducción de los costos potenciales de salud y seguridad.

¿Qué sistema debería elegir?

Decidir cómo lubricar la maquinaria en una planta de proceso no es una tarea fácil. Generalmente no hay una regla aceptada sobre cómo se puede lograr esto. Al desarrollar una estrategia para la relubricación de cada punto de lubricación, debe considerar varios factores, como las consecuencias de la falla de un rodamiento, el ciclo de lubricación, la facilidad para lubricar manualmente y los riesgos de efectuar la relubricación durante un ciclo de producción normal.

Se pueden clasificar las consecuencias de las fallas de rodamientos, tanto para la lubricación automática como para la manual. Aunque no existe un estándar común, puede crear su propia clasificación, que podría ser similar a la siguiente:

Clase 1	Puntos de importancia menor que no afectan la producción y son fáciles de reparar o sustituir
Clase 2	Puntos de mayor importancia que afectan la producción y/o son difíciles o tardados de reparar
Clase 3	Puntos importantes que afectan la producción y/o son costosos para cambiarlos o repararlos
Clase 4	Rodamientos críticos que afectan directamente la producción y no deben fallar

Tabla 1. - Ejemplo de clasificación de fallas de rodamientos.

Para cada clase, defina cuáles sistemas de lubricación son aceptables y cómo verificar su desempeño. Las clases 3 y 4 son las más interesantes. Si el sistema de lubricación no funciona correctamente para estas clases, tarde o temprano experimentará costosos problemas.

Para la clase 3, solo se deben usar sistemas de lubricación confiables con buenas funciones de control. Tenga en cuenta que la mayoría de los sistemas solo controlan la presión en las líneas de distribución principal o cuando el pistón se ha movido en el dispensador. Ninguno de los sistemas tradicionales puede indicar si la tubería entre el dispensador y el punto de lubricación está rota.

Para la clase 4, asegúrese de que la cantidad de lubricante alimentado en el punto de lubricación se mida y se compare con el valor establecido, que las mediciones de vibración se recopilen y se analicen de forma regular y se tomen las medidas adecuadas cuando sea necesario.

Por último, no pase por alto la educación y el entrenamiento de los miembros de su equipo. El personal de mantenimiento debe estar familiarizado con todos los tipos de sistemas en uso. Los sistemas de lubricación pueden fallar y necesitar reparación. Por lo tanto, es aconsejable no mezclar muchos tipos diferentes de sistemas y marcas. Podría darse el caso de elegir un sistema de doble línea para solo unos pocos puntos de lubricación, cuando un sistema progresivo de línea simple sería menos costoso.

Otros artículos de interés:

<https://noria.mx/lublearn/las-ventajas-de-la-lubricacion-automatica/>



Métodos de aplicación de aceite – Lubricación manual y por gravedad

La lubricación y los lubricantes son el aspecto más importante para operar una máquina sin dar una falla prematura. También se utiliza para minimizar la pérdida de energía, la generación de calor, el desgaste de los componentes mecánicos, así como para el buen funcionamiento de la máquina. La producción y la productividad dependen mucho del sistema de lubricación.

La lubricación adecuada de un sistema requiere atención al detalle y una selección cuidadosa de las unidades que pueden hacer el trabajo para una aplicación específica. Es importante sentar las bases para una selección preliminar de un sistema de lubricación de aceite que cumpla con los requisitos de la máquina.

MEDIOS DE ABASTO DE LUBRICANTE	EJEMPLOS DE APLICACIONES	CÓMO CONTROLAR EL ABASTO
Grasa diseñada para permanecer en o cerca del sitio en que se necesita	Rodamientos de motores eléctricos, cojinetes, bujes o pasadores de articulaciones	Previendo que se seque la grasa seleccionándola correctamente y optimizando los intervalos de reengrase.
Flujo por gravedad aplicado por dispositivos lubricadores	Sistemas mecánicos de alimentación, como lubricadores por goteo, levantadores, anillos y mecanismos de salpique	Inspeccionando regularmente la funcionalidad de los dispositivos en uso
Flujo forzado de aceite a través de las zonas de fricción (por bombeo)	Sistemas circulantes de depósito seco, sistemas hidráulicos, lubricación por niebla, etc.	Verificando frecuentemente que se mantenga la mínima tasa de flujo en cada punto del sistema
Lubricación en aerosol	Engranajes abiertos, mandos de cadena grandes	Volumen de aspersión, frecuencia, patrón de aspersión
Lubricación por baño o salpique	Rodamientos y engranajes que están sumergidos parcial o totalmente en el lubricante	Control del nivel de aceite, espuma, lodos y sedimentos

Tabla 1. Medios de abasto de lubricante

Un enfoque proactivo

En la lubricación manual, el usuario aplica aceite periódicamente con un cepillo, una aceitera, o una lata de aerosol. Es un método que utiliza accesorios simples, de bajo mantenimiento y que requiere de poco entrenamiento formal. La principal ventaja estriba en que el técnico de lubricación tiene la oportunidad de inspeccionar la máquina mientras efectúa la lubricación. Por otro lado, tiene varias desventajas, como la aplicación excesiva de lubricante, escurrimientos, pueden quedar algunas áreas sin lubricar adecuadamente, muchas veces se requiere parar el funcionamiento del componente para aplicar lubricante, y puede representar un alto costo si la frecuencia de lubricación es muy corta.



Figura 1. Métodos de lubricación manual

Lubricación por gravedad

El propósito de la lubricación por gravedad es proveer un suministro confiable y continuo de aceite a rodamientos, engranes, cadenas, y otros componentes rotativos o en movimiento de la maquinaria. Así como suena el nombre de la aplicación, estos sistemas operan usando un principio de alimentación por gravedad. Se usa un depósito de suministro para alimentar el lubricante por medio de gravedad al punto de lubricación; estos sistemas también pueden consistir de un número de tubos múltiples o centros de distribución de los cuales el aceite es conducido directamente hacia la superficie a ser lubricada. Cada punto tiene su propio sistema de tuberías y conexiones.

La lubricación por gravedad es una manera alternativa para lubricar componentes de maquinaria en vez de usar sistemas automáticos como se hace en la lubricación centralizada.

Los métodos de lubricación por gravedad consisten en alimentación por goteo y lubricación por mecha.

Lubricación por mecha

Los lubricadores por mecha combinan la alimentación por gravedad con la acción capilar para proporcionar un suministro uniforme y constante de aceite al punto de lubricación, independientemente del nivel de fluido en el depósito. La acción capilar es provista por medio de fibras capilares de diferente grosor, lo que permite regular el volumen de aceite que se aplica. Un cordel más ancho permite un mayor flujo de lubricante que uno delgado. La viscosidad juega un rol importante en el volumen que entregan, mientras más viscoso es el aceite menor será el volumen.

La lubricación por mecha con su acción capilar se utiliza en millones de motores de potencia. Típicamente, la lubricación por capilaridad se usa para alturas de hasta dos pulgadas. Sin embargo, en los cojinetes ferroviarios se han utilizado para alturas de hasta cinco pulgadas. Tenga en cuenta que cuanto más delgado sea el radio del tubo, mayor será la elevación.

Lubricación por goteo

Una aceitera de goteo consiste de un depósito simple colocado en un sitio accesible para su mantenimiento, permitiendo que un sistema de tuberías se conecte a uno o varios puntos de lubricación. Típicamente la velocidad de alimentación para cada punto de lubricación es regulada por una válvula de aguja, la cual se ajusta manualmente. Pueden incluirse válvulas solenoides para controlar con mayor precisión el volumen de lubricante.

Son usados para lubricar rodamientos, cadenas y otras partes de la maquinaria cuándo se utilizan válvulas distantes o tubos múltiples; esto permite un acceso fácil al depósito de aceite cuando la válvula o tubo(s) están localizados en lugares de difícil acceso.

Los lubricadores por gravedad traen los beneficios de lubricación automática sin un costo elevado. Proveen un método simple y confiable de mantener lubricados componentes de maquinaria industrial.

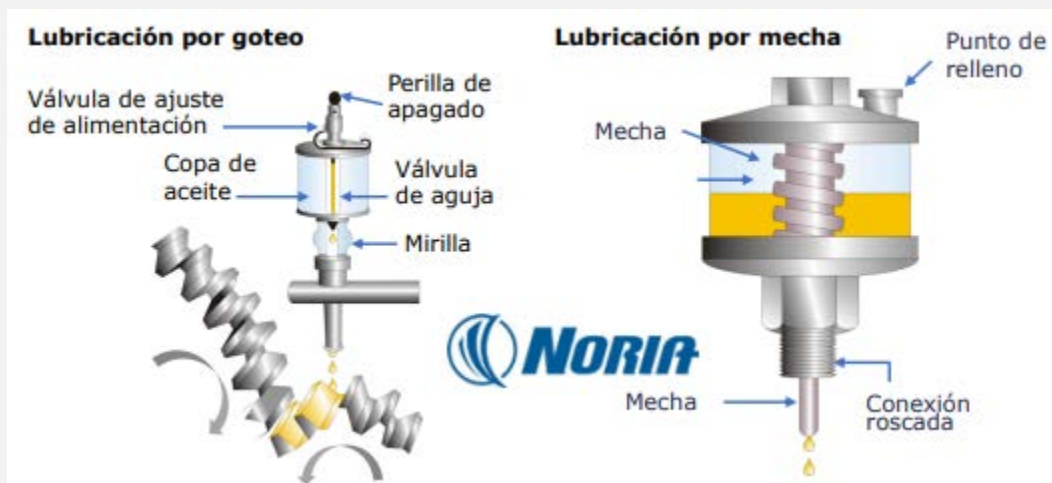


Figura 2. Métodos de lubricación por gravedad.

Ventajas

Los lubricadores por gravedad traen los beneficios de lubricación automática sin un costo elevado. Proveen un método simple y confiable de mantener lubricados componentes de maquinaria industrial. Adicionalmente, estas son algunas de las ventajas asociadas:

- Dispositivos simples
- Tasa de alimentación variable
- Fácil de inspeccionar el nivel y la aplicación de lubricante
- En la copa de goteo, se puede usar una válvula solenoide para detener el flujo automáticamente

Desventajas/Riesgos

- Agua y tierra pueden restringir el flujo en la mecha y tapan la válvula de aguja
- La mecha debe sustituirse con frecuencia
- La tasa de flujo es afectada por la viscosidad, nivel y temperatura; debe ajustarse periódicamente
- Alto riesgo de contaminación al rellenar y manipular los vasos

Para máquinas medianas y grandes a velocidades de baja a media, se pueden usar levantadores de aceite, como anillos, discos, cadenas y elementos rotativos de la máquina. En estas aplicaciones, el levantamiento de aceite se logra mediante una combinación de efectos de inercia y tensión superficial. Los límites superiores de velocidad para las disposiciones de alimentación comunes se muestran en la Figura 3.

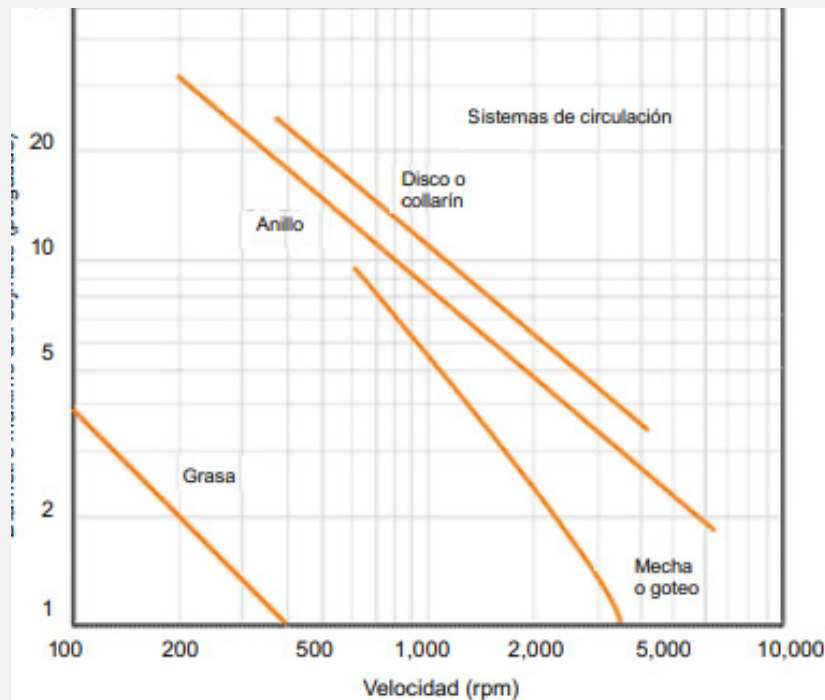


Figura 3. Límites superiores para los métodos de lubricación de cojinetes

Nota: Las regiones en el gráfico a la izquierda de las líneas naranjas son aceptables para ese método de lubricación. Las regiones en el gráfico a la derecha de las líneas naranjas sirven mejor con los métodos de lubricación mencionados a la derecha de la línea naranja.



Métodos de aplicación de aceite

– Anillo y disco

La lubricación por baño de aceite o depósito de aceite es uno de los métodos más antiguos y simples de lubricación por aceite; solo la lubricación con grasa es más antigua que el baño de aceite. Los elementos rodantes del rodamiento pasan a través de una porción de este depósito de aceite a medida que el eje gira (Figura 1).

La lubricación por baño de aceite es factible siempre y cuando no se genere demasiado calor por fricción debido al roce de los elementos rodantes a velocidades excesivamente altas. Debido a que el calor reduce la resistencia de la película de aceite y acelera la velocidad a la que el aceite se oxida, el método de lubricación por baño de aceite se evita en bombas de proceso cuando el factor de velocidad DN (el diámetro del eje en mm [D] multiplicado por las revoluciones por minuto [N]) excede 15,000.

Para ilustrar el enfoque DN, se puede razonar que un eje de 50 milímetros a 1,800 rpm, con su valor DN de $(50)(1,800) = 9,000$, operaría en la zona adecuada para baño de aceite, permitiendo que el lubricante llegue a los elementos rodantes sin necesidad de emplear anillos de aceite

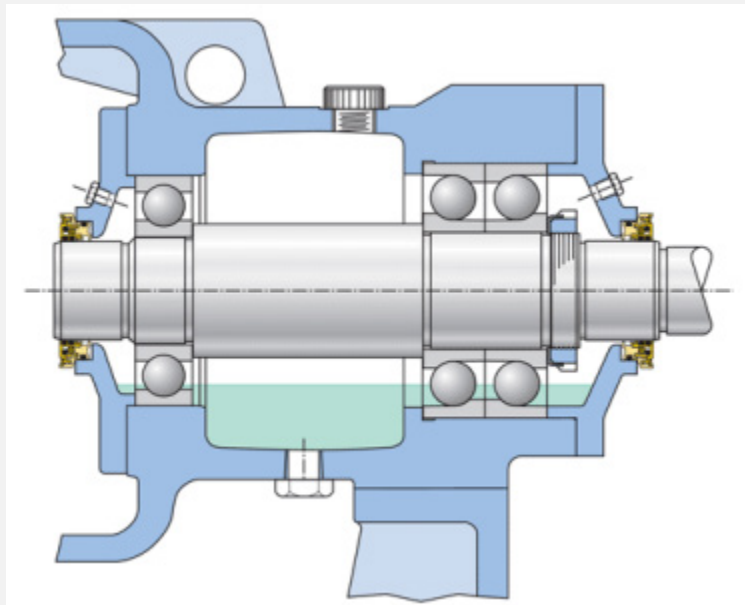


Figura 1. Una carcasa típica de rodamiento de bomba con nivel de aceite que llega al centro de los elementos rodantes más bajos. Aquí, mantener un valor de DN por debajo de 15,000 reduce el riesgo de sobrecalentamiento del aceite.

El límite de DN de 15,000 es un valor basado en la experiencia que tiene en cuenta las condiciones de desalineamiento del mundo real y una serie de otros factores que hacen que el entorno real de la bomba sea diferente de las prácticas en el banco de pruebas.

Lubricación por anillo y collarín

Los levantadores de aceite están dentro de los mecanismos de lubricación más antiguos. Utilizan la rotación de la máquina para recoger el aceite y transportarlo a los componentes que requieren ser lubricados.

La mayor diferencia entre un anillo de aceite y un disco de aceite es la forma en que interactúan con el eje. El anillo de aceite no está fijado al eje, simplemente rueda sobre él (algunas veces sobre canaletas) y levanta el aceite hasta donde necesita llegar. Los discos de aceite están fijos al eje y rotan junto con él. Ambos mecanismos deben operar a una velocidad definida del eje y tener el tamaño adecuado para poder levantar la cantidad correcta de aceite requerida para lubricar los componentes internos de la máquina.

Aunque estos mecanismos son sencillos y requieren poco mantenimiento, tienen algunas desventajas inherentes en su aplicación. Quizás el mayor problema involucra un nivel de aceite insuficiente. El nivel de aceite dentro del reservorio de la máquina debe ser inspeccionado continuamente para asegurar que el mecanismo de levantamiento opere adecuadamente. Un nivel de aceite que esté ligeramente más alto o muy bajo puede afectar en gran medida la efectividad de estos mecanismos.

En condiciones de baja temperatura, existe el riesgo de canalización, lo que significa que la viscosidad del aceite es muy alta como para ser levantado. Durante las paradas y arranques, los anillos y discos pueden simplemente no levantar la cantidad de aceite adecuada para lubricar la máquina. Esto puede llevar a condiciones de lubricación a película límite e incrementar el desgaste de los componentes de la máquina.

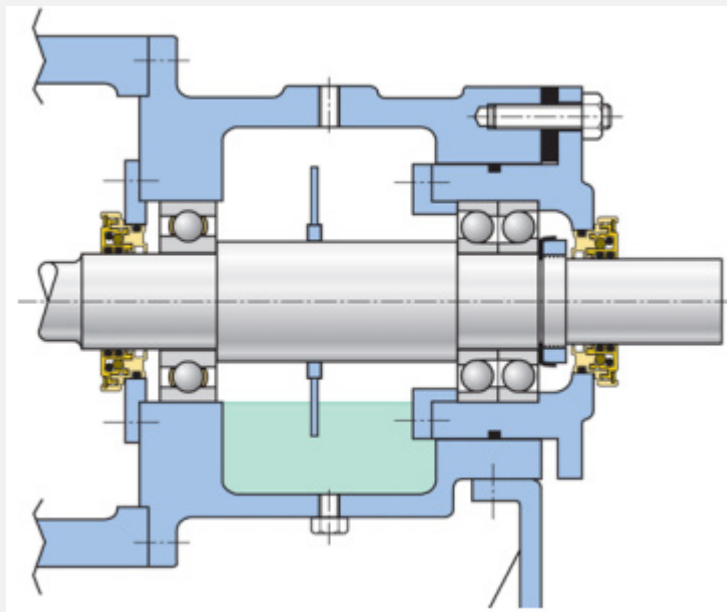


Figura 2. Caja de rodamientos con nivel de aceite reducido para trabajar con valores altos de DN. Un disco levanta o salpica aceite en los rodamientos.

Problemas con lubricadores por anillo

Una bomba que tiene un eje de 50 milímetros que opera a 3,600 rpm ($DN = 18,000$) debería emplear anillos (a veces llamados “anillos levantadores”) para levantar o salpicar el aceite de un depósito con su nivel por debajo del rodamiento. Menos calor de fricción resultado de niveles de aceite más bajos (Figura 2) que cuando el nivel de aceite alcanza el centro de los elementos rodantes (Figura 1).

En la Figura 2 se muestra una caja de rodamientos con un nivel de aceite más bajo y destinada a valores de DN superiores a 15,000. Los rodamientos con valores de DN superiores a 15,000 requerirán la adición de un disco oscilante (como se muestra en esta figura) o un anillo de aceite (Figura 3) o un componente similar de aplicación de lubricante para elevar o salpicar aceite de manera confiable en los cojinetes o rodamientos. Sin embargo, los anillos de aceite son componentes potencialmente vulnerables.

No interactuarán de la misma manera con lubricantes de diferentes viscosidades o con diferentes profundidades de inmersión. A menos que se utilicen en sistemas con ejes perfectamente horizontales, los anillos de aceite funcionarán inclinados hacia un costado de la carcasa y a menudo podrían tener contacto con la carcasa.

Ya en la década de 1970, un fabricante de bombas estadounidense entonces prominente reconoció las desventajas de los anillos de aceite. Su literatura publicitaria señaló que las bombas confiables de esta compañía incorporaron un “lanzador de aceite antifricción que garantiza una lubricación positiva para eliminar los problemas asociados con los anillos de aceite”. Algunas bombas de fabricación europea han evitado los anillos de aceite e incorporado discos levantadores; han tenido buen éxito durante décadas.

Para resistir la deformación durante el funcionamiento, los fabricantes de anillos de aceite deben añadir un paso de recocido para aliviar las tensiones. Los anillos de aceite tienden a volverse cada vez más inestables a medida que los valores de DN se acercan o superan los 20,000.

La inestabilidad significa que los anillos de aceite saltan, se sesgan, se desalinean y se desgastan. Mientras que el anillo de aceite que se muestra en el lado izquierdo de la Figura 3 muestra los bordes biselados y el patrón de contacto moderado de un anillo de aceite en su condición casi nueva, el de la derecha se ha desgastado hasta el punto donde los chaflanes ya no son visibles. Una buena práctica de mantenimiento sería medir el nuevo anillo en el ensamblaje y medirlo nuevamente al momento de la reparación.



Figura 3. Un anillo de aceite en estado nuevo (ancho y achaflanado) a la izquierda, y uno en estado desgastado (angosto y sin chaflán) a la derecha

La diferencia de ancho representa el metal perdido, que se convirtió en un contaminante del aceite y habrá causado que los rodamientos fallen prematuramente.

Para que los anillos de aceite funcionen según lo diseñado, el eje debe ser casi perfectamente horizontal. La inmersión del anillo en el lubricante debe estar en el rango correcto, generalmente cerca de 5/32 de pulgada o entre 8 a 10 milímetros por debajo del nivel de aceite. Además, para evitar la abrasión del anillo y la contaminación peligrosa del aceite, la excentricidad del anillo debe estar dentro de 0.002 pulgadas (0.05 mm), y el acabado de la superficie debe estar razonablemente cerca de 32 y, como máximo, 64 RMS.

La viscosidad del aceite debe estar en el rango cercano de las propiedades típicas de ISO VG 32 y las temperaturas deben estar en el rango moderado. Estos parámetros diferentes e igualmente importantes rara vez se encuentran dentro de su respectivo rango deseable en las plantas operativas reales. Si varios de los parámetros individuales son simplemente “límite aceptable”, los anillos de aceite funcionarán de manera intermitente. Eso, entonces, es una causa de falla evasiva.

Se ha señalado que los anillos de aceite ranurados funcionan ligeramente mejor que la variedad de anillo de aceite plano o liso. Además, ciertos plásticos funcionan un poco mejor que los anillos de latón o bronce que se encuentran típicamente en las bombas. Se sabe que los anillos de aceite funcionan mejor con aceite ISO VG 46 que con aceite ISO VG 68.

Debido a que el comportamiento del anillo de aceite es muy difícil de controlar, algunos compradores centrados en la confiabilidad intentan evitarlos y especifican y seleccionan bombas con discos levantadores de gran diámetro en aplicaciones donde se necesitan niveles de aceite más bajos. Los discos de aleta de diámetro pequeño se usan a veces en aplicaciones de baño de aceite

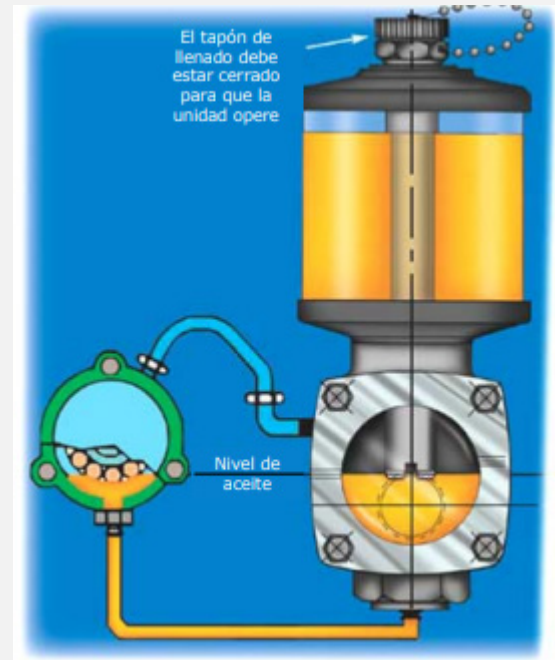


Métodos de aplicación de aceite - lubricadores de nivel constante

Se usa un lubricador de nivel constante para mantener el nivel de aceite en un equipo que naturalmente agota el aceite a través del uso, desgaste, fricción, nebulización o evaporación.

A medida que el aceite se agota en el depósito, como cojinetes, cajas de engranajes, soportes de rodamientos o carcasas de bombas debido a su funcionamiento natural y a la generación de calor por fricción, el nivel de aceite cambia. Se puede usar un lubricador de nivel constante para mantener un desempeño óptimo.

La operación se basa en el principio del sello hidráulico: a medida que el aceite se agota en el componente, el sello hidráulico en la boquilla dentro del lubricador de nivel constante se rompe.



Cuando esto ocurre, entra aire en el depósito de aceite desde el respiradero. Esto libera el aceite del depósito y permite que fluya hacia el equipo hasta que el sello hidráulico se restablezca.

Se puede usar un lubricador automático de nivel constante para rodamientos de rodillos, de bolas, cónicos, esféricos o cojinetes de manguito, que impliquen una contrapresión excesiva. Las aplicaciones incluyen ventiladores, motores, sopladores, cajas de engranajes u otros equipos donde se necesita mantener un nivel constante de aceite.

Los lubricadores de nivel constante son más útiles en fábricas de papel, plantas de cemento, fábricas de manipulación de carbón o industrias con entornos igualmente sucios, porque los depósitos se abren con menos frecuencia.

Diseño básico y operación

En situaciones donde se genera presión o vacío en el depósito, es preferible proporcionar una línea de ventilación de regreso a la carcasa del equipo por encima del nivel de aceite para igualar la presión.

Al igualar la presión entre el lubricador y el equipo (Figura 1), el nivel se mantiene con mayor precisión, creando un sistema de circuito cerrado. En el caso de que no haya lugar para volver a colocar la ventilación de aire en el equipo, se puede usar un tapón de ventilación filtrado en el depósito para evitar que entren contaminantes ambientales en el sistema.

Lubricación de nivel constante

Manejo y de aplicación de lubricante

Las Figuras 2 y 3 muestran los dos puntos de conexión de aceite, de los cuales cualquiera de los puntos se puede usar para la instalación o el drenaje. Uno está ubicado en el costado de la carcasa mientras que el otro está en la parte inferior. Estos puntos variarán según el diseño.

El nivel de líquido en el depósito de aceite es visible a través de un depósito transparente disponible en acrílico o vidrio y en varios tamaños. La temperatura máxima es de 71 °C (160 °F) para acrílico y 107 °C (225 °F) para vidrio.

El depósito del lubricador está montado herméticamente en su base para evitar la entrada de contaminantes. El depósito se rellena fácilmente a través de la tapa en el puerto superior que cerrará automáticamente el flujo mientras se rellena.

La operación se reanuda cuando se vuelva a colocar y asegurar la tapa. Puede ser necesario repetir el proceso de llenado hasta que el líquido alcance el nivel óptimo y ya no drene del depósito cuando se instale la tapa.

Los lubricadores de nivel constante se pueden instalar de forma remota o directamente en el depósito. En la base del lubricador de nivel constante está marcada una línea de nivel de líquido para facilitar la alineación con el nivel de aceite adecuado.

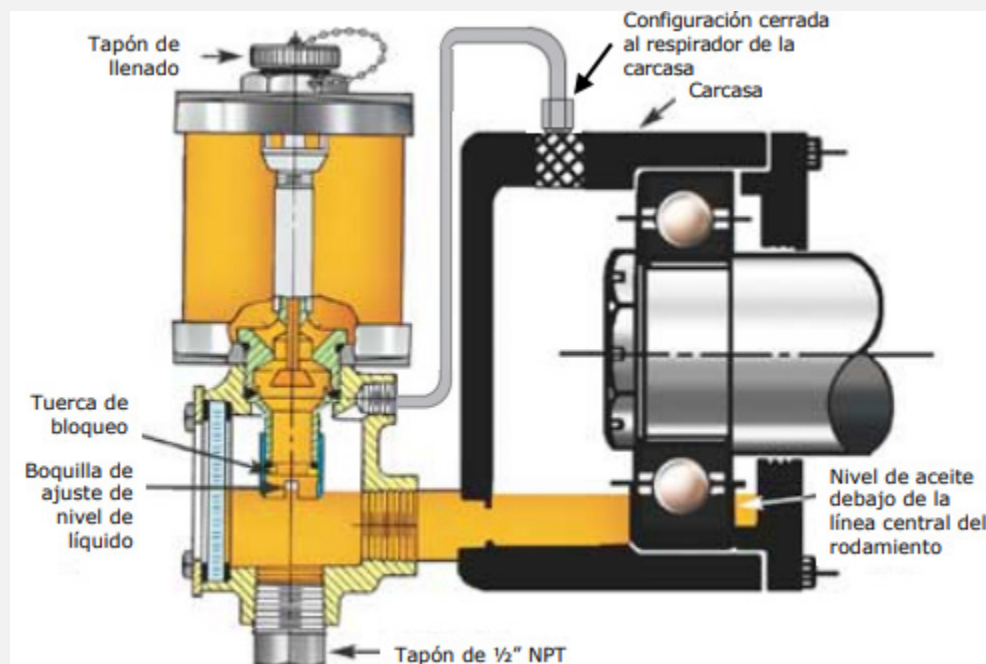


Figura 2. Estilo CS ajustable

En ciertos equipos, se puede arrastrar un alto nivel de aceite a la parte superior de la carcasa durante la operación. Al apagarse, este aceite vuelve al depósito indicando un alto nivel de aceite. Si esta cantidad de aceite supera la capacidad del depósito, fluirá hacia la línea de ventilación (Estilo CS) y se disipará o, en el caso de los que están conectados al depósito a través de la línea de ventilación, volverá a la carcasa.

El lubricador de nivel constante se instala con la marca del nivel de aceite a la altura exacta a la que se debe mantener el aceite en la carcasa. Debe estar nivelado, con conexiones cortas y rígidas para evitar vibraciones.

La ventilación de aire puede equiparse con un filtro cuando se ventila a la atmósfera. La ventilación de aire también se puede conectar hacia la parte superior de la carcasa del componente para diseñar un circuito cerrado (Figura 2).

Se sabe que los lubricadores de nivel constante funcionan durante años o incluso décadas sin mantenimiento. Los sellos degradados son la causa más probable de un problema operativo.

El lubricador puede probarse tapando las salidas de aceite con tapones de tubería, rellenando el depósito, apretando la tapa y observando si hay fugas. El aceite debe buscar y permanecer en la marca del nivel de aceite en el transcurso de varias horas. Si los sellos están defectuosos, el aceite llenará el puerto de visualización y se filtrará por el orificio de ventilación. En el caso de sellos defectuosos, es aconsejable reemplazar toda la unidad.

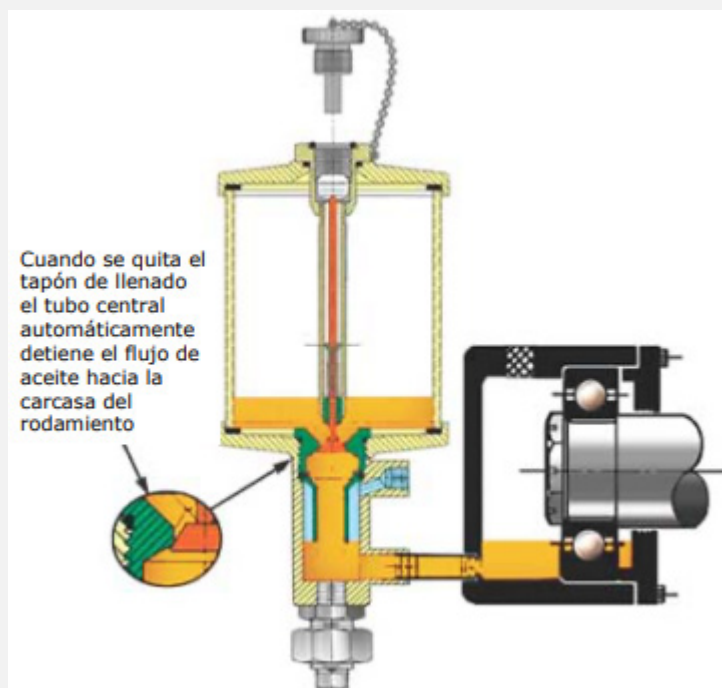


Figura 4. Estilo C

Instalación

La instalación adecuada del lubricador asegurará la máxima operación a largo plazo. Los problemas clave que deben abordarse durante la instalación incluye:

1. Verificar que el nivel de aceite esté claramente marcado en la base del lubricador.
2. Instalar el lubricador usando un puerto lateral o inferior al nivel deseado.
3. El nivel de aceite correcto es el nivel más bajo en el que el rodamiento funciona correctamente, que debe estar en el medio del elemento medido en la posición de las seis en punto en el reloj.
4. El lubricador debe estar nivelado en todas las direcciones para funcionar correctamente.
5. Todos los tubos de conexión deben ser cortos, rígidos y cercanos a la carcasa para evitar vibraciones.
6. Asegúrese de que la carcasa se llene durante la instalación inicial. Llene la carcasa a través del lubricador. Llene cuantas veces sea necesario.
7. Al terminar de llenar, verifique que el tapón de llenado quede bien ajustado. Retirar el tapón de llenado cerrará el suministro de aceite. El tapón de llenado flojo causará fugas.
8. El depósito debe estar equipado con una mirilla para confirmar la correcta operación del lubricador.

Solución de problemas

Se pueden efectuar diversas pruebas para identificar y resolver problemas en la instalación y mantenimiento de lubricadores de nivel constante. Se puede realizar una simple inspección de mantenimiento preventivo de la siguiente manera:

1. Asegure el lubricador para que quede nivelado en todas las direcciones.
2. Acople tapones de tubería en las salidas.
3. Retire el tapón de llenado y llene el depósito por completo.
4. Atornille rápidamente la tapa de llenado en el depósito. Nota: Cerrar la tapa de llenado permite que la válvula de retención se abra, permitiendo así que el aceite llene la mirilla.
5. Cuando la tapa de llenado se aprieta de forma segura, el aceite en la mirilla debe buscar un nivel en o cerca de la marca de nivel que se muestra en el bastidor.
6. Deje reposar el lubricador durante varias horas. Si continúa reteniendo el aceite en el nivel inicial, el lubricador funciona correctamente. Si parece que el aceite está llenando completamente la mirilla y se está filtrando por el orificio de ventilación, los sellos de la unidad están defectuosos y deben reemplazarse.



La forma correcta de lubricar engranajes helicoidales

El nivel de aceite correcto

Al igual que con la mayoría de los sistemas de engranajes lubricados por salpicadura, el nivel de aceite en un tornillo sin fin es esencial para mantener la precisión. Dependiendo de la posición del tornillo sin fin en relación con la corona, una pequeña caída en el nivel de aceite podría ser la diferencia entre la lubricación ideal y la no lubricación.

Al monitorear el nivel de aceite en las tres posiciones más comunes de manejo de tornillo sin fin, cumpla con las recomendaciones del fabricante, que a menudo estarán en línea con los estándares de profundidad de inmersión en aceite.

Cuando la velocidad de la línea de paso del tornillo sin fin supera los 10 metros por segundo, particularmente con transmisiones de tornillo sin fin de envoltura doble, se recomienda un sistema de lubricación de alimentación forzada para rociar toda la cara del tornillo sin fin.



Photos courtesy Agnee Transmissions

Posición	Sin fin en la parte inferior del reductor	Sin fin en la parte superior del reductor	Vertical el sin fin en un costado
Nivel de aceite	El sin fin debe estar sumergido en el aceite al centro de su eje.	El diente más bajo de la corona deberá totalmente sumergido en el aceite	La mitad de la corona sumergida al menos hasta la altura del sin fin



Consejo para la lubricación de cadenas



"¿Cuál es su consejo para la lubricación de cadenas de rodillos abiertas?"

La lubricación efectiva de cadenas que operan en un ambiente sucio, abrasivo, puede ser un gran reto. El objetivo de la lubricación de cadenas es colocar una pequeña cantidad de lubricante entre el perno y el barril en cada eslabón. Ya que es imposible inyectar directamente el lubricante en los sitios correctos, los usuarios lo intentan por diversos métodos, como sumergir la cadena en un baño de aceite, atomizando lubricante, o aplicándolo con una brocha en las superficies externas.

Para cadenas que operan lentamente, puede ser útil y práctico aplicar lubricación por baño de aceite. Se requiere poner atención en el nivel adecuado de aceite y limpiar el exceso de lubricante de las superficies de la máquina.

Las cadenas de baja velocidad y alta carga requieren una gruesa capa de aceite. Un aceite de engranes de mediana viscosidad o un aceite de circulación de alta viscosidad es una opción común.

En las prácticas de relubricación intermitente, cualquier recubrimiento de lubricante en el exterior de la cadena permite que las partículas en el aire se depositen y acumulen, bloqueando el flujo de aceite a los componentes internos.

Además, dependiendo de la dureza de las partículas contaminantes, este material humedecido puede actuar como un compuesto pulidor actuando entre la Catarina (sprocket) y el barril de la cadena.

Esas aplicaciones son buenos candidatos para lubricantes con aditivos de película sólida con un vehículo evaporador ligero. Al aplicarlo, el aceite penetra, transportando los aditivos sólidos al punto de contacto, permaneciendo allí para proporcionar una protección de "película seca" una vez que se evapore el vehículo. El exterior de la cadena queda seco, de forma que no acumula muchos contaminantes atmosféricos.

Las cadenas tienden a lubricarse con lo que esté a la mano. Deben evitarse los aceites impuros (reutilizados). Los ácidos y abrasivos en el aceite pueden dañar permanente a la cadena.

Un lubricante para cadenas debe tener suficiente baja viscosidad para penetrar dentro de las críticas superficies internas, y suficiente alta viscosidad, o los aditivos necesarios, para mantener una película efectiva a la temperatura y presión presentes. El lubricante también debe tener la capacidad para mantener la calidad de lubricación deseada bajo las condiciones de operación prevalecientes, y estar limpio y libre de corrosivos.

Usualmente es suficiente con un aceite base mineral no detergente. Aunque normalmente no se necesitan detergentes, con frecuencia son útiles los aditivos antiespumantes, antioxidantes y extrema presión.

El fabricante de la cadena con frecuencia utiliza grasa o vaselina como lubricante inicial. Sin embargo, los usuarios generalmente no aplican grasas en las cadenas porque son muy gruesas como para penetrar en las superficies internas de rodamiento de las cadenas. Debe emplearse grasa sólo cuando existen graseras para inyectarla entre las juntas de la cadena.



Mejores prácticas para lubricación por aspersión

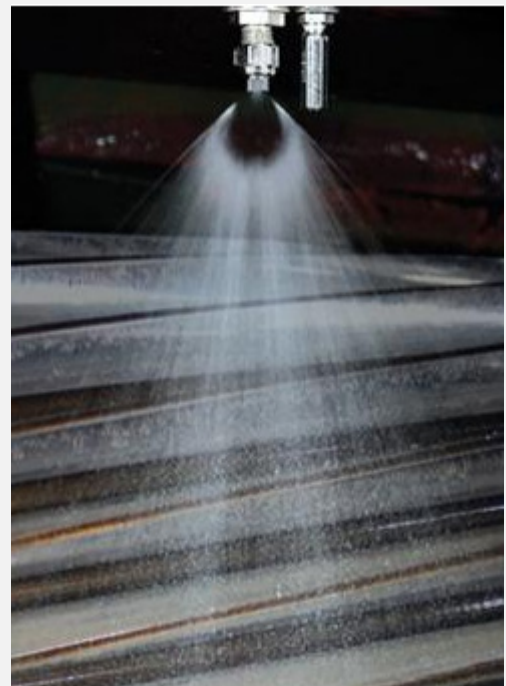
¿Cómo se puede lubricar por aspersión un engranaje abierto? ¿Hay boquillas disponibles para esto? ¿Qué presión de aire es la ideal? ¿Cuál es la mejor distancia entre la boquilla y la zona de aplicación? ¿La lubricación por aspersión es la mejor manera para lubricar un engranaje abierto?"

La lubricación por aspersión es una práctica común. Hay diversas grasas que están formuladas especialmente para trabajar en engranajes abiertos.

Como con cualquier sistema de lubricación, es importante verificar que se están utilizando el volumen y el tipo de lubricante apropiado. También debe asegurarse que el lubricante se mantenga en su lugar y que sea de la viscosidad correcta.

La distancia entre los dientes de los engranes y las boquillas del sistema de aspersión puede variar enormemente. A veces pueden colocarse apenas a 5 centímetros de distancia, mientras que en otros casos se recomienda una distancia de 20 centímetros. Esto depende de la velocidad y tamaño del engranaje, y el tipo de boquilla de pulverización que se está usando.

Existen varios tipos de boquillas, cada una de ellas con un patrón distinto de aspersión y que requieren una presión de aire diferente. La selección del patrón de pulverización es una de las consideraciones más importantes. Aunque la mayoría de las boquillas hacen un buen trabajo de aspersión del lubricante, debe asegurarse de que el patrón de aspersión cubra toda la superficie del engranaje antes de que los dientes engranen entre sí. Para esto puede ser necesario emplear varias boquillas. Debe cubrirse completamente con lubricante toda la superficie de contacto y debe minimizarse cualquier exceso.



Se debe inspeccionar rutinariamente que el sistema de aspersión funcione correctamente, que las boquillas estén pulverizando adecuadamente, que se tenga la presión de aire adecuada y que haya suficiente lubricante en el depósito. Las boquillas tienden a obstruirse en algunos casos con cera, contaminantes o residuos de lubricante; cualquier obstrucción de las boquillas puede tener efectos adversos sobre el patrón de aspersión y la calidad del lubricante que se está aplicando al engranaje.

La lubricación por aspersión es un excelente método para lubricar engranajes abiertos, pero aplican las mismas reglas que con cualquier otra práctica de lubricación. El método será tan bueno como el lubricante que se utilice y la manera en que se mantenga e instale el sistema. Muchos sistemas excelentes han fracasado debido a la falta de mantenimiento o inspecciones. Con el mantenimiento adecuado, estos sistemas pueden proporcionar una mayor confiabilidad y reducir la mano de obra necesaria para lubricar los engranajes manualmente.



Ventajas de los procedimientos documentados para las tareas de lubricación

La lubricación no es lo que solía ser, y eso es algo bueno (y malo). Hubo un tiempo en que los procedimientos documentados para las tareas de lubricación se trataban con importancia.

La lubricación fue fundamental tanto para la causa como para la solución de un gran porcentaje de fallas de maquinaria en instalaciones industriales. Mucho se ha aprendido desde entonces. Mejores lubricantes y máquinas mejor diseñadas han permitido extender la vida útil de la maquinaria.

Sin embargo, con el tiempo, la reducción de fallas y los efectos aparentemente intrascendentes del desempeño de la tarea han llevado a una falta de atención en las actividades diarias de lubricación.

Debido a esto, las tareas de lubricación de rutina continúan pasando a segundo plano y, a veces, se ignoran por completo.

Incluso cuando se efectúan las tareas de lubricación, ha habido una epidemia de ignorar los detalles y el sentido de propiedad. El resultado es que el estado de mantenimiento ha retrocedido hacia fallas de lubricación innecesarias, pero esta vez la causa suele ser el descuido o error humano.

Hoy, la razón más común de las fallas de lubricación no son los lubricantes de baja calidad o las máquinas mal diseñadas. En cambio, se debe a cómo las tareas de lubricación se manejan de manera ineficaz.

Las siguientes son siete razones por las cuales los procedimientos documentados para cada tarea de lubricación pueden ofrecer una solución y beneficiar directamente el resultado final.

7 razones para procedimientos de lubricación documentados

Cuando las tareas de lubricación se documentan adecuadamente y se toman decisiones inteligentes de gestión, quienes realizan las tareas serán más efectivos y se esforzarán por aprender más sobre las actividades de lubricación.

Una buena documentación con procedimientos de respuesta organizados es la clave para maximizar la detección de la causa raíz o las primeras señales para la detección de fallas. Esto conducirá a evitar una falla tras otra. En resumen, se logra menos tiempo de inactividad general.

Los involucrados también están más satisfechos en sus tareas y se interesan más en lograr las metas de confiabilidad. La documentación de las tareas de lubricación y las acciones con intención pueden ser la solución a un problema cada vez más difícil.

1. Precisión de la tarea

El mantenimiento de precisión tiene que ver con los detalles. Cuando se piensa cuidadosamente en cada una de las tareas asignadas y los pasos del procedimiento, hay una mejor oportunidad de lograr un mantenimiento de precisión.

Esta debería ser la razón más obvia. Estos detalles pueden incluir características tales como quién debe realizar la tarea, qué herramientas se requerirán, en cuáles áreas de la máquina trabajará, qué se debe hacer, etc. Por ejemplo, la tarea de inspeccionar una mirilla de aceite no debería implicar simplemente inspeccionar si hay un nivel de aceite preciso; en cambio, debería ser una manera de efectuar un análisis de aceite. Este tipo de inspección incluiría las tres zonas de inspección de mirillas: nivel, espuma y depósitos (NE&D); color y claridad (C&C) y sedimento del fondo y agua (BS&W).

La documentación debe estar completa, con pasos para analizar el aceite en todas las zonas de inspección, instrucciones para el protocolo de remediación e incluir imágenes, si es posible.

2. Confianza en la tarea (satisfacción del trabajo)

Para muchos, puede ser difícil tener confianza en su trabajo si las tareas no están claras o no están definidas, particularmente si se le evalúa con los resultados.

Este es un desafío común para el personal nuevo que ha sido contratado para hacerse cargo de las actividades de lubricación pero que puede ser que no tenga ninguna experiencia. Si a estos técnicos de lubricación se les da poca instrucción o simplemente se les dice que “mantengan todo engrasado y lubricado”, pueden quedar insatisfechos en sus trabajos.

El desempeño disminuirá a medida que cuestionen constantemente si están completando las tareas correctamente. Peor aún, si la máquina experimenta un modo de falla relacionado con la lubricación, la causa raíz puede ser atribuida injustificadamente a esta persona.

Cuanto más ocurre esto, mayor es la falta de confianza y más empeora el desempeño del trabajo.

3. Consistencia de la tarea

Las tareas de lubricación de rutina a menudo se asignan a uno o dos técnicos de lubricación específicos (o a un área de la planta). Esto es importante para crear propiedad, consistencia y facilitar el control del proceso.

A medida que estas personas realizan su trabajo durante un largo período de tiempo, se vuelven menos dependientes de la documentación para efectuar sus actividades.

Esto puede ser tanto bueno como malo. Es bueno porque se puede desarrollar la eficiencia, pero malo porque es más probable que los técnicos se desvíen, busquen cómo simplificar la tarea o pasen por alto algunos requisitos de las tareas a medida que se vuelven menos dependientes de la documentación.

Mantener la documentación como referencia de rutina ayuda a reforzar la validez del trabajo que se realiza. Además, si la documentación se actualiza a medida que se demuestra que algunas modificaciones son beneficiosas, estas eficiencias pueden pasarse a la siguiente persona que realice las tareas.

Esto es esencial, porque si la persona responsable de las actividades de lubricación en un área específica no está disponible repentinamente (temporal o permanentemente), alguien más necesitaría intervenir. Si hay documentación incorrecta, surgirá un gran riesgo para el desempeño general de la tarea.

Si bien algunos cambios leves pueden no ser motivo de preocupación para muchas tareas, con otras, como la relubricación con grasa o el muestreo de aceite, incluso algunas pequeñas desviaciones en los pasos realizados pueden tener consecuencias importantes.

Por ejemplo, si un individuo usa el tipo incorrecto de botella de muestreo o no purga adecuadamente los dispositivos de muestreo, los resultados podrían mostrar falsos positivos. Del mismo modo, si la muestra se toma de una ubicación incorrecta, podría producirse un falso negativo o falso positivo.

En ambos casos, la acción correctiva para evitar que progrese un modo de falla potencial dependerá en gran medida de estos resultados, y los pequeños detalles en el procedimiento de muestreo jugarán un papel muy importante para ello.

4. Cumplimiento de las tareas

La documentación adecuada no solo trata sobre cómo realizar una tarea, sino también cómo informar que la tarea se ha completado y cuáles fueron los hallazgos o resultados.

Para los procedimientos de relubricación con grasa, la programación de la próxima tarea de relubricación dependerá de cuándo se realizó por última vez. Esto requiere documentar la finalización de la tarea y si se realizó sin problemas. Para las inspecciones, la documentación es simplemente una cuestión de verificar que no se pasó por alto algún punto de inspección.

Si se reportan condiciones anormales, puede monitorearse su tendencia y observarse más de cerca o convertirse en una acción correctiva.

El mantenimiento proactivo es una de las formas más efectivas para evitar tiempos de inactividad inesperados y extender la vida útil de las máquinas.

El seguimiento del cumplimiento de la tarea a través de la documentación es una parte clave para ver los verdaderos beneficios de las tareas proactivas de lubricación. Después de todo, lo que se mide se hace.

45%

de los profesionales de la lubricación dicen que su planta no cuenta con procedimientos de lubricación escritos, según una encuesta reciente en MachineryLubrication.com

5. Priorización de las tareas

No es raro que los técnicos de lubricación se retrasen en sus tareas programadas y que las rutas pasen a alimentar la cartera de tareas vencidas, especialmente si la mano de obra disponible no es adecuada o suficiente. Para muchos, esto parece inevitable.

Como resultado, la planificación y la programación requerirán priorización según diversos criterios, incluyendo los tipos de tareas y activos, rutas y ubicaciones. Documentar estos detalles es un requisito previo para crear estas priorizaciones.

Además, la priorización debe optimizarse de manera rutinaria. Con base en los resultados del análisis predictivo y proactivo de las tareas de lubricación o alguna otra tecnología de mantenimiento basado en condición, las máquinas que muestran señales tempranas de un modo de falla potencial pueden avanzar en la lista de prioridades.

6. Tendencia de datos de las tareas

Ya sea que se trate de un tipo de tarea específica en una máquina o de varios tipos de tareas en todas las máquinas de la planta, es útil analizar las tendencias de los datos.

La mayoría de las tecnologías de monitoreo de condición, como el análisis de aceite y el análisis de vibración, son conocidas por su capacidad de aplicar técnicas de tendencia para predecir las condiciones de funcionamiento de la máquina y los posibles modos de falla.

Hacer estas predicciones y optimizar las técnicas de la tarea puede mejorarse enormemente analizando la documentación de las tareas completadas y los datos de retroalimentación.

7. Hacer cumplir el mantenimiento proactivo

A pesar de la abrumadora evidencia de un programa de mantenimiento proactivo que ofrece grandes ganancias, tiene una larga historia de ser tratado con menos importancia.

¿Por qué? Tal vez porque las actividades no son tan urgentes como reconstruir una bomba averiada o porque no hay una satisfacción instantánea de las inspecciones diarias o los procedimientos precisos de relubricación. Cualquiera que sea la razón, es por esto por lo que todas las tareas de lubricación deben documentarse.

Documentar los requisitos de la tarea, programar, priorizar y monitorear el cumplimiento son formas efectivas de enfatizar la magnitud de estas actividades proactivas.

Administre sus procedimientos de lubricación

Para los equipos de mantenimiento de hoy, un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS, por sus siglas en inglés) es el estándar para un repositorio donde residen los procedimientos documentados de lubricación.

Sin embargo, con la compleja funcionalidad y los requisitos de los programas CMMS convencionales, puede haber desafíos para integrar las necesidades específicas de las actividades de lubricación.

Similar a lo que afecta a muchos requisitos de lubricación proactiva, un CMMS a menudo trata las tareas de lubricación con menos importancia.

Por esta razón, no es inusual que las plantas opten por programas separados para la gestión de la lubricación, rutas y organización de otros datos de lubricación.

Independientemente de cómo elija administrar la documentación para sus procedimientos de lubricación, la siguiente lista de verificación se puede utilizar para evaluar un sistema de gestión:

- ¿Es fácil de usar?
- ¿Es fácilmente accesible para aquellos que lo necesitan de manera rutinaria (puede requerir varios niveles de permisos de acceso)?
- ¿Es fácilmente editable para quienes están capacitados y son responsables (la edición debe ser limitada y mantener la coherencia)?
- ¿Está alineado con los estándares provistos por el manual corporativo de estándares de lubricación?
- ¿Tiene una estructura de activos jerárquica fija para la documentación organizada?
- ¿Ofrece control de plantillas y formatos para la estructura y organización de los procedimientos (estos pueden ser controlados por el manual de estándares corporativos o estándares reconocidos internacionalmente)?
- ¿Contiene listas de verificación u otros métodos de evaluación de retroalimentación para tareas de inspección y control de calidad?
- ¿Incluye referencias a documentación de respaldo adicional (como el manual de normas corporativas, materiales de capacitación y expertos en la materia internos o externos)?
- ¿Las tareas especifican herramientas, materiales, partes de repuesto u otros materiales necesarios para realizar la tarea?
- ¿Las tareas especifican a los responsables de realizar las actividades (y los requisitos mínimos de capacitación para este rol), quiénes son los responsables de editar las tareas, así como a cualquier otro personal involucrado en la tarea?
- ¿Hay activadores incorporados entre cada posible condición reportada de las tareas de monitoreo de condición (inspecciones, análisis de aceite, etc.) con tareas específicas de seguimiento para conciliar o monitorear la preocupación?
- ¿Cuenta con características para generar rutas y características documentadas para modificar, asignar, revisar, etc., la estructura de las rutas?
- ¿Hay opciones de reportes para elaborar resúmenes semanales o mensuales y requisitos de gestión?

Administrar la documentación de sus tareas de lubricación no siempre es fácil, pero tampoco se trata de lidiar con un programa de lubricación no documentado o mal administrado.

Si su planta ha estado funcionando por algún tiempo sin ningún control de cómo se realizan o documentan las tareas, considere las oportunidades disponibles al actualizar su programa de lubricación.

Combinar estas mejoras con otras iniciativas de excelencia en lubricación es una excelente manera de modernizarse y obtener grandes ganancias de su inversión.

Si bien surgirán muchos desafíos durante este proceso, como cambiar la cultura, comprar e instalar dispositivos para modificar la maquinaria y obtener capacitación integral en lubricación, con el plan de acción correcto, estos obstáculos se pueden superar en un corto período de tiempo. La nueva forma de hacer las cosas se convertirá en la manera de efectuar las prácticas correctas de lubricación.

Garantizar el éxito a largo plazo de su programa de lubricación

Si está considerando renovar su programa de lubricación, existen al menos dos razones por las cuales la documentación del procedimiento es vital para respaldar el éxito a largo plazo del programa.

A medida que se implementa un programa mejorado, muchas de las medidas proactivas resultarán en una reducción de fallas de la máquina y un mayor tiempo de actividad general.

Después de años de maduración del programa, es probable que haya cambios en el personal de mantenimiento, un cambio de enfoque con iniciativas de confiabilidad e incluso cambios en la administración. Todo esto puede llevar a los involucrados a perder de vista por qué ciertas tareas diarias de lubricación son necesarias.

Si pocas máquinas experimentan fallas relacionadas con la lubricación, incluso puede surgir la percepción de que estas tareas son irrelevantes.

Sin embargo, si las actividades están bien documentadas y se realiza un seguimiento de los indicadores clave durante y después de la implementación del programa, habría evidencia para mostrar cómo estas actividades “irrelevantes” son directamente responsables de la reducción de fallas relacionadas con lubricación.

Además, si ha habido cambios en el personal responsable de las actividades de lubricación, será importante continuar estas actividades con una transición perfecta.

Sin documentación y asignaciones debidamente programadas, una parte importante del programa saldrá por la puerta con aquellos que se van.



Cómo desarrollar un procedimiento de lubricación efectivo

La mayoría de las plantas que hemos visitado en los últimos meses tiene una fuerza laboral con mucha experiencia, que es muy hábil realizando sus obligaciones, pero con edades avanzadas. Muchos de ellos están buscando retirarse dentro de unos pocos años. Eso en realidad no es un problema. El problema está en que los datos y experiencia acumulada por estos trabajadores durante años residen solamente en sus cabezas y no en un documento escrito o en la memoria de una computadora. Esto significa que cuando se vayan, al alcanzar la edad de retiro, la información se perderá hasta que la empresa vuelva a invertir para aprender todo nuevamente (a menudo a un costo más elevado).

Una forma de remediar esta situación es comenzando a desarrollar y escribir procedimientos efectivos. ¿Qué es un procedimiento de lubricación efectivo? Es una guía paso a paso que dirige al usuario a través de una tarea específica de lubricación. Por supuesto, hay muchos tipos de tareas, incluyendo lubricación manual de rodamientos, llenado y verificación de nivel de cajas de engranajes, filtración externa (riñón), muestreo de aceites, etc. Cada una de estas tareas tendrá cierto grado de singularidad, así como una gran cantidad de superposiciones con otras tareas de lubricación similares.

Cuando desarrolle un procedimiento de lubricación, debe considerar lo siguiente:

- **Estrategia** — ¿Cómo este procedimiento apoya la estrategia de mantenimiento?
- **Propósito** — ¿Por qué se debe realizar?
- **Procedimiento** — ¿Cómo se debe realizar la tarea, incluyendo todos los detalles que determinan la seguridad, eficiencia y eficacia?

Si bien no existe un enfoque único para la definición de las tareas individuales a incluir en un procedimiento, hay ciertos detalles específicos que deben ser incluidos para eliminar ambigüedades y asegurar su cumplimiento. Como mínimo, el propósito debe incluir el nombre de la tarea a efectuar, el objetivo de la tarea, el perfil y habilidades de la persona que ejecutará la tarea, las condiciones operacionales y de seguridad y la cantidad de tiempo requerido para ejecutar la tarea. Los detalles deben especificar qué se debe hacer, dónde se debe hacer, quién hará la tarea, las herramientas y materiales requeridos para la tarea y condiciones especiales alrededor de la tarea (seguridad, operación, etc.)

En el proceso de elaboración y escritura de los procedimientos, se pueden encontrar una gran cantidad de similitudes entre componentes agrupados por estrategias de mantenimiento. Se puede generar una plantilla con una cantidad significativa de información o estructura genérica para facilitar el proceso sin afectar los resultados.

Alcance de la tarea

En el procedimiento se define claramente el alcance de la tarea que se espera sea ejecutada por un individuo. Asegura que la tarea sea ejecutada de acuerdo con los requisitos de la gerencia y de ingeniería. Si la gerencia define aplicar 12 bombazos de grasa en un rodamiento, con intervalos de 15 segundos entre bombazos, este requisito puede ser claramente documentado en el procedimiento.

Consistencia

En ausencia de procedimientos, cinco técnicos están capacitados para realizar la tarea de cinco formas diferentes. Sin un procedimiento, cada individuo tiene la libertad de “personalizar” dicha tarea. Esta inconsistencia produce resultados indeseables. Los procedimientos documentados dan uniformidad a las tareas de lubricación, manteniéndolos a todos en el mismo contexto.

Los 4 elementos de un procedimiento de lubricación efectivo

1. Énfasis en las mejores prácticas – Los procedimientos permiten la incorporación de las mejores prácticas. Sin embargo, esto no es automático. Hay que hacer un esfuerzo concertado para diseñar la mejor práctica e incluirla en el procedimiento. Utilice la experiencia y el conocimiento de su personal de mantenimiento y, de ser necesario, apoyo externo, para asegurar que sus procedimientos estén actualizados y alineados con los objetivos de su negocio.

2. Clara comunicación – Use un lenguaje claro y fácil de entender cuando redacte un procedimiento. Utilice también fotos digitales para reducir la dependencia de las palabras en el procedimiento. Para una tarea compleja, un video digital es una excelente manera de comunicar las tareas que son difíciles de describir con palabras. Considere incluir en el procedimiento una vista superior de la planta con puntos de referencia que indiquen la localización de la máquina. Llegar a la máquina indicada es el primer paso. También debe utilizar bocetos o fotos indicando la ubicación de los puntos de lubricación de la máquina. Muchos puntos de lubricación son obviados por los técnicos por desconocer su ubicación. Se deben incluir los requisitos de herramientas y materiales específicos para ejecutar la tarea, mejorar su planificación y el armado de los kits de herramientas. No olvide incluir las prácticas generales de seguridad y los riesgos específicos asociados con la ejecución de la tarea de lubricación.

3. Formatos electrónicos – Coloque sus procedimientos en formato electrónico, preferiblemente en la intranet de su empresa o en una dirección de internet para aquellos que utilizan aplicaciones soportadas en web. Cuando los procedimientos están en formato electrónico, pueden ser actualizados a nivel mundial, anexados a una orden de trabajo o ligados a las máquinas en su sistema de mantenimiento computarizado (CMMS). Las fotos y los videos digitales pueden ser fácilmente anexados a los procedimientos. Documentar sus procedimientos en forma electrónica es más eficiente y efectivo que tenerlos impresos en papel o en carpetas de tres argollas.

4. Mejoramiento continuo – Los procedimientos tienen una desventaja. Sin una buena gestión, pueden anclar a la organización al pasado, limitando la incorporación de nuevas tecnologías y mejores prácticas. Asegúrese de que su programa incluye una revisión periódica y un proceso de mejora para actualizar y mejorar sus procedimientos de lubricación. El uso de procedimientos electrónicos simplifica el mejoramiento continuo, ya que no requieren de actividades tediosas con el remplazo de hojas en su manual de lubricación. Los cambios pueden ser documentados y comunicados en un memorándum, mientras que la actualización sólo requiere el toque de un botón.

Mejores prácticas

Un procedimiento crea el marco de referencia para la estandarización de las mejores prácticas. Es como un recipiente donde se vierte todo el conocimiento y la experiencia de sus trabajadores, consultores externos, vendedores, etc., en un solo documento. Este proceso de convergencia hace que el equipo alinee los procedimientos con los objetivos de la organización. Lo que es la “mejor práctica” para una máquina puede ser demasiado o muy poco para otra, dependiendo de la importancia relativa de ambas máquinas en las operaciones de la planta, aún si las dos máquinas son idénticas en su diseño (misma marca y modelo).

Entrenamiento

Podría decirse que el papel más importante de un procedimiento de lubricación es que es la base para el entrenamiento de los técnicos de lubricación. La educación básica en lubricación, lubricantes, análisis de lubricantes, etc., está diseñada para proporcionar los fundamentos para que el individuo piense como un técnico en lubricación.

La certificación es otro aspecto crítico del proceso de entrenamiento porque confirmar que el individuo posee las habilidades requeridas para ejecutar las funciones de su trabajo. Esto se conoce como la formación técnica. Si bien esto es importante, el entrenamiento técnico no logra per se, transmitir las instrucciones específicas para completar una orden de trabajo relacionada con la lubricación. Un conjunto de procedimientos sirve como un plan de estudio natural para el entrenamiento basado en tareas. También sirve de base para evaluar las habilidades para llevar a cabo las tareas asignadas. Combinando la formación técnica y la certificación por terceras partes con el nivel de entrenamiento en las tareas y la verificación de las habilidades para ejecutarlas, se desarrolla una poderosa combinación y un empleado invaluable.

Valor agregado

La condición natural del proceso de lubricación ofrece tanto retos como recompensas. Las ventajas y desventajas son acumulativas. Refinando su estrategia, trabajando a través de los detalles y elaborando procedimientos de gran valor, usted puede añadir valor en el largo plazo. Cada dólar ahorrado mediante nuevas mejoras en lubricación es ahorrado una y otra vez. Esto se conoce como una anualidad. Hace que cada dólar ahorrado valga más que el valor nominal de dólar inicialmente ahorrado.

El proceso es ordenado y orientado hacia los detalles. Considere el contexto operacional y entonces identifique adecuadamente el lubricante correcto, el almacenamiento correcto, la cantidad correcta y la frecuencia correcta, y luego implemente y utilice todas estas prácticas con la actitud correcta.

Para alcanzar y mantenerse en una posición competitiva en un mundo altamente competido, una compañía debe trabajar como un equipo para generar valor en cada segmento del proceso. El desarrollo de prácticas y estándares de lubricación de clase mundial son deseados desde hace tiempo por muchas organizaciones y, a mi modo de ver, pronto se convertirá en una necesidad absoluta, si mis recientes experiencias funcionan como un barómetro de los cambios que prontamente nos estarán afectando. Dé el siguiente paso y vea cómo Noria Latin America le puede ayudar en la elaboración de sus procedimientos de lubricación



Cómo gestionar la información de la lubricación

"¿Cuál es la mejor forma de gestionar la información de lubricación de los activos de la planta y de sus registros de mantenimiento?"

El manejo de la información de lubricación es un factor clave para el éxito de los programas de mantenimiento y confiabilidad. Es también uno de los mayores desafíos debido a su complejidad.



El primer paso es utilizar un buen sistema (software) que permita manejar adecuadamente la información de sus activos. El sistema debe incluir una base de datos completa con la información de los activos (modelos, especificaciones, capacidades, etc.), información detallada de sus requisitos de lubricación (puntos de lubricación, lubricante utilizado, volumen de lubricante, frecuencias, etc.) e información completa relacionada con las instrucciones de trabajo (requisitos de seguridad, materiales, tiempo para completar la tarea, actividades relevantes y datos de lubricación).

El sistema de gestión debe ser capaz de generar rutas de lubricación con base en diferentes criterios (tipo de lubricante, área geográfica, tipo de máquina, tarea y frecuencia) y órdenes de trabajo de acuerdo con la prioridad (máquinas críticas, tareas a realizar, de rutina o por condición).

No pase por alto los roles de los miembros del equipo de mantenimiento, los cuales deben estar entrenados y calificados para ejecutar las rutas de lubricación y las tareas. El personal de la planta también debe recolectar información de los resultados, incluyendo tareas completadas, condiciones anormales o la necesidad de acciones adicionales. Para apoyar estas actividades deben disponer de instrucciones escritas correctamente, listas de verificación (checklist) y registros.

La información recolectada debe almacenarse en el sistema para la gestión de mantenimiento y mantenerse ahí durante los años que sea necesaria. La información histórica puede entonces ser analizada para identificar tendencias y frecuencias de falla a fin de mejorar las estrategias de mantenimiento de la planta. Deben elaborarse reportes para mostrar el desempeño de algunos aspectos del programa de lubricación.

Es necesario el uso de indicadores de desempeño para monitorear el progreso y resultados del programa. Recuerde, procesos que no se miden, típicamente no son controlados. El sistema no solo debe tener la capacidad de generar reportes estadísticos y cálculos del desempeño global del programa de mantenimiento, sino del desempeño de algunos parámetros, como consumo de lubricantes, fallas de máquinas, objetivos de limpieza, etc.

Todos los miembros del equipo de mantenimiento y confiabilidad deben tener acceso a esta información, dependiendo de su nivel de compromiso con el programa. Esto los animará a aceptar la propiedad del trabajo que está siendo desarrollado.

Aunque puede tardar mucho tiempo el implementar un sistema con todos estos atributos, es importante tener en mente que una buena gestión de la información comienza con una base de datos robusta, políticas claras y procedimientos de trabajo detallados



Midiendo el impacto financiero de un programa de lubricación exitoso

Seamos honestos. Cuando las organizaciones de manufactura lanzan iniciativas para incrementar la confiabilidad a través de la lubricación, siempre hay un factor muy importante detrás de la decisión: el dinero. Sin embargo, existen muchas razones para embarcarse en este viaje, además de las obvias. Este artículo debe ayudar a disminuir el reto de enlazar estas razones o beneficios a un programa exitoso y un resultado favorable.

Desarrollando un análisis de costo beneficio

La primera herramienta que la gente utiliza en su jornada para lograr la aceptación de los que toman las decisiones y contralores de costos es un análisis costo beneficio (CBA, por sus siglas en inglés). El CBA habla el lenguaje de los gerentes y líderes. El retorno, la inversión y el rendimiento son algunos de los términos del vocabulario más utilizados, a diferencia de la jerga técnica como elastohidrodinámica, control de contaminación y partículas ferrosas de desgaste.

La mayoría de los CBA se enfocan alrededor de los costos de oportunidad. Estos costos se están cargando actualmente pero pueden ser potencialmente eliminados si se implementan las mejoras planificadas. Son muy fáciles de asociar a montos de dinero, ya que se han obtenido suficientes datos para mostrar lo que las mejoras en lubricación y confiabilidad pueden significar para los resultados de una empresa.

A partir de los costos totales anuales de mantenimiento, que abracan casi todo lo que se necesita para que una planta funcione a plena capacidad durante el año, estos pueden ir disminuyendo hasta que encuentre esos dólares de oportunidad perdidos. Más específicamente, el costo anual del mantenimiento consta de repuestos, mano de obra, supervisión, administración, gastos generales, seguros, imprevistos, etc. También se deben incluir paros no programados, paros programados excesivos, disminución de la capacidad de producción y cualquier otro ítem que pueda costarle a la compañía dinero porque las máquinas no están operando al 100 por ciento de su capacidad de diseño.

60%

de los profesionales de la lubricación no utilizan ninguna métrica o indicadores clave de desempeño para medir su programa de lubricación, según una encuesta reciente en MachineryLubrication.com

De este total puede comenzar a deducir el dinero recuperable. Comience con el porcentaje causado por las reparaciones. Esto excluirá los mantenimientos preventivos, las inspecciones y las actividades proactivas. Luego, ubique el porcentaje de las reparaciones atribuibles al desgaste mecánico de los componentes lubricados. De estos componentes, estime el porcentaje que resulta de una pobre lubricación. Finalmente, determine el porcentaje que podría haberse evitado con la implementación de un buen programa de lubricación.

Según promedios de la industria, aproximadamente el 10 por ciento de los costos anuales de mantenimiento de una planta típica podrían ser ahorrados o direccionados hacia otras actividades. Esta, para la mayoría de las plantas, es una cantidad bastante importante de dinero, pero no es lo definitivo para una justificación. Hay mucho más sobre la mesa.

Entendiendo el ROI

¿Cómo valora una falla que no sabía que iba a suceder? El problema de solo utilizar el retorno de la inversión (ROI, por sus siglas en inglés) como punto de referencia financiero es que puede ser extremadamente difícil cuantificar el beneficio percibido con las mejoras. Muchas personas solo piensan en el valor que la excelencia en lubricación tiene para el departamento de mantenimiento y confiabilidad y no consideran cómo las iniciativas implementadas afectaron a otros departamentos. Por ejemplo, capacitar a los trabajadores conlleva a una mejor retención del personal, lo que se traduce en menos dinero gastado en rotación e incorporación de nuevos trabajadores.

Además, la forma como se calcula el ROI difiere de un departamento a otro y de una persona a otra, lo que hace que la utilidad de este indicador sea considerablemente variada y poco confiable. No todas las mejoras en lubricación pueden predecirse con exactitud, como lo es la implementación de un programa de monitoreo de condición. Realmente no hay forma de determinar la cantidad de fallas imprevistas que tendrá frente a las que podría predecir a través de un programa de análisis de lubricantes, lo que significa que un ROI utilizando estos números no tendrá ninguna utilidad. Peor aún, si utiliza este ROI como un punto de referencia financiero y su implementación no da el retorno esperado, será muy difícil obtener aprobaciones adicionales basados en este ROI.

La cuantificación de los retornos puede ser todo un desafío, particularmente en un entorno de planta donde falta la información clave para establecer la métrica. Este problema surge cuando el sistema de mantenimiento computarizado (CMMS, por sus siglas en inglés) no refleja o no presenta con precisión las tareas de mantenimiento realizadas. Entonces, a menos de que esté seguro de que todo está reportado correctamente, utilizar el ROI como punto de referencia financiero sería irrelevante para lo que actualmente está ocurriendo en la planta.

Piense fuera de la caja (desde una nueva perspectiva)

El pensar fuera de la caja puede traerle aun más beneficios de la implementación del programa. ¿Cómo pueden las mejoras en lubricación impactar la sustentabilidad del programa o los objetivos de seguridad? Estos aspectos a menudo no son tomados en cuenta, pero en un mundo donde a los consumidores les importa cómo se desenvuelven las compañías, podría ser mejor para usted incluir estas métricas en su justificación.

Seguimiento de los indicadores clave de desempeño (KPI)

La estrategia para reconocer estos rendimientos se reduce al seguimiento de algunos indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés). Algunos KPI's son sencillos y tienen un vínculo directo con el ahorro en los costos, pero muchos son indirectos, y por lo tanto, es más difícil vincular el proceso implementado con los ahorros resultantes. Esto puede deberse a una serie de factores, como una gran brecha de tiempo entre la iniciativa y el ahorro en los costos, síntomas que enmascaran la verdadera causa raíz, o la integridad de la iniciativa.

Le recomiendo seguir o medir todo lo que pueda. Es importante considerar esto antes de hacer cualquier cambio significativo, ya que necesitará tener un punto de referencia para comparar. Si no sabe dónde comenzó, le será más difícil mirar hacia atrás y ver qué tan lejos ha llegado.

Piense a largo plazo

El análisis a largo plazo es otra estrategia que a menudo se descarta. Muchas personas se han acostumbrado a utilizar retornos a corto plazo y a la necesidad de un flujo de caja neto positivo en tan solo unos pocos meses. La implementación de un programa de lubricación puede ser una tarea desalentadora que requiere una gran cantidad de tiempo, dinero y energía. Los resultados no son como encender un interruptor de luz. Pueden tomar meses o años para completarse. Dé un paso atrás e intente identificar cómo la iniciativa mejorará la confiabilidad y los resultados año tras año. Cambiar la cultura para comprender que una inversión hoy puede generar ingresos mucho después del período de amortización será un paso en la dirección correcta.

Considere las alternativas

Si bien hay formas de que una organización pueda beneficiarse por un mayor enfoque en lubricación y confiabilidad, el mayor valor generalmente viene del incremento en la disponibilidad de la maquinaria. Las máquinas que operan mayor tiempo sin interrupciones generalmente producen productos más vendibles. Este aumento en la producción obtenido de máquinas más confiables conlleva un mayor margen de ganancia. Incluso si el negocio no ha vendido toda la producción y no se requiere de un volumen adicional, se pueden realizar ajustes en los turnos de operación para reducir los costos.

El incremento en la confiabilidad también da como resultado procesos más estables. Las industrias con procesos continuos encontrarán una disminución en las pérdidas por calidad ocasionadas por una operación inestable.

Esto trae como consecuencia una reducción en los costos del desperdicio y los desechos. De igual manera se reducen los paros menores y la disminución en la velocidad de producción debido a la estabilidad de los procesos.

Si las iniciativas de su programa de lubricación consisten en implementar herramientas para diagnósticos predictivos y análisis del desempeño, considere la alternativa y el costo asociado con la instalación de equipos de repuesto para compensar toda esa pérdida de producción que ni siquiera sabía que estaba perdiendo.

Una organización enfocada en la lubricación y en el análisis del lubricante entiende la condición operativa de sus activos, lo que le proporciona con suficiente antelación una alerta de la causa raíz del modo de falla para la adquisición de repuestos “justo a tiempo”. Los inventarios de repuestos pueden ser disminuidos, reduciendo los costos de mantenimiento y liberando costos de capital para otros usos. Es usual que las organizaciones puedan disminuir sus inventarios hasta un 60 por ciento o más, a medida que implementan un programa de lubricación exitoso.

No pase por alto el consumo de energía

El consumo de energía también se pasa por alto con mucha frecuencia. De acuerdo a un estudio hecho por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, 23% de la electricidad del país es consumida por los motores eléctricos y el 70% de estos se encuentran en el sector manufactura. Un elemento tan simple como la cantidad correcta de grasa en un motor eléctrico puede representar entre un 5 y un 10 por ciento más de consumo de energía. ¿Está engrasando en exceso por falta de entrenamiento, procedimientos escritos o rutas de lubricación bien diseñadas? De ser así, está dejando una gran cantidad de dinero sobre la mesa a causa del consumo de energía.

Haciendo énfasis en la lubricación, el análisis de lubricantes y la confiabilidad, su organización puede capitalizar la inversión en sus activos físicos, incrementar la producción, disminuir los costos y mejorar la vida útil esperada de los componentes, las máquinas y de la planta en general. Las pocas inversiones que una compañía pueda hacer en estos aspectos clave producirán tantos beneficios en la medida en que se enfoque decididamente sobre ellos.



Cómo maximizar los intervalos de cambio de aceite

"Hemos estado filtrando aceite hidráulico de acuerdo con el intervalo de drenado proporcionado por el fabricante del sistema, de 2,000 horas de uso continuo. Aun cuando esta medida ha sido costo-efectiva, mi preocupación es si esta es o no una buena práctica. ¿Cómo podemos determinar cuántas horas más podrá desempeñarse adecuadamente el aceite filtrado? ¿Hay algún riesgo de dañar a la máquina? No es una buena práctica efectuar los cambios de aceite basados en intervalos o en calendario. Los cambios de aceite basados en condición son mucho más costo-efectivos y eficientes. En lugar de efectuar un cambio de aceite basado en cierto número de horas de operación, debe efectuarlo con base en la condición real del fluido.

Deben establecerse objetivos de limpieza y humedad (sequedad) con base en la criticidad de la máquina. Una vez que se hayan establecido, será necesario contar con los accesorios y procedimientos adecuados para la toma de muestras.

Además, deberán establecerse frecuencias de muestreo y seleccionar un laboratorio de análisis de lubricante acreditado. Durante el proceso de selección del laboratorio, es importante discutir el conjunto de pruebas más apropiado y los límites para cada una de las pruebas. La tabla 1 muestra un conjunto de pruebas y límites recomendados para un sistema hidráulico.



Cómo maximizar los intervalos de cambio de aceite

Manejo y de aplicación de lubricante

Número	Parámetro	Método estándar de prueba	Unidades	Nominal	Precaución	Crítico
Análisis de las propiedades del lubricante						
1	Viscosidad @40°C	ASTM D445	cSt	Aceite nuevo	Nominal +5%/- 5%	Nominal +10%/- 10%
2	Número ácido	ASTM D664 o ASTM D974	mgKOH/g	Aceite nuevo	Punto de inflexión +0.2	Punto de inflexión +0.7
3	Aditivos Ba, B, Ca, Mg, Mo, P, Zn	ASTM D5185	ppm	Aceite nuevo	Nominal +/- 10%	Nominal +/- 25%
4	Oxidación	ASTM D7414	Absorbancia/0.1 mm	Aceite nuevo	Basado estadísticamente, empleado como herramienta de rutina	
5	Nitración	ASTM D7624	Absorbancia/0.1 mm	Aceite nuevo	Basado estadísticamente, empleado como herramienta de rutina	
No de rutina	Potencial de barniz, Colorimetría de membrana (MPC)	ASTM D7843	Escala de 1-100 (1 es mejor)	<20	35	50
No de rutina	RPVOT (estabilidad oxidación)	ASTM D2272	Minutos	Aceite nuevo	Nominal - 50%	Nominal - 80%
Análisis de la contaminación del lubricante						
6	Apariencia	ASTM D4176	Inspección visual subjetiva para identificar agua libre y partículas			
7	Nivel de humedad	ASTM D7418	Porcentaje	Objetivo	0.03	0.2
		CREPITACIÓN	Utilizado como herramienta de rutina, sensible por debajo de 0.05%			
Excepción	Nivel de humedad	ASTM D6304 Karl Fischer	ppm	Objetivo	300	2000
8	Conteo de partículas	ISO 4406:99	Código ISO	Objetivo	Objetivo +1 número de rango	Objetivo +3 números de rango
Excepción	Membrana	Métodos propietarios	Usada para verificar partículas por examinación visual			
9	Contaminantes: Si, Ca, Mg, Al, Na, etc.	ASTM D5185	ppm	<5*	6-20*	>20*
*Depende del contaminante, aplicación y ambiente de operación						
Análisis de las partículas de desgaste						
10	Metales de desgaste: Fe, Cu, Pb, Sn, Cr, Al, Ni	ASTM D5185	ppm	Promedio histórico	Promedio + desv. estándar (DE)	Promedio +2 DE
Excepción	Densidad ferrosa	Métodos propietarios		Promedio histórico	Promedio + DE	Promedio +2 DE
Excepción	Índice PQ	ASTM WK48073	Adimensional	Promedio histórico	Promedio + DE	Promedio +2 DE

Tabla 1 – Conjunto de pruebas y límites recomendados para un sistema hidráulico

En la Tabla 2 presentamos una carta con los valores de extensión de vida teóricos basados en los objetivos de limpieza. En el eje vertical está el código de limpieza actual, omitiendo el rango de 4 micrones. En el eje horizontal está el nuevo código (objetivo) de limpieza. La intersección de la fila correspondiente al valor actual, y la columna correspondiente al valor objetivo, da el valor teórico de extensión de vida del componente.

Cómo maximizar los intervalos de cambio de aceite

Manejo y de aplicación de lubricante

Como hay cuatro valores en cada recuadro, debe consultarse en la parte inferior derecha a qué tipo de componente corresponde cada uno.

Por ejemplo, para un valor actual de contaminación sólida de */22/19 y un valor objetivo de */16/13, tomando el valor de la esquina superior izquierda que corresponde a hidráulicos, la extensión de vida teórica será de 5 veces. Como puede ver, no es difícil lograr de dos a tres veces la extensión de vida de su máquina con solo remover las partículas.

		NIVEL DE LIMPIEZA NUEVO (CÓDIGO ISO)															
		*/20/17		*/19/16		*/18/15		*/17/14		*/16/13		*/15/12		*/14/11		*/13/10	
NIVEL DE LIMPIEZA ACTUAL (CÓDIGO ISO)	*/26/23	5	3	7	3.5	9	4	>10	5	>10	6	>10	7.5	>10	9	>10	>10
		4	2.5	4.5	3	6	3.5	6.5	4	7.5	5	8.5	6.5	10	7	>10	9
	*/25/22	4	2.5	5	3	7	3.5	9	4	>10	5	>10	6	>10	7	>10	9
		3	2	3.5	2.5	4.5	3	5	3.5	6.5	4	8	5	9	6	10	7.5
	*/24/21	3	2	4	2.5	6	3	7	4	9	5	>10	6	>10	7	>10	8
		2.5	1.5	3	2	4	2.5	5	3	6.5	4	7.5	5	8.5	6	9.5	7
	*/23/20	2	1.5	3	2	4	2.5	5	3	7	3.5	9	4	>10	5	>10	6
		1.7	1.3	2.3	1.5	3	2	3.7	2.5	5	3	6	3.5	7	4	8	5
	*/22/19	1.6	1.3	2	1.6	3	2	4	2.5	5	3	7	3.5	8	4	>10	5
		1.4	1.1	1.8	1.3	2.3	1.7	3	2	3.5	2.5	4.5	3	5.5	3.5	7	4
	*/21/18	1.3	1.2	1.5	1.5	2	1.7	3	2	4	2.5	5	3	7	3.5	9	4
		1.2	1.1	1.5	1.3	1.8	1.4	2.2	1.6	3	2	3.5	2.5	4.5	3	5	3.5
	*/20/17			1.3	1.2	1.6	1.5	2	1.7	3	2	4	2.5	5	3	7	4
				1.2	1.05	1.5	1.3	1.8	1.4	2.3	1.7	3	2	3.5	2.5	5	3
	*/19/16					1.3	1.2	1.6	1.5	2	1.7	3	2	4	2.5	5	3
						1.2	1.1	1.5	1.3	1.8	1.5	2.2	1.7	3	2	3.5	2.5
	*/18/15							1.3	1.2	1.6	1.5	2	1.7	3	2	4	2.5
								1.2	1.1	1.5	1.3	1.8	1.5	2.3	1.7	3	2
	*/17/14									1.3	1.2	1.6	1.5	2	1.7	3	2
										1.2	1.1	1.5	1.3	1.8	1.5	2.3	1.7
	*/16/13											1.3	1.2	1.6	1.5	2	1.7
												1.2	1.1	1.5	1.3	1.8	1.5
	*/15/12													1.3	1.2	1.6	1.5
														1.2	1.1	1.5	1.4
	*/14/11															1.3	1.3
																1.3	1.2
	*/13/10																
																1.4	1.2

Hidráulicos y Motores a Diesel

Cojinetes y Turbo Maquinaria

Rodamientos

Cajas de Engranajes y Otros



Basado en ISO 4406:99 - Se ha omitido el rango de 4 micrones.

Tabla 2 - Extensión de vida por reducción de la contaminación sólida

En la Tabla 3 se puede hacer un cálculo similar con respecto a los objetivos de humedad (sequedad) del fluido. Como se indica, puede extender dos veces la vida teórica del sistema reduciendo los niveles de humedad de 1,000 a 250 partes por millón (ppm) de agua.

		Nuevo nivel de humedad (ppm)															
		10,000		5,000		2,500		1,000		500		250		100		50	
Nivel actual de humedad (ppm)		Rodamientos		Cojinetes		Rodamientos		Cojinetes		Rodamientos		Cojinetes		Rodamientos		Cojinetes	
		Rodamientos	Cojinetes	Rodamientos	Cojinetes	Rodamientos	Cojinetes	Rodamientos	Cojinetes	Rodamientos	Cojinetes	Rodamientos	Cojinetes	Rodamientos	Cojinetes	Rodamientos	Cojinetes
50,000		2.3	1.6	3.3	1.9	4.8	2.3	7.8	2.9	11.2	3.5	16.2	4.3	26.2	5.5	37.8	6.7
25,000		1.6	1.3	2.3	1.6	3.3	1.9	5.4	2.4	7.8	2.9	11.2	3.5	18.2	4.6	26.2	5.5
10,000				1.4	1.2	2.0	1.5	3.3	1.9	4.8	2.3	6.9	2.8	11.2	3.5	16.2	4.3
5,000						1.4	1.2	2.3	1.6	3.3	1.9	4.8	2.3	7.8	2.9	11.2	3.5
2,500								1.6	1.3	2.3	1.6	3.3	1.9	5.4	2.4	7.8	2.9
1,000										1.4	1.2	2.0	1.5	3.3	1.9	4.8	2.3
500												1.4	1.2	2.3	1.6	3.3	1.9
250														1.5	1.3	2.3	1.6
100																1.4	1.2

Tabla 3 – Extensión de vida por reducción de la humedad en el aceite

Aunque se requiere contar con más información del tipo de sistema hidráulico para hacer una recomendación definitiva, casi cualquier sistema se beneficiará utilizando un sistema de filtración externa (tipo riñón). La decisión de si debe instalar un sistema fijo o utilizar un carro de filtración portátil, depende de la aplicación y criticidad de su máquina



Optimización de los intervalos de cambio de aceite en vehículos pesados

Hace sesenta años, el drenado (cambio) de aceite de un camión se habría efectuado con una frecuencia de tan solo 800 km. Gracias a los lubricantes de alta calidad, combustibles más limpios, mejor tecnología de filtración y motores más confiables, hoy es posible tener intervalos de drenado de hasta 80,000 km o más en el mismo tipo de vehículos.

Sin embargo, los intervalos típicos de cambio de aceite se mantienen alrededor de 40,000 km y se presta poca atención a ajustar esta norma debido a los diversos ambientes y otros factores que enfrentan estos vehículos. Por ejemplo, dos vehículos producidos de forma idéntica pueden experimentar una muy diferente vida útil del aceite; uno puede llegar cerca de los 80,000 km, mientras que el otro podría necesitar aceite nuevo en apenas 24,000 km. Esta diferencia en la vida del aceite de motor es el resultado de muchos factores divididos en tres áreas principales:

- 1. Diseño, edad y condiciones del motor** - Características de diseño del motor y numerosas condiciones de operación pueden afectar los factores de vida del aceite, incluyendo la exposición a contaminantes y otras condiciones.
- 2. Patrones de manejo y condiciones del terreno** - Dónde y cómo se conduce el camión.
- 3. Propiedades del aceite** - La formulación en cuanto a calidad y desempeño del aceite de motor.

Diseño, edad y condiciones del motor

La eficiencia en el quemado del combustible en el motor esquizás el factor más directamente correlacionado con la vida del aceite. Esta es mejorada por la eficiencia de combustión, que puede determinar el tipo y la cantidad de partículas que son impulsadas a través de los anillos del pistón. El paso de gases de combustión (blowby) al cárter, es generalmente la principal fuente de ingreso de contaminantes hacia el aceite. Entre ellos están la tierra, agua, hollín, combustible, óxido de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos parcialmente quemados (HC). No sólo la eficiencia de combustión juega un rol importante, sino que hay otros factores de diseño del motor, como la eficiencia de sellado, el control de temperatura y los métodos de control de las emisiones, que influyen en el tipo y concentración de contaminantes en el aceite.



Algunas características medibles del motor, como el kilometraje y el total de horas de operación, son inevitables, y es probable que acorten el intervalo de cambio de aceite. Sin embargo, es conveniente mantener un flujo de aceite saludable proporcionando consistentemente suficiente filtración y sellado. En componentes críticos, como los filtros, el modo de falla no se limita sólo a un acortamiento de la vida útil del aceite cuando se experimentan condiciones mediocres. La figura 1 muestra cómo una pobre filtración puede producir una reacción en cadena de efectos dañinos en el motor, así como mayores costos de operación.

La filtración es la receptora de la contaminación. Por lo tanto, es importante que la capacidad de retención de suciedad del filtro esté en línea con el intervalo previsto o necesario de cambio de aceite.

Además de la filtración y los sellos, otra característica del motor que tiene un efecto sobre los intervalos de cambio de aceite es la cantidad de aceite o el tamaño del cárter. Básicamente, con un mayor volumen de aceite circulando dentro del motor, habrá una disminución en la concentración de contaminantes. Mayor tamaño del cárter también significa más aditivos de aceite y menos esfuerzo térmico. Como resultado, los fabricantes que ofrecen motores con cárter de mayor tamaño generalmente permiten extender los intervalos de cambio de aceite.

Aunque todos los motores están diseñados para proporcionar condiciones saludables para que fluya el aceite, incluso los modelos mejor diseñados acumulan cierto nivel de contaminación con el tiempo, ya sea que se genere internamente o ingrese del exterior. Por consiguiente, el propietario del camión es responsable de garantizar que las condiciones saludables y el mantenimiento óptimo se mantengan estables.



Figura 1. Daños al motor por una deficiente filtración

Patrones de manejo y condiciones del terreno

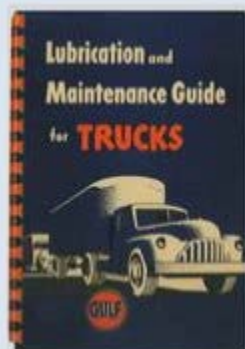
Las condiciones que debe soportar un aceite de motor son el reflejo de las condiciones en que se encuentra el camión. Conducir en temperaturas extremas, por ejemplo, no es un ambiente sano para el aceite. Por un lado, a bajas temperaturas el aceite tiene una alta viscosidad, lo que puede perjudicar la lubricación de la pared del cilindro y de los cojinetes durante el arranque. Por otro lado, entornos de mucho calor no sólo provocan una disminución de la viscosidad del aceite, sino también dar lugar a reacciones químicas peligrosas, como la oxidación y acortamiento de la vida útil del aceite. Además, condiciones severas externas, como caminos polvorientos y una elevada humedad del aire aumentan la probabilidad de que estos contaminantes ambientales invadan el aceite, por lo general a través de la toma de aire y por la cámara de combustión.



Figura 2. Evaluación de factores que afectan el intervalo de cambio de aceite

Aunque el aceite puede contaminarse por diversas condiciones externas, cualquier factor que influye en la eficiencia del combustible también afecta a la vida del aceite. Una baja eficiencia en el consumo de combustible implica que el motor no está funcionando en un estado óptimo, lo que lo obliga a trabajar más duro. Como resultado, el aceite también trabaja más duro. Entre los factores que influyen en el consumo de combustible están las carreteras muy empinadas, altas cargas, arranque-paro frecuente, remolcado e incluso el estilo de manejo.

Cómo han cambiado los tiempos



La industria de los camiones ha recorrido un largo trecho en los últimos 60 años.

1949 Intervalo de cambio de aceite: De acuerdo con la guía de mantenimiento, Gulf recomendaba cambiar el aceite entre 800 y 1,600 km.

2013 Intervalo de cambio de aceite: Hoy en día, el intervalo de cambio puede ser de hasta 80,000 km.

Dónde y cómo se conducen estos pesados camiones puede dar lugar a ahorros de combustible de 1 a 3 kilómetros por litro (KPL). El número KPL es un indicador útil para determinar el ciclo de trabajo del aceite. Los fabricantes de motores como MaxxForce y Cummins han decidido recomendar recientemente un intervalo de cambio de aceite basado en gran medida en la tasa de consumo de combustible del vehículo.

La figura 3 muestra cómo el intervalo de cambio de aceite para los motores 2010 de MaxxForce puede variar de 28,000 a 64,000 kilómetros. Esto es significativo en comparación con la invariable recomendación anterior de 40,000 kilómetros, que durante años fue la guía estándar. Ahora, la mejor economía de combustible le ayuda a ahorrar no sólo en combustible, sino también en el consumo de aceite

Propiedades del aceite

Los aceites para motor diésel con licencia del Instituto Americano del Petróleo (API) y de la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) están formulados para proporcionar las mejores propiedades de protección al motor y darle la mayor vida de servicio. Sin embargo, hasta el aceite de la más alta calidad puede verse desafiado por una serie de factores que intensifican su propia degradación. No sólo son críticas las condiciones iniciales del aceite (limpieza, humedad, etc.), sino también la selección adecuada del nivel de desempeño del aceite para contrarrestar las estresantes condiciones que pueden acortar la vida del aceite.

Control de partículas y otros contaminantes

Aunque una diminuta partícula puede parecer poco destructiva, tiene el poder de generar hasta 20 nuevas partículas desde el momento de su ingreso hasta que finalmente es removida, destruida o se asienta. Después de la exposición repetida a la contaminación, el aceite actúa más como un enemigo mortal del motor que como su sangre.

Intervalo de drenado para camiones MaxxForce regional & line-haul, con base en KPL

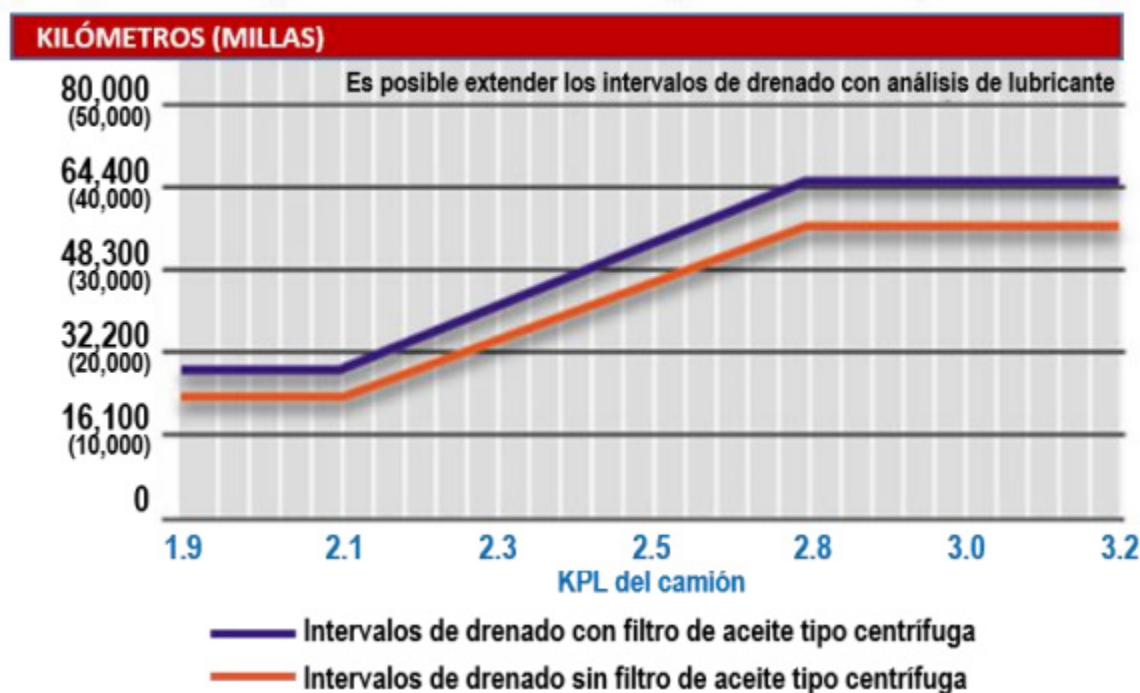


Figura 3. El intervalo de drenado para algunos motores puede fluctuar entre 30,000 y 65,000 km.

Además, cada vez que los contaminantes sólidos están presentes en el aceite y no se filtran rápidamente, los efectos pueden implicar más que la suma de los contaminantes por sí mismos. Estos sólidos pueden acortar la vida útil del aceite combinándose con otros contaminantes y ciertas condiciones. Entre ellos están:

- **Lodos y hollín** – La formación de depósitos de lodo por la combinación de contaminantes sólidos y humedad provoca un mayor desgaste del motor y acorta la vida útil del aceite.
- **Ingreso de agua y refrigerante** - Humedad, glicol y ácidos promueven la corrosión, el agotamiento de aditivos y la oxidación del aceite.
- **Dilución con combustible** – Conforme ingresa combustible, la película de aceite se adelgaza, el aceite se oxida y pierde viscosidad.

Elección de aceites de motor de primera calidad

Los aceites de motor de primera calidad (Premium), que suelen elaborarse con bases sintéticas, proclaman un mejor desempeño, como ahorro de combustible, mejor capacidad de arranque en frío y limpieza general del motor.

Sin embargo, si el objetivo es lograr la mejor protección del motor y que al mismo tiempo sea rentable, entonces un aceite Premium no es siempre la respuesta. Este argumento es similar a la decisión de comprar un vehículo híbrido. Por ejemplo, si un vehículo híbrido proporciona "X" cantidad de ahorro en combustible y le cuesta "Y" más su adquisición, le llevará "Z" años antes que comience a recibir el beneficio de ahorro de costos. Si "Z" llega después de que ha vendido el vehículo, usted habrá perdido dinero. Del mismo modo, el aceite de motor Premium le proporciona "X" beneficios, le cuesta "Y" más y le llevará "Z" cantidad de tiempo para cosechar los beneficios. A veces "Z" llega mucho después de que se presente otro fallo no programado o incontrolable, resultando por lo menos en un cambio prematuro de aceite.

Viscosidad y grados de aceite

Dado que la viscosidad varía con la temperatura, es importante que el aceite de motor mantenga una viscosidad adecuada en todo el rango de temperaturas de operación. Para lograr esto, se añaden aditivos de alto peso molecular, como son los modificadores de viscosidad (o mejoradores del IV), que reducen la relación de cambio de la viscosidad con respecto a la temperatura.

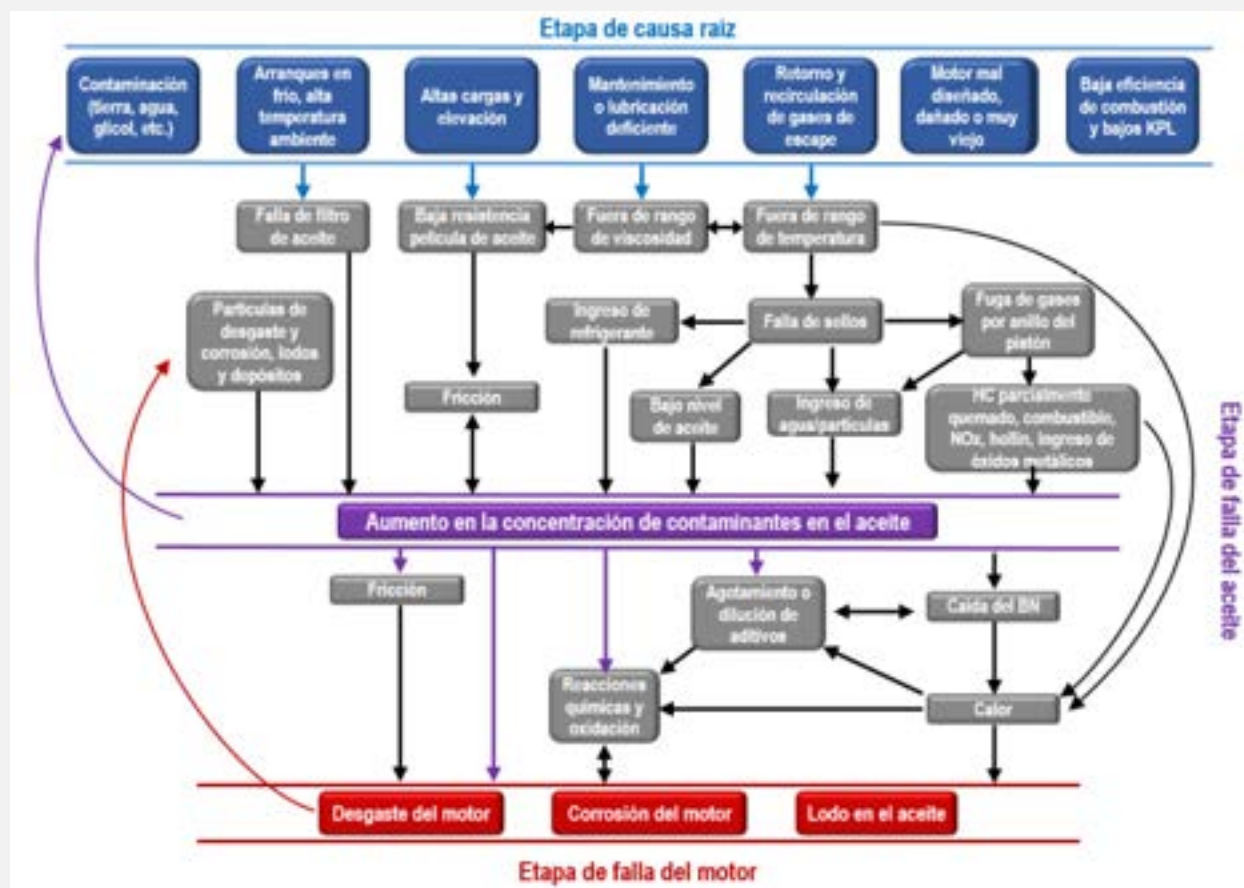


Figura 4. Ya sea que se base en las condiciones de manejo, en las condiciones del motor o en las del aceite, las causas raíz pueden llevar a un aumento en la concentración de contaminación del aceite, recortar la vida útil del aceite y provocar una eventual falla del motor.

El grado de viscosidad estándar del aceite para motor de camiones pesados ha sido el SAE 15W-40. Con este aceite, el nivel de viscosidad proporciona suficiente protección contra el desgaste y al mismo tiempo reduce al mínimo las fuerzas de arrastre viscoso que roban energía. Sin embargo, si se utiliza un motor más reciente y de mayor calidad, que es menos susceptible al desgaste interno, entonces un aceite de menor viscosidad, como un SAE 10W30 o 5W-30 puede ser una mejor alternativa, ya que ofrecen una mejor economía de combustible e intervalos de cambio de aceite extendidos.

La figura 4 muestra cómo estas causas raíz, ya sea que se basen en las condiciones de manejo, las condiciones del motor o del aceite, pueden conducir a un aumento del estrés y contaminación del aceite, lo que acorta su vida útil y puede llevar a la eventual falla del motor. Cualquiera de estas causas tiene el potencial para afectar adversamente el intervalo de cambio de aceite. Mantener el aceite operando suave y limpiamente es clave para aumentar su vida y la del motor.

El intervalo óptimo de cambio de aceite

El tiempo óptimo para cambiar el aceite es cuando los daños ocasionados por las condiciones de deterioro del aceite son más elevados que los ahorros en costo y tiempo por la ampliación del intervalo de cambio. Estos efectos nocivos pueden ser a corto o largo plazo. Uno de los efectos a corto plazo es la pérdida de la economía de combustible por la degradación del aceite hasta el siguiente cambio. Entre los efectos a largo plazo está el daño permanente de los componentes internos del motor, lo que genera costos relacionados con las reparaciones, reconstrucciones y tiempo muerto.

Puede ser muy difícil determinar exactamente cuándo llega el momento ideal para cambiar el aceite. Si se conoce su condición continuamente, este momento sería:

- Cuando las propiedades del aceite se degradan hasta su límite condenatorio.
- Cuando hay una disminución significativa del número básico (BN), asociada con las condiciones del lubricante que provocan corrosión.
- Cuando comienza a aglomerarse hollín y se forma lodo y hay posibilidad de que se asiente o adhiera en los componentes internos del motor.

Sin embargo, como estas condiciones no siempre se conocen durante la operación normal del camión, la mejor respuesta recae en la habilidad del operador para monitorear la calidad del aceite en un momento dado, ya sea en tiempo real (sensores en-línea), o periódicamente por medio del análisis de aceite.

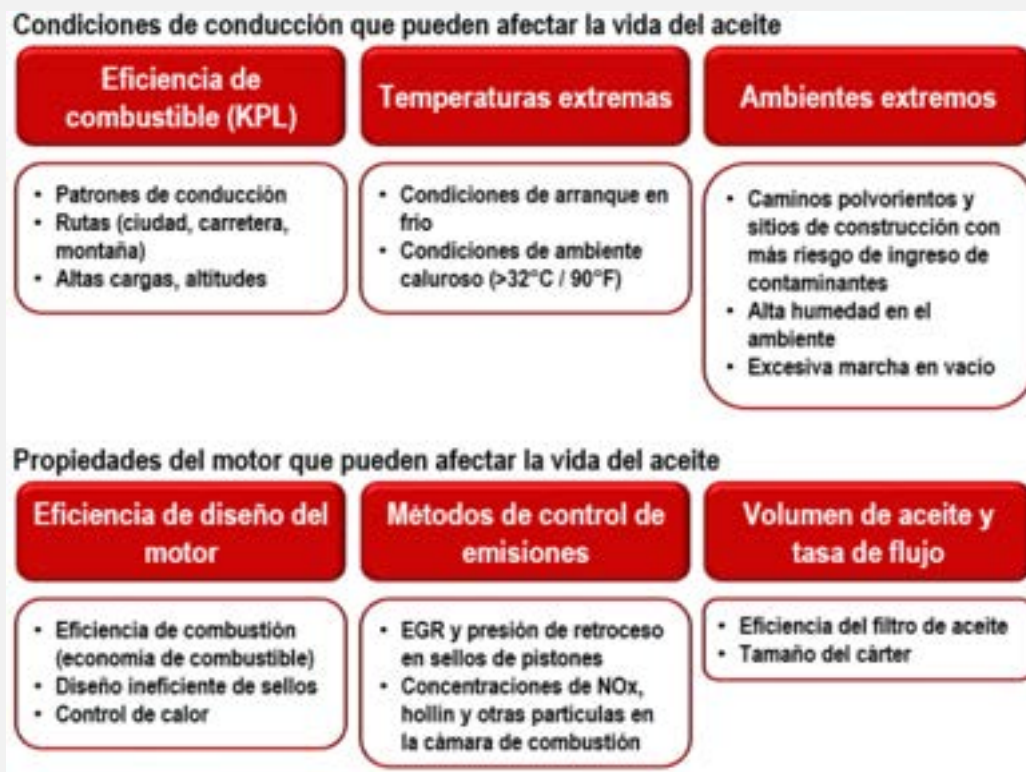


Figura 5. Condiciones que afectan la vida del aceite

Análisis de aceite

Aunque el análisis de aceite puede ayudar exitosamente en la determinación del intervalo óptimo de cambio, no es barato. Por esta razón, es esencial que desarrolle un procedimiento adecuado (tanto para el muestreo como para los ensayos) a fin de obtener resultados útiles. Algunos de los elementos básicos que debe seguir son:

- Intervalos y métodos de muestreo óptimos y consistentes.
- Registros detallados de operación y mantenimiento, incluyendo KPL, tipo de aceite, registros de mantenimiento, volumen de relleno de aceite, patrones de manejo, tiempo de marcha en vacío, tiempo de operación/distancia, etc.
- Conjunto óptimo de pruebas y estrategia correcta de interpretación de resultados.

Una de las principales propiedades de un aceite de motor es la capacidad para neutralizar los ácidos. Para ayudar a mejorar esta capacidad, el aceite está formulado con aditivos alcalinos (por lo general los detergentes).

Esta alcalinidad, que puede medirse con el BN, proporciona una buena evaluación de una importante propiedad de envejecimiento del aceite. Esto se debe a que el BN disminuye conforme el aceite comienza a oxidarse, se contamina excesivamente con glicol o por el paso de gases de combustión al cárter. Así como la economía de combustible puede ser el factor más influyente en la disminución de la vida útil del aceite, el BN es quizás la medición directa más confiable de la degradación del aceite de motor. Otros factores importantes son la concentración de hollín, dispersancia de hollín, contaminación y agotamiento de aditivos.

Estimaciones del operador y del propietario de la flota

Al estimar el intervalo óptimo de cambio de aceite, los propietarios de flotas y operadores tienen diferentes desafíos y ventajas. Los propietarios de flotas pueden utilizar una gran cantidad de datos de las rutas comunes para desarrollar un análisis de tendencia basado en el tipo de camión y ruta, el cual puede ser muy confiable. Los operadores de los camiones que son conducidos únicamente por una o dos personas pueden hacer estimaciones razonables, ya que comprenden las tendencias del vehículo y su historial de operación. La habilidad del operador para monitorear el estilo de manejo, el entorno operacional (por ejemplo, el clima, el polvo ambiental y el terreno), el aceite de motor y filtro seleccionados, la eficiencia del motor, etc., también puede ayudar a determinar el intervalo óptimo de cambio de aceite.

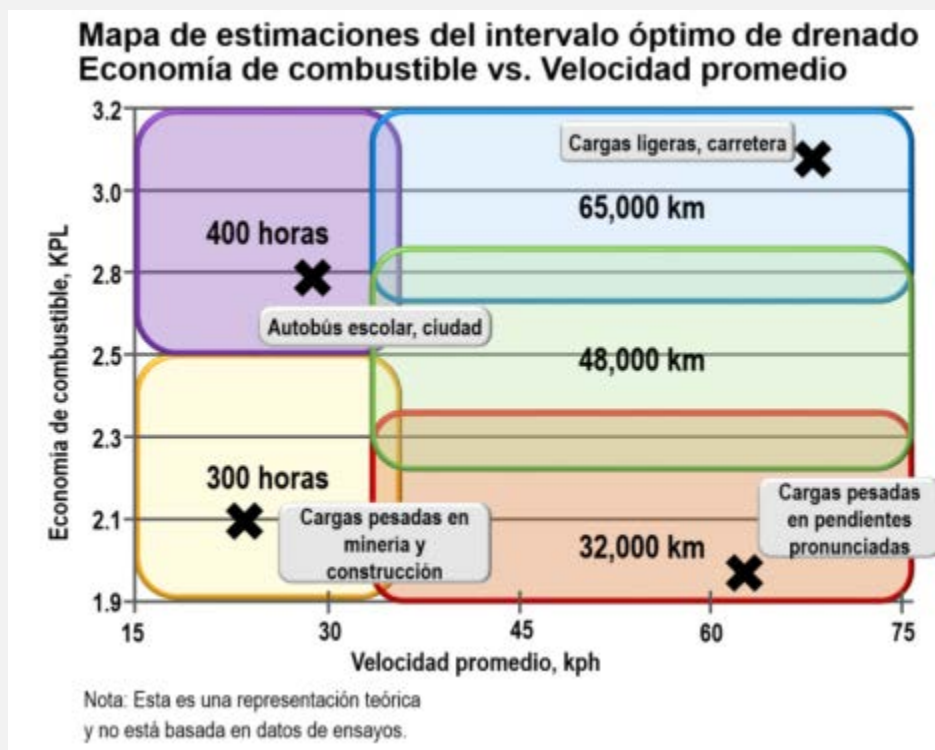


Figura 6. Mapa de estimaciones del intervalo óptimo de drenado

Diagnósticos sintomáticos

La salud del aceite es crítica para el desempeño del motor y el vehículo en su conjunto. En muchos sentidos, el aceite en el motor puede compararse con la sangre que circula por el cuerpo humano. Por ejemplo, el aceite pasa a través de diversos componentes del motor para proporcionarles protección contra el desgaste y mantenerlos funcionando correctamente, ayuda a mantener una buena temperatura, a extraer la contaminación, a inhibir la corrosión y mejorar el sellado.

De manera similar, la sangre en el cuerpo humano circula a través de diversos órganos para proporcionarles los nutrientes que mantienen el buen funcionamiento del organismo, ayuda a mantener una buena temperatura del cuerpo, limpia los desechos metabólicos, contiene sustancias que inhiben enfermedades infecciosas, bacterias y parásitos. El aceite del motores filtrado por un filtro de aceite, y la sangre es filtrada por órganos como el bazo y los riñones.

La sangre es útil no sólo por lo que proporciona al cuerpo, sino también por lo que puede indicar sobre su condición. Cuando un paciente va al médico con una enfermedad desconocida, el médico primero intentará determinar la causa mediante los síntomas conocidos. Si esto no es suficiente, se toma una muestra de sangre y se examina en un laboratorio. La sangre actúa como la firma del cuerpo en su conjunto, ofreciendo pistas adicionales respecto a la causa de la enfermedad.

Algoritmos publicados para el cálculo del intervalo de cambio de aceite

Método Kublin

$$(BN \text{ original})(10) (\text{volumen del cárter litros}) \left(\frac{\text{Pulg. cúbicas}}{\text{Potencia en HP}} \right) (kpl) = \text{cambio de aceite}^*$$

Método Paradise Garage

$$\left[\left(\frac{BN \text{ actual}}{BN \text{ original}} \right) Km \text{ prueba} \right] + Km \text{ prueba} = \text{cambio de aceite}^*$$

Método Heidebrecht

$$\frac{(\text{total aceite})(BN \text{ original} - BN \text{ objetivo})}{(\text{diámetro del cilindro})(\pi)(\text{No. cilindros})(\text{tasa de compresión})(\text{neutralización})} = \text{cambio de aceite}^*$$

* Intervalo de cambio de aceite en kilómetros

Figura 7. Algoritmos publicados para el cálculo del intervalo de cambio de aceite

El aceite ofrece esta misma clase de firma para el motor y todos los componentes por los cuales fluye. Un motor puede mostrar síntomas de lo bien que funciona, pero a veces no es suficiente para indicar una falla. Si se toma y examina una muestra de aceite en un laboratorio, las partículas encontradas pueden ofrecer pistas que podrían predecir la falla mucho antes de que se observen algunas señales.

Aunque es importante comprender la condición del aceite a fin de detectar indicios de una falla en el motor, el cambio en su condición es también una forma de falla. Para identificar el intervalo óptimo de cambio de aceite, tenga en cuenta todos los factores y síntomas.

Cada vez más, los fabricantes de vehículos, incluidos los fabricantes de camiones pesados, ofrecen indicadores en el tablero para advertir al conductor cuándo tiene que cambiarse el aceite del motor. Sin embargo, muchos de estos se basan en un solo factor, como el kilometraje o las horas transcurridas desde el último cambio para ayudar al conductor a saber cuándo cambiar el aceite. En algunos vehículos de lujo, se utilizan métodos más sofisticados, incluyendo mediciones directas, algoritmos o una combinación de ambos.

Las mediciones directas pueden emplear una variedad de sensores en-línea a través de capacitancia eléctrica o un resonador micro-mecánico, que puede detectar y medir más o menos la cantidad de contaminantes en el aceite. Los algoritmos utilizan diversas variables proporcionadas por el módulo de control del motor, como el cambio de temperatura del aceite, nivel de aceite, kilómetros por litro y el promedio de kilómetros por hora.

41%

de los profesionales de la lubricación consideran que el factor que más influye en la vida del aceite de motor es dónde y cómo se conduce el vehículo, de acuerdo con una encuesta efectuada en machinerylubrication.com

La figura 6 muestra cómo con sólo dos mediciones (kilómetros por litro y promedio de kilómetros por hora) se puede influir en el intervalo de cambio de aceite. Si se formulara un mapa de estimaciones similar a este, empleando un algoritmo que incorporara todos los factores de degradación del aceite mencionados anteriormente, se podría determinar un método más confiable para establecer el tiempo óptimo para cambiar el aceite.

La mejor parte de este método es que toda la información requerida podría suministrarla el módulo de control del motor. Si se incluyen sensores en-línea para proporcionar más información sobre los niveles de contaminación en el aceite, entonces cabría esperar que la confiabilidad de este método aumente considerablemente.

En resumen, el fin de la vida del aceite está influenciado por una compleja serie de factores. Muchos de estos pueden ser monitoreados, controlados y utilizados para optimizar el intervalo de cambio. Entre ellos están los patrones de manejo, análisis de aceite, algoritmos, sensores en-línea o cualquiera de los otros métodos descritos anteriormente. Además, los beneficios se extienden mucho más allá de mantener el aceite limpio. La contaminación en el aceite no sólo es perjudicial para la operación del motor, sino que también puede proporcionar pistas sobre deficiencias en su funcionamiento, falla prematura y vida útil del aceite inferior a la óptima



Estrategias para extender los intervalos de drenado y reducir el consumo de lubricante

Son bien conocidas las razones por las que el aceite envejece y requiere ser sustituido periódicamente. Es cierto que muchos de los factores que influyen en el consumo de lubricante e intervalos de cambio de aceite no están dentro del ámbito de control de la mayoría de los usuarios. Sin embargo, existen muchos factores que son mucho más controlables y que muchas organizaciones no capitalizan para reducir ambos costos y los riesgos asociados con la relubricación.

De acuerdo a un reporte, el costo real de un cambio de aceite puede exceder 40 veces el costo del aceite mismo. De hecho, existen muchos costos ocultos y riesgos desconocidos durante la relubricación, los cuales deben tomarse en cuenta. Veamos algunos de los riesgos al hacer un simple cambio de aceite:

- Introducir un aceite equivocado, incompatible o mezclado
- Introducir aceite contaminado
- Introducir un lubricante que se ha degradado durante el almacenamiento (estratificación severa de aditivos es un ejemplo común)
- Introducir un aceite defectuoso (relacionado con la mezcla o formulación)
- Revolver los sedimentos y lodos durante el cambio de aceite (esto se conoce como el efecto pecera y puede provocar obstrucción de conductos de aceite y consecuentemente falta de lubricación)
- Desplazamiento de lodos y depósitos, causando fugas (se afecta la coagulación del aceite)
- Arranques en seco, arranques con aceite sucio (antes de que el filtro pueda restaurar la limpieza)
- Fallas humanas durante o inmediatamente después de un cambio de aceite (exceso de lubricante, falta de lubricante, falla al abrir/cerrar válvulas, arranque en seco de bombas, etc.).

Cuando se observa colectivamente el costo real de un cambio de aceite y los riesgos asociados, existe una considerable motivación financiera y de negocio para maximizar, o al menos optimizar, el intervalo de cambio de aceite. Cuando se implementa bien, esto puede traducirse en una brusca reducción de consumo de aceite, disminución de costos de mantenimiento y mayor confiabilidad de la máquina.

Comencemos examinando la necesidad de un cambio de aceite. El aceite no dura para siempre; envejece en forma similar al cuerpo humano. Al exponer a un lubricante a los elementos que están en el interior de una máquina (aire, temperatura, refrigerante, partículas, etc.) a menudo se provoca un daño irreparable. Los aditivos pueden extender la vida de un lubricante, pero no pueden prevenir la degradación y envejecimiento simultáneamente.

Los aceites lubricantes necesitan cambiarse por las siguientes razones:

1. Hay una pérdida actual o inminente de desempeño del lubricante (control de fricción, control de desgaste, control de depósitos, control de corrosión, etc.).
2. El lubricante se ha transformado en un vehículo de cualquiera de los siguientes contaminantes peligrosos y no removibles (lodo, glicol, bacterias, ácidos, etc.).
3. Existe temor de que el lubricante necesite ser cambiado (por alguna o ambas razones anteriores) sin contar con los medios adecuados para confirmarlo.

A continuación algunos métodos comunes y algunos pocos no tanto para reducir el consumo de lubricante y extender los intervalos de drenado. No todos esos métodos tienen aplicación práctica en todos los casos en que se emplean los lubricantes. Sin embargo, en aquellos casos en que los intervalos de drenado tienen el mayor beneficio potencial, usualmente puede diseñarse una estrategia exitosa relacionada con los métodos.

Seleccione lubricantes de alto desempeño y larga vida de servicio

Existen grandes diferencias en la durabilidad de lubricantes cuando se exponen a las condiciones de operación de la máquina. Por lo tanto, una estrategia simple es seleccionar lubricantes con formulaciones robustas que resistan la degradación en la aplicación objetivo. El uso de aceites minerales de alta pureza, sintéticos con mejor estabilidad a la oxidación, sistemas antioxidantes mejorados, mejores demulsificantes, un robusto paquete de aditivos y dispersantes de larga vida, puede extender significativamente la vida en servicio del lubricante. Adicionalmente, seleccione lubricantes para las aplicaciones para las cuales fueron formulados. Por ejemplo, un aceite de motor de alto desempeño debe exhibir un mejor desempeño en un motor diesel, pero podría fallar rápidamente cuando es empleado en un sistema hidráulico.

Reduzca la densidad de exposiciones críticas que estresan a los aditivos y dañan al aceite base

La mayoría de los aditivos se agotan a una tasa proporcional a la densidad de exposición a un rango de contaminantes y condiciones de operación. Agua, tierra, partículas metálicas, hollín, temperatura, ácidos y aire son contaminantes que estresan los aditivos y conducen a su agotamiento. El agotamiento de aditivos es el precursor usual a la falla del aceite base, disminución del desempeño de la máquina y eventual falla de la misma.

Los siguientes son algunos ejemplos de cómo reducir su exposición:

- Incremente el volumen de aceite usado. Mientras mayor es el volumen de aceite, mayor es la cantidad total de aditivos que protegen y más se diluyen los contaminantes. La dilución de contaminantes reduce la severidad del estrés (energía de activación en el caso de incremento de temperatura) tanto en los aditivos como en el aceite base. Sin embargo, incrementar el volumen de aceite no es una opción práctica en muchas aplicaciones.
- Mantenga la vigilancia en el control de contaminación. Mantener los aceites más limpios, más secos y bien protegidos puede extender significativamente su vida en servicio. Esto se logra restringiendo el ingreso de contaminantes y removiéndolos rápidamente (filtración, enfriadores, separadores, etc.). Es importante no sólo reducir la densidad de esos contaminantes, sino también el tiempo de exposición.
- Limite la exposición a pro-oxidantes. Los radicales libres, hidroperóxidos y otros subproductos de oxidación del aceite aceleran la tasa de agotamiento de aditivos (antioxidantes) una vez que se añade aceite nuevo. En muchos casos, es importante drenar esos pro-oxidantes de una máquina antes de agregar aceite nuevo. El análisis de aceite puede alertarnos de la necesidad de efectuar un lavado del depósito durante el cambio de aceite.

Restablezca los aditivos agotados

Los aditivos agotados pueden reponerse en dos formas diferentes a fin de extender el intervalo de cambio del aceite y evitar que se deseche aceite que aún se encuentra saludable. Hay dos opciones que están al alcance de los usuarios:

- Reconstrucción de aditivos es la práctica de darle una reforzada a ciertos aditivos en etapa de agotamiento. La reconstrucción de aditivos involucra la introducción de un aditivo concentrado a aceite que está circulando en un sistema. Sólo ciertos aditivos pueden reconstruirse con éxito, y la práctica es aplicada por lo común sólo en máquinas con grandes volúmenes de aceite (por ejemplo, en turbinas, compresores y sistemas hidráulicos). Además, sólo debe hacerse después de efectuar pruebas de laboratorio que confirmen que el lubricante: **1)** No ha sufrido daño irreparable, **2)** no existen contaminantes peligrosos que no puedan ser fácilmente removidos (glicol, por ejemplo), y **3)** se haya determinado que el uso del aditivo suplementario no altera el desempeño de otras propiedades del lubricante.
- Cuando es inconveniente o riesgoso hacer un cambio de aceite, una opción es efectuar un drenado y relleno de aceite parcial. Para esto se debe drenar una porción del volumen de aceite (digamos la tercera parte), inmediatamente después se introduce la misma cantidad de aceite nuevo. El aceite drenado remueve algunos de los contaminantes, y el aceite nuevo diluye los contaminantes remanentes y proporciona una carga de aditivos frescos.

Optimice la frecuencia de cambio de lubricante

Una gran cantidad de lubricante se desperdicia cada año debido a cambios de aceite prematuros e innecesarios. De hecho, la expectativa de vida de un lubricante no puede predecirse con exactitud debido a numerosos factores que pueden inducir o resistir el envejecimiento. No existe experto en lubricación o programa de computadora que pueda pronosticar la necesidad de un cambio de aceite. Por lo tanto, los usuarios tienen que decidir si deben cambiar el aceite anticipándose a una condición esperada del fin de vida del aceite (una práctica riesgosa y poco económica) o analizar periódicamente el aceite para monitorear el avance de la degradación y la cercanía del fin de vida del aceite (una práctica mucho mejor). Analizar el aceite empleando análisis de aceite de rutina es con mucho una alternativa más práctica y confiable.

Disminución de fugas

Por supuesto, las fugas en realidad no disparan la necesidad de cambiar un aceite, pero ciertamente resulta ser un consumo de aceite innecesario por la repetida adición de aceite de relleno. Afortunadamente, el aceite sano, sin contaminación, puede tener un sorprendente impacto positivo en la reducción de las fugas de aceite. De igual forma, la fuga a menudo está asociada con un ingreso excesivo de contaminantes, lo cual, por supuesto, acorta la vida del aceite. Dicho todo, hay muchas oportunidades para reducir la frecuencia de cambio y los costos y riesgos asociados. Todas ellas involucran alguna forma de intervención, transformando antiguas prácticas en nuevas prácticas encaminadas a extender la vida del aceite. La lubricación de precisión implica seleccionar las acciones de intervención correctas para alcanzar sistemáticamente el objetivo pretendido al costo y riesgo más bajos posibles para la organización. En este caso, disminuya el consumo de aceite extendiendo los intervalos de cambio del mismo.



¿Lo está volviendo loco su programa de mantenimiento basado en condición?

Locura [adverbio].

(1) Acto de realizar la misma tarea una y otra vez esperando obtener un resultado diferente.

La mayoría de las compañías, ya se han dado cuenta que el mantenimiento correctivo (reactivo) sencillamente no es la estrategia adecuada para la administración de los activos de mayor criticidad. El mantenimiento correctivo, o la mentalidad de ‘reparar cuando se dañe’, es un modo seguro de garantizar una pobre confiabilidad de los equipos e incrementar, al mismo tiempo, los costos del mantenimiento y del tiempo muerto. Probablemente su compañía —como la mayoría— ha invertido en un programa de mantenimiento basado en condición (MBC). Por definición, el MBC es el acto de realizar una tarea de mantenimiento basándose en algún parámetro medible, ya sea a través de una simple inspección visual o usando una herramienta más sofisticada como el análisis de vibraciones o el análisis del aceite. Pero, ¿está usted recibiendo los beneficios óptimos de su programa de MBC?



Figura 1. Categorías del mantenimiento basado en condición

La figura 1 presenta las dos categorías del MBC: mantenimiento predictivo y proactivo. El mantenimiento predictivo emplea herramientas como el análisis de partículas de desgaste, el análisis de vibraciones, la termografía y el análisis de corriente del motor para diagnosticar las condiciones de falla. Estas técnicas nos permiten corregir (posiblemente) el problema cuando todavía no es severo y no ha causado daños colaterales y cuando la reparación puede efectuarse en el tiempo menos inoportuno para la organización —como durante un paro programado de producción o cuando el equipo, las herramientas y los recursos están disponibles— aceite extendiendo los intervalos de cambio del mismo.

Sin embargo, lo que muchos exponentes del MBC no logran comprender es que el MBC predictivo no cambia la tasa de falla, sino el balance entre los problemas que se vuelven severos y aquellos que se pueden corregir mientras el problema todavía es moderado o menor (figura 2). En pocas palabras, aunque la planta organice un equipo de analistas de primer nivel (clase mundial), especializado en vibraciones (o en análisis de aceite) para que tomen datos predictivos cada hora o incluso continuamente, ello no alterará el hecho de que el rodamiento, caja de engranajes, etc., vayan a fallar.

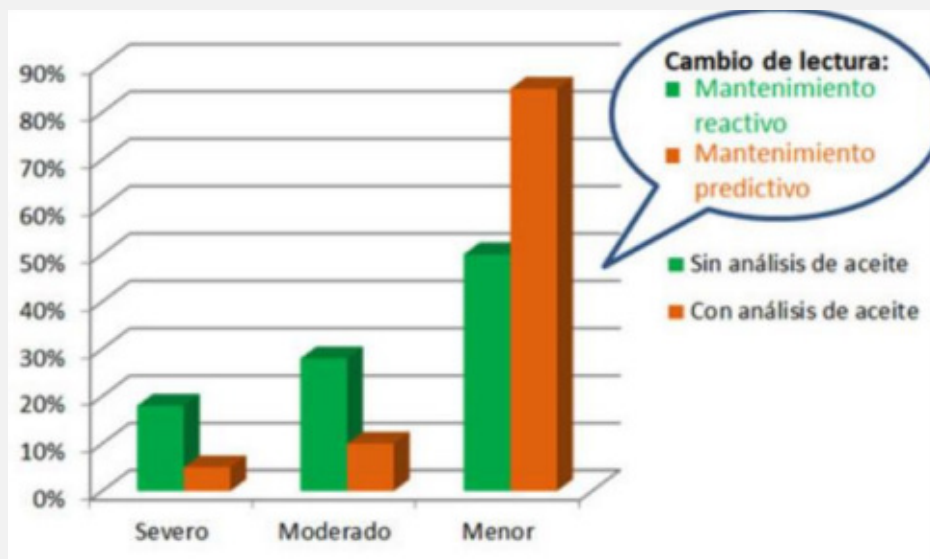


Figura 2

El mantenimiento predictivo no cambia el número total de fallas, lo que modifica es el balance entre los problemas que se vuelven severos y aquellos que se pueden atender cuando el problema es moderado o trae consigo consecuencias menores.

En mi experiencia, esta forma de ver el mantenimiento se ha popularizado en muchas industrias, particularmente en aquellas donde la producción trabaja 24 x 7 (veinticuatro horas todos los días de la semana), en donde unos cuantos minutos de tiempo muerto representan cuantiosas pérdidas económicas. Industrias como la de pulpa y papel o la de producción y refinación de gas y petróleo, han invertido millones de dólares en mantenimiento predictivo con el fin de eliminar el tiempo muerto no programado. Entonces, ¿qué es lo que está llevando este enfoque de mantenimiento predictivo a los niveles administrativos y ejecutivos? La respuesta, por supuesto, es el dinero, ya que finalmente son los gerentes los responsables de los resultados de la empresa. Ellos observan los indicadores claves de desempeño como la disponibilidad y eficiencia global de los equipos (OEE, definido como el producto de la disponibilidad, calidad y producción) para medir el nivel de éxitos de la organización en eliminar tiempos muertos no programados pero... ¿a qué costo? Veamos otro parámetro de medición que comúnmente se usa: el retorno sobre activos netos, también conocido como RONA por sus siglas en inglés. El RONA se define así:

$$RONA = \frac{\text{ingreso} - \text{gastos}}{\text{valor de reemplazo de los activos}}$$

El objetivo, al eliminar el tiempo muerto no programado a través del mantenimiento predictivo, es aumentar los ingresos mediante la mayor disponibilidad de los equipos. Pero, nuevamente, ¿a qué costo?

Recuerdo una situación llevada al extremo en una planta donde, queriendo evitar el tiempo de paro no programado, la gerencia decidió reconstruir sin estar dañada una caja de engranajes de misión crítica durante el paro anual de mantenimiento, a un costo de 100 mil dólares, porque su falla en operación pudo costarles 10 mil por hora de paro. Ellos consideraron que reparar durante el paro era como comprar un seguro barato.

El valor real del MBC proactivo

Cualquiera que haya participado en algún seminario de capacitación de Noria sabrá que somos grandes impulsores del enfoque proactivo de MBC (figura 1). En lugar de esperar a que un equipo falle, con la esperanza de que el programa predictivo detecte el problema a tiempo, promovemos el mantenimiento proactivo que se esfuerza en identificar las causas-raíz de falla del equipo. Al identificar una causa raíz podremos eliminarla antes de que ocurra la falla.

Aunque hay muchas causas-raíz relacionadas con la lubricación (y con otras causas) que podríamos explorar aquí, enfoquémonos en una de las más comunes: la contaminación por partículas. Muchas empresas ya reconocen que este tipo de contaminación, dependiendo del ambiente de operaciones, contribuye hasta en 80 % a todos los problemas de desgaste relacionados con la lubricación. Por ello, muchas han adoptado un programa agresivo de monitoreo de contaminación por partículas utilizando ya sea un contador de partículas en sitio o el de un laboratorio. Estas empresas realmente han logrado convertirse en organizaciones con un MBC proactivo, ¿verdad? Pero, imomento, veamos más de cerca!

Mantenimiento proactivo

El mantenimiento proactivo no consiste en la medición de factores que causan la falla, como la contaminación por partículas. Se trata de reconocer porqué el equipo tiende a fallar y así establecer un programa estructurado para eliminar la causa o al menos controlarla a niveles aceptables.

Para ilustrar este punto, analícese el siguiente ejemplo: la compañía X sabe que en su industria la contaminación de partículas es una de las principales causa de las fallas prematuras. Provistos con este conocimiento, ponen en práctica un programa de MBC que incluye el conteo rutinario de código ISO de partículas.

Para asombro de la compañía X, cada vez que recibían los informes de sus cajas de engranes críticas, el laboratorio indicaba que los niveles de limpieza del fluido era ISO 25/25/25 (que por lo general indica una saturación del sensor debido a los niveles extremos de contaminación) en lugar del nivel recomendado ISO 18/16/13. Basados en este resultado, expiden una orden de trabajo para cambiar el aceite. Se trae un tambor de aceite nuevo que estaba almacenado en el exterior. El aceite es extraído del barril y vertido en un recipiente adaptado en la planta utilizando una bomba manual (sin filtro). Posteriormente, el recipiente es llevado por la planta durante un paro programado (recuerde: nuestro precepto es asegurar que todo el trabajo se efectúe durante el tiempo muerto planeado) para tenerlo listo para cuando se pueda efectuar el cambio del aceite. Cuando la máquina está disponible, el técnico de lubricación empieza a cambiar el aceite. Después de drenar el aceite viejo contaminado, el técnico llena la caja de engranes. Primero, retira la combinación de tapa/respiradero (lo cual no es muy difícil porque ya está suelto, debido a que el sello del fabricante de equipo original se había desintegrado desde hacía mucho tiempo). Después de añadir la cantidad correcta de aceite, el diligente técnico de lubricación saca la varilla de medición del nivel de aceite, la limpia con un trapo y luego la inserta de nuevo para revisar el nivel. Satisfecho, continúa con su siguiente trabajo.

Sin embargo, la gran sorpresa cuando se toma la siguiente muestra: el conteo de partículas sigue siendo de ISO 25/25/25. ¡Cómo es posible! ¿Se le habrá olvidado al técnico cambiar el aceite? La respuesta es obvia: la mayor parte de esta contaminación viene de las prácticas deficientes de control de contaminación relacionadas con el almacenamiento, manejo y el llenado; adicionando la omisión de equipar adecuadamente la caja de engranes con los dispositivos correctos (medidor externo de nivel en vez de varilla de aceite, respiradero adecuado y conexión rápida para agregar aceite, conexión rápida en el drenaje para permitir la descontaminación periódica mediante un carro de filtración, etc.)

El mantenimiento proactivo trata de cambiar las viejas prácticas —la forma como las cosas se han hecho siempre— para alcanzar nuevas y mejores prácticas. A menos que esto se logre, usted enloquecerá lentamente esperando lograr mejores resultados (una mejor limpieza de sus fluidos), y ver que sigue obteniendo los mismos resultados de la vieja forma de hacer las cosas (prácticas deficientes de control de contaminación).

El MBC proactivo trata sobre el cambio de estilo de vida mediante la creación de una estrategia nueva de mantenimiento. No se trata de contar partículas, medir la viscosidad o el número ácido, o de buscar frecuencias de falla en los rodamientos; estas son meras herramientas que nos dicen si nuestra estrategia tiene el efecto deseado...

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/los-beneficios-del-mantenimiento-basado-en-condicion/>



Análisis de confiabilidad: Agregando valor al programa de mantenimiento predictivo

La mayoría de los programas de mantenimiento predictivo funcionan bastante bien identificando problemas inminentes de la maquinaria utilizando las tecnologías de mantenimiento predictivo (PdM) y aplicando medidas correctivas. Sin embargo, lo que muchos programas no hacen bien es el análisis adicional para detectar las tendencias que pueden ayudar a reducir los problemas o evitar que se repitan. Estos problemas a menudo son ocasionados o amplificados por la falta de precisión en los esfuerzos del mantenimiento.

Reducir los problemas previsibles añade confiabilidad a la operación, llevando así el programa de PdM al siguiente nivel. No se trata sólo de predecir los mismos tipos de problemas una y otra vez, sino de identificar las tendencias para reducir o eliminar los modos de falla a través de técnicas de mantenimiento de precisión.

- Identificar las tendencias para mejorar la efectividad de su programa de PdM
- Cómo determinar y rastrear los modos de falla por las tecnologías de PdM
- Realizar un análisis de Pareto de la tendencia de los datos
- Identificar áreas para añadir técnicas de mantenimiento de precisión
- Reducir los problemas previsibles a través del análisis

El valor del mantenimiento predictivo

Si se pretende que un negocio de manufactura o de proceso sea exitoso, la confiabilidad de la maquinaria depende de que no se dé esto por sentado. Una falla de una sola máquina crítica en un proceso de producción puede dar lugar a pérdidas significativas en términos de los costos de reparación, tiempo de inactividad y productividad; por lo tanto, es crucial que los operadores tomen medidas para prevenir averías o deficiencias siempre que sea posible. Por esta razón, muchas empresas han recurrido al mantenimiento predictivo (PdM) para detectar posibles problemas y determinar soluciones antes de que se produzcan situaciones de emergencia, lo que permite una planificación más eficaz.

Los programas de mantenimiento predictivo utilizan dispositivos especiales de medición para analizar la salud y funcionalidad de todos los componentes de una máquina crítica. Si el programa está funcionando correctamente, proporciona una alerta temprana de una falla latente y una evaluación de las condiciones de la máquina a largo plazo, para ayudar a planificar el mantenimiento y evitar un paro no programado durante la operación. Cuando analizamos un componente de una máquina, utilizamos métodos tales como el análisis de vibraciones, la inspección infrarroja, el análisis del lubricante y las inspecciones sensoriales, para determinar qué riesgos existen para esa unidad específica. Por ejemplo, podemos encontrar fallas que se están desarrollando en un rodamiento, que en algún momento fallará, y notificar al propietario de la máquina para permitirle programar convenientemente su reparación o sustitución, evitando que se convierta en una emergencia.

Más allá de ofrecer ahorros reduciendo considerablemente la probabilidad de falla de la maquinaria en operación, el PdM es útil evitando gastos innecesarios relacionados con el mantenimiento prematuro en máquinas en operación. Al determinar cuándo es realmente necesario el mantenimiento, con base en la condición de la máquina en lugar de adherirse a un programa de mantenimiento genérico, basado en tiempo (por calendario), se evita el tiempo de inactividad de la maquinaria y se minimizan los costos de servicio. Además, al darle mantenimiento a una máquina solo cuando es necesario, se reduce la probabilidad de causar problemas como resultado de errores humanos durante las tareas efectuadas a la maquinaria.

El mantenimiento predictivo es de gran valor ayudando a las empresas a evitar problemas costosos con su maquinaria, pero a menudo resulta ser sólo una solución temporal. El proceso del PdM puede ser cíclico si los posibles problemas solamente se identifican y se corrigen momentáneamente. A veces la causa raíz del problema de la máquina no se aborda como parte del proceso del PdM, lo que causa problemas redundantes a futuro. Aunque se ahorran cantidades importantes de dinero con el PdM, en comparación con el mantenimiento correctivo, todavía hay oportunidad para ahorros mayores si las causas raíz de los problemas se investigan e implementan soluciones de largo plazo, con base en hallazgos bien documentados.

El siguiente paso: Aumentar la confiabilidad

Aquí es donde entra en juego la idea del análisis de confiabilidad y la subsecuente consultoría. Cada vez que un grupo de PdM analiza la maquinaria, tiene la oportunidad de registrar los factores de riesgo detectados, su frecuencia y cómo deben abordarse los problemas con base en su potencial severidad. Mediante el seguimiento de los datos históricos para cada componente analizado en la máquina, es posible determinar las tendencias en su comportamiento y diseñar estrategias para abordar problemas recurrentes.

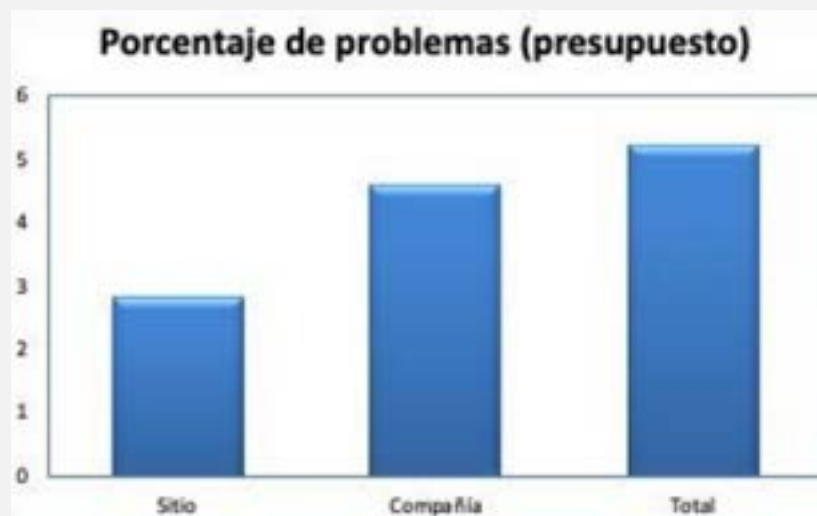


Fig. 1 – Porcentaje de problemas por tipo de maquinaria

Por ejemplo; si una transmisión por bandas (correas) utilizada para mover una parte de una máquina es causa de un incremento en los niveles de vibración, un programa de mantenimiento predictivo usando la técnica de análisis de vibraciones puede ser capaz de identificar el problema y determinar la acción correctiva a recomendar. Si este hallazgo se registra confiablemente en una base de datos (vea la figura 2), es posible buscar en el historial de la máquina y determinar si se han presentado problemas recurrentes con las bandas, o si es solo un caso entre los diversos problemas que ha tenido la máquina en un periodo de tiempo. En el caso de que se determine que hay un historial de problemas con las bandas en varias máquinas, tiene la oportunidad de ir más allá, en lugar de simplemente sugerir la sustitución de las bandas. Debe hacer la pregunta obvia “¿por qué?”

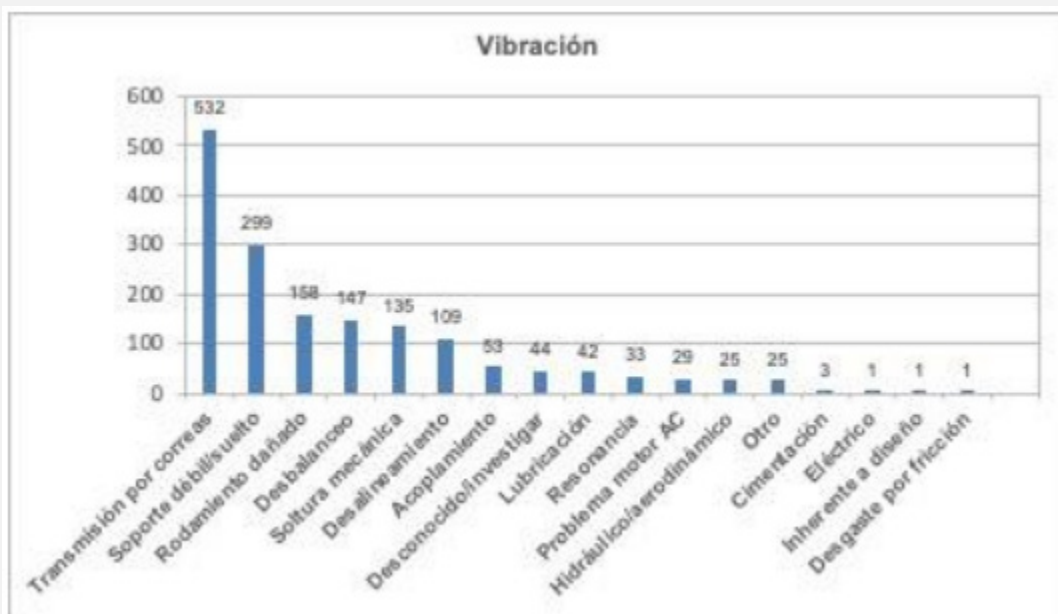


Fig. 2 – Revisión de modos de falla del programa de vibraciones en los últimos tres años

El primer paso para llevar su programa de PdM al siguiente nivel de confiabilidad, es cambiar la misión asociada al programa. La idea de “reparar antes de que falle” necesita cambiarse por “No lo repare, elimine la causa raíz”. Las partes básicas del programa de PdM trabajan funcionalmente de la misma manera: obtener datos de rutina, analizarlos y reportarlos. Sin embargo, se debe mejorar la forma en que los hallazgos reportados y sus correspondientes modos de falla son monitoreados y analizados periódicamente para identificar problemas recurrentes o su tendencia. A medida que se establecen estas tendencias, debe efectuarse un análisis más profundo acerca de las causas raíz y se debe desarrollar un curso de acción. Con base en la experiencia, se ha encontrado que muchos de esos problemas se deben a falta de entrenamiento y/o precisión en el mantenimiento practicado.

Es en este punto que el grupo de PdM va más allá de simplemente proporcionar servicios de mantenimiento predictivo para convertirse en un verdadero socio de la confiabilidad. Ya no se ocupa solo de tratar el "aquí y ahora" y de identificar problemas potenciales. Como socio de la confiabilidad, mira hacia el futuro y consulta los datos registrados y se plantea porqué se están presentando las fallas o están por ocurrir. El proveedor de servicios puede entonces colaborar con su cliente para determinar qué medidas se pueden tomar para evitar la necesidad de mantenimiento y sustitución de repuestos en el futuro.

Considere el caso de la transmisión por correas. Si se descubre que el personal de PdM ha indicado varias veces en el pasado que las correas se están gastando rápidamente, se puede hacer una investigación para ir un paso más allá, preguntando: "¿Está durando la correa el tiempo que debería, según lo indicado por el fabricante? ¿Algún otro factor está causando la falla?"

Es frecuente que las piezas defectuosas no sean las responsables del problema: A menudo el culpable es un elemento humano. En este ejemplo, las correas generalmente requieren una tensión y alineación adecuada para trabajar eficientemente, algo que fácilmente puede omitirse por una instalación efectuada deficientemente, entrenamiento insuficiente, herramientas inapropiadas, o pobre diseño del componente. Si es probable que este sea el caso, se podrían adoptar medidas para modificar los procedimientos y entrenar a los empleados en las técnicas apropiadas o en formas de añadir precisión, disminuyendo la necesidad de sustituir las correas, reduciendo a su vez la cantidad de dinero gastado en la compra de repuestos nuevos y el tiempo de inactividad de la maquinaria. Al final, se mejora la confiabilidad de la máquina a largo plazo.

Mejorando la confiabilidad sin costo adicional

Si bien puede parecer contra los propios intereses de un grupo de PdM tomar medidas para minimizar la cantidad de PdM requerido en el futuro, se ha aprendido por experiencia que el análisis de confiabilidad debe ser el estándar para cada involucrado en el programa. La mejora de la confiabilidad de los activos de la planta debe ser el objetivo número uno de cualquier programa de PdM. La reducción o eliminación de las ocurrencias de falla, y no solo la predicción de los problemas, debe estar en el ADN del programa de confiabilidad. La planta confía en nuestra dedicación inquebrantable para la identificación y prevención de fallas dentro de las instalaciones, al minimizar incluso los problemas potenciales.

Se deben examinar no solo los problemas en la maquinaria y materiales, sino todo aquello que afecte al mantenimiento y la confiabilidad. Podría darse el caso de que se tenga que echar mano de ciertas herramientas para hacer frente a un problema, como un dispositivo de alineación láser, o podría ser que se tengan que revisar los procesos de la planta. Sea cual sea la situación, un experimentado analista de programas debe trabajar para desarrollar planes personalizados de mejora paso a paso para lograr una estrategia eficaz de gestión de activos.

Mantenimiento predictivo y análisis de confiabilidad: La receta para ahorrar

Hay ahorros sustanciales inherentes al PDM. Al llevar registros robustos a través de los sistemas de gestión de mantenimiento, existe la capacidad para generar la justificación de costos para los programas de PdM, y puede calcularse el ROI (retorno sobre las inversiones). De acuerdo con los datos recopilados de miles de eventos de PdM, el costo de las reparaciones recomendadas es apenas una fracción de los millones de dólares que se podrían perder como consecuencia del valor de la producción perdida durante el tiempo de inactividad o el reemplazo de la maquinaria debido a una falla. De hecho, el costo de estas reparaciones aún podría ser mayor por el derroche de energía causado por maquinaria ineficiente o con falla. Además, un programa de PdM bien efectuado podría eliminar el costo de cientos de eventos innecesarios de mantenimiento a futuro.

El análisis de confiabilidad genera ahorros a un nivel completamente diferente. A través de la gestión del programa y una estrecha colaboración, el grupo de mantenimiento predictivo puede ayudar a los fabricantes y procesadores a aumentar en gran medida el rendimiento, reducir la necesidad de mantenimiento y hacer realidad la eficiencia operativa gracias a una buena metodología de evaluación y asesoramiento a la gestión de procesos/productos.

Seleccione el enfoque correcto de su programa de confiabilidad

Cuando se trata de mantener funcionando sin problemas sus operaciones, el mantenimiento predictivo es una gran inversión. Tomar las decisiones correctas en su organización de PdM incluye dotarlo de personal, apoyarse con otras tecnologías, gestionar el trabajo/flujo de trabajo y administrar los inventarios. Estas son las claves para el éxito en el PdM. Para que su programa interno de confiabilidad ascienda al siguiente nivel, es esencial que tenga la capacidad para capturar y analizar los datos de confiabilidad de forma apropiada dentro de sus sistemas actuales y a todo lo ancho de su organización. Por otro lado, es prudente que analice la posibilidad de tercerizar la función del PdM, tomando en consideración el valor total que le proporciona el proveedor. Un proveedor de bajo costo inicialmente podría parecer la opción más económica para los servicios de PdM, pero si se investiga un poco más, probablemente encontrará que éste no podrá proporcionarle un análisis de confiabilidad que le agregue valor.

En síntesis, los programas de PdM han probado ser un valioso componente en la estrategia proactiva de mantenimiento. Sin embargo, si deja fuera el diseño básico del programa y no se utilizan los resultados para analizar las causas raíz de los problemas, probablemente estos podrían resurgir a futuro. Generalmente sucede que algunos operadores no están conscientes de los problemas que acontecen en su maquinaria sino hasta que ya es demasiado tarde, haciendo importante entender completamente cómo el análisis de causa raíz, el mantenimiento de precisión y la gestión proactiva de repuestos, pueden ser complementos clave en los programas actuales de PdM.



Dígale al doctor dónde le duele
Obteniendo el máximo de su
programa de análisis de aceite

El análisis de fluidos (aceites) aplicado al mantenimiento de los equipos, es en realidad un proceso de información diseñado para proporcionar al administrador de mantenimiento datos de toma de decisiones. Esta información consiste de dos cosas: resultados de las pruebas y una evaluación profesional de esos resultados.

La analogía frecuentemente utilizada para el análisis de aceite es la de la “prueba de sangre”. Parece ser perfectamente razonable, pero es una analogía incompletamente definida. Hay un proceso secundario, la evaluación, generalmente se desarrolla en el mismo techo que la prueba. La evaluación es la interpretación de una opinión o consejo, basado en los datos de la prueba y, si se encuentra disponible, datos de pruebas anteriores del mismo sistema o de sistemas similares. La analogía médica puede ser ahora expandida en esas dos fases adicionando el doctor a la definición. Cuando somos examinados, nuestro doctor tomará una muestra de sangre y la enviará al laboratorio. Una vez que reciba los resultados del análisis entonces podrá darnos una opinión médica o consejo, que estaremos libres de aceptar o rechazar. El doctor es en este caso, el evaluador.

Pero hay algo que se está olvidando en esta ecuación de analogía: la aportación del paciente de su propia condición: “me siento muy bien”, tengo fuertes dolores de cabeza por la noche, me duelen los hombros,” etc. Por supuesto que el doctor no podrá darnos su mejor opinión, a menos que tenga una idea del punto de partida del paciente. La aportación del paciente se relaciona directamente en el campo de las pruebas de fluidos a la aportación del personal en contacto con el equipo: operadores, tomadores de muestra, mecánicos, supervisores, representantes del fabricante del equipo, representantes de las compañías de lubricantes. Etc. Esta gente tiene oportunidades potenciales de impartir conocimiento al evaluador, quien a pesar de que tiene la experiencia, puede que nunca haya observado directamente el equipo del que está dando su opinión.

Personal en campo, se convierte de esa manera en una extensión de sus ojos y oídos para el evaluador. A menos que el evaluador sea también quien toma la muestra y un mecánico con experiencia y conocimientos, es muy poco probable que este pueda adquirir suficiente información sin la ayuda de otros. A continuación presentamos algunos aspectos importantes de la responsabilidad de quien toma la muestra:

Información primaria. – Son cosas que no deben ser omitidas al enviar una muestra.

Si la unidad está siendo muestreada por primera vez, proporcione la información básica.

1. TIPO DE UNIDAD siendo muestreada. Ej. Motor a diesel, compresor, hidráulico. Esta es la información mínima para tener una oportunidad de procesar la muestra efectivamente. Tome nota que este tipo de información básica, está potencialmente llena de oportunidades para un diagnóstico incorrecto. Los aceites hidráulicos por ejemplo, vienen en diferentes configuraciones: bombas de pistones, paletas y engranes. Cada uno de estos tipos de sistemas tienen características diferentes. ¿Cómo puede esperarse de un evaluador que proporcione un juicio adecuado si no conoce de donde viene la sangre; de un chimpancé, un elefante o un humano?

2. EL FLUIDO en el sistema. Esto es como preguntarle al paciente que proporcione su tipo de sangre antes de la prueba, pero esta es la forma que el proceso trabaja. Si el personal de la prueba no conoce el producto que se analiza, pueden fallar en calibrar su equipo con la referencia adecuada causando potenciales fallas en la información generada. Actualmente hay muchos sistemas expertos que minimizan esos casos, pero muchos de los sistemas no poseen esa sofisticación para capturar esas posibilidades. Por lo tanto, ¿por qué hacer de esto un juego de adivinanzas?, finalmente usted es el paciente y tiene mucho más que perder.

3. LA APLICACIÓN en que la unidad se encuentra operando. Debe ser obvio que un sistema hidráulico expuesto a polvo, y otros elementos de una aplicación fuera de carretera tiene un ambiente totalmente diferente que el de uno que opera en un ambiente relativamente limpio como el de una planta de manufactura. Similarmente un motor a diesel que trabaja en un generador, en un modo de operación constante en cuanto a carga y ciclos de trabajo, contrasta con la aplicación de un motor de un autobús de servicio público donde los ciclos de servicio no son los mas adecuados para el mejor desempeño del componente.

Una vez que la unidad ha sido registrada o muestreada con anterioridad...

1. A menos que disponga de código de barras, proporcione una identificación completa y consistente del componente en la etiqueta del envase de muestra. Tome en cuenta que cualquier modificación que se haga en la información puede conducir a la generación de historias adicionales para ese componente, cuando en realidad los resultados de esa prueba deberían ser agregados a un registro anterior.

2. Registre exactamente el tiempo del aceite desde la última vez que fue cambiado. Establezca las tasas de contaminación y desgaste, ya que no podrá ser completamente evaluado sin esta información.

3. Registre exactamente el tiempo desde que la unidad inició a trabajar, o desde su última reparación completa, -unidades nuevas tienden a producir mayores cantidades de metales y valores de contaminación por varias razones como asentamiento, proceso de conformado.

Opuestamente, unidades viejas, tienden a variar su comportamiento desde “mejores” tasas de desgaste (por un exceso en el consumo de aceite) a tasas de desgaste acelerado (el inicio del fin de la vida del componente)

Proporcione la fecha en la que la muestra fue tomada, -algún día usted deseará tener sus unidades en una base de datos y apreciará tener las muestras en un orden cronológico para sus requerimientos de análisis estadístico.

Todo lo anterior es obviamente intuitivo para el lector. Entonces; ¿por qué es presentado en este tiempo de madurez en el proceso del análisis de aceite?. Por que no ha sido implementado completamente en las comunidades de toma de muestra. Porque, tal vez, la mitad de las muestras procesadas para análisis no contienen la información en alguna clase de base consistente. Es el equivalente de ir al doctor para una revisión general, pero en vez de decirle como se siente, le dice: “Es para lo que vengo, para que Usted me diga”. Probablemente usted también omitió información clave al momento de llenar sus cuestionarios en el registro antes de pasar con el doctor. Garantizar la salud de un equipo no se compara con la urgencia de la salud humana, pero esto se relaciona con el dinero y su utilización. Es por esto que el proceso de análisis de fluidos existe, entonces, ¿por qué no maximizar su retorno de inversión?.

Información específica del evento

Una información típica del evento que se analiza, hace que la decisión por la selección de pruebas o la evaluación sea más efectiva. Ejemplos de condición que pueden disparar ese tipo de pruebas incluyen: Consumo anormal de lubricante – como se mencionó anteriormente, el relleno con aceite nuevo diluye los valores de metales y contaminantes.

Esta información puede ser “normalizada “ si la información del consumo de aceite está disponible.

Macro observaciones acerca de la operación del equipo:

1. Ruidos anormales – engranes ruidosos, rechinado, cambio en el asentamiento de los engranes, golpeteo de pistón o metales, etc.
2. Falta de fuerza – principalmente para motores
3. Humo – cantidad, color, cuándo se observa en el ciclo de trabajo
4. Fugas de aceite – por sellos o empaques
5. Condición del filtro según se observe a simple vista al ser removido.
6. Cambios en desempeño, como nivel de potencia, calidad, etc.

Aceptando por cierta la queja anterior de que la mayoría de la gente que efectúa muestreo, no proporciona la información primaria de las muestras de aceite en una base consistente, es fácil adivinar que para la información secundaria es aún mayor la carencia. La parte más desafortunada de este problema es que la carencia de información primaria, aunque importante, no es cercanamente tan importante y de consecuencias como la falta de información secundaria en aquellas unidades que experimentan problemas. Cuando uno toma la decisión de interrumpir una pieza de un equipo del servicio y desarrollar procedimientos de diagnóstico y mantenimiento, especialmente los que incluyen la inspección visual vía el desarmado, es necesario tener mucha confianza al tomar la decisión.

Mientras que tener una lista con “todo incluido” es muy difícil, la importancia de los puntos mencionados arriba debe quedar clara.

Esto entonces conduce al eslabón final en la cadena de información:

INFORMACIÓN COLATERAL DE DIAGNÓSTICO

Completando el proceso, información de diagnóstico colateral puede ser crítica en la última recomendación de la condición del aceite y la máquina.

Diagnósticos o mantenimiento efectuado desde la muestra anterior, incluyendo lo detectado o las acciones correctivas efectuadas sean estas resultado de acciones programadas o como resultado de una observación excepcional o por el mismo análisis de aceite.

Otras observaciones de monitoreo de condición como análisis de vibración, termografía, evaluación de corriente en motores eléctricos, etc.

Reemplazo de partes o reparación completa y si es posible, una descripción de las condiciones visuales de la unidad y sus partes respectivas desde su reparación anterior.

Una vez más, es obvio que esa información puede únicamente servir para mejorar grandemente la exactitud de los resultados de la prueba, tanto para la muestra específica que se tiene en la mano, como para diagnósticos futuros cuando se presenten situaciones similares.

La línea de partida

Uno nunca podrá tener exceso de información cuando se evalúan los resultados de una muestra de aceite. El proceso es una asociación de información interactiva y dinámica, opuesto a la comunicación de una sola línea. Aquellos que envían muestras a laboratorio tienen la responsabilidad de proporcionar toda la información relevante como sea posible, particularmente cuando esa información es excepcional o importante y si deseamos obtener mejores resultados y recomendaciones.



**La toma de muestra es la clave para
un análisis de lubricante preciso**

El análisis de lubricante es quizás una de las mejores herramientas de su arsenal cuando se utiliza para determinar la salud de una máquina. Los datos del lubricante no sólo son la clave para determinar su propia salud, sino también para detectar los modos de falla de desgaste existentes en la máquina. Al comparar con los datos históricos, usted es capaz de monitorear la tendencia de dichos resultados y entender mejor qué es lo que está sucediendo dentro de la máquina.

Muchas personas creen que la toma de muestras de aceite es una actividad de “si el tiempo lo permite” y no aprovechan los beneficios que esta tecnología suele ofrecer. Debe ser tomada muy en serio y desarrollada con el mayor cuidado y diligencia. No se trata sólo de llenar una botella con el aceite de un sistema; usted debe desarrollar esta tarea adecuadamente para poder elaborar una tendencia más precisa con los resultados que recibe del laboratorio.

El primer paso para monitorear con precisión los datos que se obtienen de su muestra de aceite es identificar la ubicación correcta del puerto de toma de muestra. Las muestras deben ser tomadas en zonas turbulentas o “vivas” dentro del sistema de lubricación. Tomar una muestra en el puerto de drenado no es una representación precisa de las condiciones de la máquina. Las partículas de desgaste, los contaminantes y el agua se asientan en el fondo del tanque, por lo que la muestra obtenida está llena de datos históricos, lo que hace difícil el monitoreo de la tendencia de las condiciones del aceite y de la máquina si se continúa tomando la muestra en este punto.

Mejores prácticas de muestreo de aceite

INFORMACIÓN VALIOSA

- Use consistentemente los métodos de muestreo documentados como las “mejores prácticas” y que se encuentren “vigentes”
- Muestreo en zona viva y en “operación”
- Antes de los filtros, después de que el aceite haya pasado por los componentes de la máquina
- Purgue las válvulas de muestreo, los accesorios de muestreo, botellas limpias
- Muestreo a la frecuencia establecida
- Horas de uso del aceite y alguna otra información importante de las inspecciones y detalles operacionales
- Reporte el volumen de relleno agregado antes del muestreo (si lo hay)
- Envíe las muestras inmediatamente al laboratorio

El muestreo con manguera y bomba de vacío es otro método que debe evitar. Involucra el uso de una bomba de muestreo por vacío, un tramo de manguera y el tanque de la máquina que se va a monitorear. Con este método, el reto está en colocar la manguera en una zona viva del aceite y repetir exactamente la misma ubicación de la manguera cada vez que se vaya a obtener una muestra. Esto conduce a una pobre tendencia de los datos y distorsiona la exactitud de la muestra.

Es necesario modificar sus máquinas para colocarles puertos de toma de muestra si desea llevar con precisión la tendencia en sus resultados de análisis de aceite. Al instalar puertos o válvulas de muestreo proporciona una ubicación donde se puede consistentemente tomar una muestra representativa del aceite en su sistema. La válvula de muestreo debe estar colocada en una zona turbulenta del flujo del aceite. Puede colocarse después de las bombas o en codos donde el flujo de aceite cambia de dirección y comienza a fluir violentamente.

La muestra debe ser tomada antes de cualquier filtro para asegurar que no se está perdiendo información valiosa debido al paso del aceite por los filtros.

Algunos sistemas tienen un solo puerto de muestreo. Por ejemplo, si usted tiene una caja de engranajes, puede instalarle un puerto de muestreo con una extensión de acero inoxidable de forma tal que el extremo del tubo (donde la muestra va a ser extraída) quede cerca del diente del engranaje y con al menos 5 cm de separación de las paredes de la carcasa. Cuando se toma la muestra, se está utilizando el mismo puerto y el mismo lugar cada vez que se repite esta actividad. Esto conduce a datos más consistentes que permiten obtener una tendencia ajustada a la realidad. Además, permite la detección de cualquier anomalía en el aceite de forma fácil y oportuna.

Muchos sistemas pueden tener varios puertos o válvulas de muestreo. Aquí es donde comienza la discusión de los puertos de muestreo primario y secundario. Un puerto primario está ubicado después de que el aceite ha pasado por todos los componentes de la máquina, donde con una sola muestra se puede obtener una buena representación del sistema. Mientras se obtengan muestras en este punto y se lleven las tendencias de los resultados, puede llegar el momento en que comenzará a detectar un incremento en las partículas de desgaste. En este punto es donde los puertos secundarios juegan su rol. Los puertos secundarios permiten determinar de dónde proviene el incremento del desgaste del sistema. Generalmente los puertos secundarios deben ser instalados individualmente después de cada uno de los componentes del sistema, lo que permite monitorear su salud.

Por ejemplo, si está tomando muestras en la línea de retorno de un sistema hidráulico y detecta un incremento en la concentración de metales de desgaste, deseará conocer de dónde provienen esos metales dentro del sistema. En un sistema hidráulico normal, debiera de tener un puerto de muestreo a la salida de la bomba y otros después cada uno de los cilindros o motores hidráulicos. Esto le permitiría encontrar en dónde se está originando el incremento en el desgaste.



El uso de las técnicas de muestreo adecuadas es tan importante como las válvulas de muestreo. Debe lavar sus accesorios de muestreo para limitar la distorsión de los resultados a causa de una contaminación ambiental. Normalmente, purgar 10 veces el volumen muerto del equipo de muestreo será suficiente y asegurará la obtención de una buena muestra. Para ambientes muy contaminados, mantenga la botella de muestra dentro de una bolsa plástica resellable (tipo zip-lock) mientras obtiene la muestra, para minimizar la distorsión de los resultados por fuentes externas.

Adicionalmente, revise las botellas de muestreo que está utilizando. La limpieza de las botellas hace la diferencia en el conteo de partículas del aceite. Si su conteo de partículas es alto, considere adquirir botellas de muestreo certificadas como “limpias” o “súper limpias” para asegurarse que la distorsión no está en la botella. Para sistemas en los cuales la toma de muestra es extremadamente crítica, puede ser necesario usar botellas de vidrio certificadas como “ultra limpias”.

El análisis de aceite brinda una gran cantidad de beneficios para quienes lo utilizan adecuadamente. Al asegurarse que la muestra ha sido tomada adecuadamente, los resultados son más fáciles de entender y de establecer sus tendencias. Por supuesto, analizar los resultados históricos es una obligación en un buen programa de análisis de aceite. Siga luchando por estándares de clase mundial y mantenga la vista puesta en lo que su lubricante está queriendo decirle.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/mejorando-sus-procedimientos-de-muestreo-de-lubricantes/>



Errores a evitar en el muestreo de aceite

Hace poco recibí un e-mail de un colega que buscaba mi opinión sobre una filosofía específica de muestreo. Refiriéndose a los equipos móviles, tales como excavadoras, conformadoras y palas mecánicas, me preguntó si el buen muestreo de aceite depende mucho del lugar en que se toma la muestra. Se preguntaba, de acuerdo a lo que muchas veces había escuchado de otras personas, si realmente lo más importante es muestrear consistentemente, independientemente de su ubicación.

Muestrear consistentemente se refiere a la práctica de seguir meticulosamente un procedimiento establecido sin tener en cuenta la exactitud o precisión del procedimiento. Esta es la forma en que se toman hoy en día la mayoría de las muestras de aceite, tal vez hasta en un 80 por ciento. La creencia es que ya que los datos de análisis de aceite comúnmente siguen una tendencia, una vez que se establece una línea de base y se toman muestras consistentemente, los problemas se revelarán en el movimiento de la línea de tendencia (cambio de dirección, tasa de cambio, etc.)

La falacia de esta doctrina es que asegura sólo la repetitividad, no la calidad o la exactitud de los datos. Esto se ilustra en la figura de la izquierda. El objetivo de la izquierda muestra cómo el muestreo consistente o el análisis consistente, aislados, pueden dar fuera del blanco... y hacerlo consistentemente. Sin embargo, la imagen de la derecha muestra la combinación ideal de consistencia y precisión.

Hay muchas maneras de obtener información útil y que permiten registrar la tendencia de muestras de aceite que se toman sistemáticamente de muchas ubicaciones diferentes. Esto es particularmente cierto para las propiedades del aceite que se mantienen homogéneas en todo el volumen del aceite, como la viscosidad, metales solubles (aditivos órgano-metálicos) y la estabilidad a la oxidación. Se puede aprender mucho de estos datos, pero ¿por qué limitar de esta manera el programa de análisis de aceite? Las mayores preocupaciones cuando se lleva un registro de tendencia son los falsos positivos (las falsas alarmas) y falsos negativos (ausencia de alarmas) que debilitan el programa y erosionan la confianza cuando la toma de muestras se limita sólo a la consistencia, sin tener en cuenta la precisión.

Veamos cómo ocurre esto.

1. Muestreo del fondo. Las muestras tomadas siempre de la parte inferior de los depósitos y sumideros mostrarán mayores concentraciones (y no representativas) de los sedimentos del fondo y de agua, en comparación con las zonas vivas del sistema. Cuando se presentan alarmas en las propiedades físicas del aceite, contaminantes y metales de desgaste, se supone que se está midiendo la mezcla global de las concentraciones, no se concentra en las copas colectoras, los filtros y el fondo del tanque.

2. Muestreo del depósito. Las muestras colectadas consistentemente de las zonas turbulentas de los tanques y depósitos proporcionan información para tendencia sólo en lo que se refiere a las propiedades homogéneas del aceite. Sin embargo, los metales de desgaste y muchos contaminantes se ocultan a la vista por la extracción o dilución. Esto es porque estos insolubles, que comúnmente son ingresados o generados en el punto de trabajo de los equipos (componentes hidráulicos, rodamientos, engranajes, etc.), se depositan en el gran volumen de fluido que se encuentra en el tanque, o peor aún, son eliminados por los filtros en la línea de retorno – en el caso de muchos de los sistemas hidráulicos de alta presión. Incluso si no hay filtro en la línea de retorno, una vez que las partículas de desgaste, el agua y los contaminantes sólidos entran en el depósito, su concentración cambiará inmediata y progresivamente debido a la dilución, asentamiento y filtración fuera de línea (filtros tipo riñón).

3. Muestreo aguas arriba. Las muestras tomadas consistentemente en la línea de alimentación de los grandes sistemas de circulación de aceite son típicamente el mismo aceite y los mismos problemas del muestreo del tanque descrito anteriormente. Esto aplica también para las muestras tomadas fuera de línea en sistemas de circulación (filtros, intercambiadores de calor, etc.). Al hacerlo así, las concentraciones reales de metales de desgaste y contaminantes con frecuencia pasan desapercibidas. Esta es la forma más fácil de obtener un falso negativo.

4. Muestreo después filtro. Ocasionalmente algunas plantas prefieren tomar muestras consistentemente después de los filtros en la línea de presión o en las líneas de retorno. Al parecer, estas plantas no están interesadas en el análisis de las partículas sólidas en el aceite, como lo son las partículas que típicamente remueven los filtros, dando preferencia a la conveniencia en el muestreo sobre la exactitud.

5. Muestreo en zona muerta. Extraer una muestra de zonas muertas es lo mismo que muestrear la máquina equivocada. Los fluidos en zona muerta (extensiones en las líneas de conexión de aparatos de medición, tuberías muertas, etc.) están estancados y comúnmente poseen propiedades diferentes a los fluidos en operación.

6. Procedimiento de muestreo incorrecto. Existen numerosos procedimientos de muestreo que son utilizados y que están muy lejos de la mejor práctica. Entre ellos se incluye el muestreo por manguera (empelando una bomba de vacío), purgado inadecuado, botellas o dispositivos sucios, etc. Aunque esos procedimientos sean utilizados consistentemente, también en forma consistente dejarán de darnos resultados de calidad y de precisión acerca de la muestra tomada. Con frecuencia esos métodos se emplean simplemente por conveniencia, en un equivocado intento de ahorrar valioso tiempo, sacrificando datos valiosos y a la larga equipo valioso.

7. Muestreo en sistemas fríos. Las muestras tomadas consistentemente de sistemas fríos contendrán concentraciones alteradas de metales de desgaste, contaminantes y otras suspensiones insolubles. Cuando están en reposo, cualquier cosa que sea más pesada que el aceite tenderá a asentarse. Le toma tan solo 2 minutos a una partícula metálica de babbitt de 2 micrones asentarse media pulgada en un aceite ISO VG 22.

Como puede ver, la consistencia por sí sola no asegura un muestreo de calidad. Y no es posible, aun para el mejor laboratorio de análisis de aceite, obtener datos de calidad en muestras de aceite no representativas. El adagio “basura entra, basura sale” es completamente cierto en el análisis de aceite, como lo es para cualquier otro campo de comportamiento. No olvide que la consistencia es muy importante, pero sólo después de que se ha seleccionado la ubicación correcta para el muestreo y se utiliza el procedimiento correcto de toma de muestra.

Cuando se trata de análisis de aceite, las metas siempre son elegir una ubicación que maximice la densidad de los datos en la botella de muestra, y seleccionar un procedimiento que minimice la distorsión de los datos. Comprender esto no es cosa de intuición o inteligencia bruta. Puede hacerse sólo a través de la instrucción apropiada del técnico que extrae las muestras y siguiendo los procedimientos documentados de las mejores prácticas de muestreo.

¿Cómo está tomando sus muestras de aceite? Lo que es más importante, ¿cuánto le está costando a su empresa un muestreo sub-óptimo cada año en términos de oportunidades perdidas e interpretaciones equivocadas?

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/consejos-para-la-toma-de-muestras-de-lubricantes/>



Guía para seleccionar accesorios de muestreo de aceite

Utilizar los accesorios adecuados de muestreo de aceite ayuda a garantizar la obtención de una muestra precisa cada vez. A continuación, hablaremos sobre los accesorios y dispositivos de muestreo de aceite que necesita para tomar una buena muestra de aceite.

Accesorios de muestreo de aceite de calidad: Por qué es importante

Adicional al conocimiento de cómo tomar una muestra de aceite adecuada, un especialista en lubricación que extrae una muestra de aceite representativa es tan bueno como sus herramientas. Sin estas dos cosas, lo más probable es que termine con una muestra de aceite no representativa, lo que puede tener consecuencias perjudiciales en el futuro. Usar los accesorios de muestreo de aceite incorrectos o inadecuados, tomar muestras de aceite de ubicaciones erróneas, recolectar muestras de forma incorrecta e incluso manipularlas incorrectamente puede causar que una muestra de aceite no represente la verdadera condición de su maquinaria. Por ejemplo, tomar una muestra de aceite de la ubicación incorrecta, como un punto después de un filtro, no mostrará una representación precisa de la cantidad de partículas de desgaste u otros contaminantes en el aceite, haciendo ver el aceite en el sistema como limpio y ocasionando eventualmente un tiempo de inactividad inesperado. Por el contrario, usar el equipo de muestreo de aceite adecuado, instalando una válvula de muestreo de aceite correcta donde sea necesario (en este caso, antes del filtro) y extraer una muestra de aceite usando los procedimientos adecuados costará mucho menos que cualquier error resultante de un muestreo incorrecto.

También se necesitan herramientas de muestreo de aceite adecuadas para evitar que la muestra y el sistema se expongan al aire del ambiente, que contiene contaminantes como agua o partículas. Tomar la muestra de aceite sin abrir la botella se puede hacer utilizando accesorios de muestreo de aceite adecuado. Para lograr esto, todo lo que necesitará es una botella del tamaño correcto y con un adecuado nivel de limpieza, una bolsa resellable con cierre de cremallera (para sandwiches), el puerto de muestreo y la válvula correctos, y un dispositivo de muestreo como una bomba de vacío.

A continuación, analizaremos los diversos equipos de muestreo de aceite que necesitará para tomar una muestra verdaderamente representativa del aceite dentro de su maquinaria. Estos incluyen accesorios de muestreo de aceite como bombas de vacío, tubos y botellas; puertos de muestreo, adaptadores de puerto y adaptadores de calibre; y válvulas de muestra para sistemas de alta y baja presión.

Hardware de muestreo de aceite: lo que necesita para tomar una muestra de aceite precisa

Si bien el procedimiento y el método de muestreo de aceite pueden variar según el tipo de aplicación y la máquina que esté muestreando, el equipo de muestreo de aceite puede, en la mayoría de los casos, aplicarse universalmente.

Manguera de extracción de muestra: Sirve para llevar aceite de la válvula o depósito de la máquina a la botella de muestreo. Si se usa con una válvula, tendrá una sonda o adaptador en el extremo. Típicamente, la manguera está hecha de polietileno de baja densidad, se compra a granel y se corta a la medida según sea necesario. Se fabrican en varios tamaños, más comúnmente 3/16, 1/4 y 5/16 pulgadas. Para obtener muestras más precisas o para tomar muestras de máquinas difíciles de alcanzar, puede usar mangueras microbore, que tienen diámetros internos más pequeños, típicamente alrededor de 2 milímetros.



Bomba de vacío: Se utilizan para extraer muestras de aceite de sistemas no presurizados, que pueden o no estar equipados con válvulas de muestreo. Se utilizan en conjunto con una manguera o sonda flexible para llevar la muestra de fluido a la botella de muestreo. Esta manguera puede equiparse con un adaptador para acoplarla a la válvula de muestreo si se cuenta con ella. Para preparar la bomba de vacío para tomar la muestra, corte un trozo de manguera lo suficientemente larga como para alcanzar la mitad de la altura vertical del nivel de aceite en el compartimento del cual está tomando la muestra. Si está tomando muestras a través de una válvula, la manguera debe ser lo suficientemente larga para alcanzar la válvula cómodamente.

En un extremo de la manguera acople el adaptador de apertura de la válvula de muestreo. El otro extremo se introduce aproximadamente 25 cm en el cabezal de la bomba de vacío, apretando la perilla moleteada para sujetar y sellar la manguera (no apriete demasiado). Asegúrese de que su bomba de vacío tenga capacidad de usar el tamaño de su manguera. La botella de muestreo debe enroscarse firmemente en el cabezal de la bomba para lograr un sellado hermético al generar el vacío. Se recomienda colocar previamente cada botella en una bolsa resellable (tipo zip-lock) para restringir la entrada de partículas del aire en el ambiente y evitar tocar la botella con las manos sucias durante el muestreo. Una vez que la bomba está ensamblada, siga el método adecuado para el muestreo por inserción de manguera y bomba de vacío o por válvula de muestreo. Es importante tener en cuenta que debe cambiar la manguera cada vez que extraiga una muestra de aceite para evitar la contaminación cruzada.



Botellas de muestreo: La selección de la botella de muestreo de aceite correcta depende de la aplicación y las pruebas de aceite planeadas. Antes de seleccionar una botella de muestreo, deberá considerar características como el tamaño de la botella, el nivel de limpieza y el material. Las botellas generalmente están hechas de estos tres materiales:

- **Plástico opaco:** Como el polietileno de alta densidad (HDPE) es uno de los materiales para botellas más comunes en el mercado. Debe evitar este material porque es difícil inspeccionar visualmente la muestra debido a su opacidad (similar a un envase de plástico para leche). También hay disponible un polipropileno, que es menos opaco.
- **Tereftalato de polietileno (PET):** Este tipo de plástico es completamente transparente y compatible con la mayoría de los tipos de aceites lubricantes y fluidos hidráulicos, incluidos los sintéticos. A veces se utilizan otros plásticos transparentes, incluido el cloruro de polivinilo (PVC).
- **Vidrio:** las botellas de vidrio son más caras, pesadas y tienen el riesgo de romperse. Las botellas de vidrio se pueden limpiar y reutilizar varias veces, y su limpieza generalmente excede la de las botellas de plástico.

Hable con el laboratorio para asegurarse de que está usando el tamaño de botella correcto para el conjunto de pruebas que va a efectuar. El tamaño de la botella depende del tipo de fluido y las pruebas que realizará el laboratorio. La mayoría de los conjuntos de pruebas estándar requieren que la muestra se tome en una botella de 100 o 120 mililitros. A veces, la prueba requiere una botella de 200 mililitros o más grande.

Finalmente, querrá confirmar que su botella cumple con los estándares de limpieza ISO para garantizar que la botella no incorpore una cantidad reportable de contaminación a la muestra. Nuevamente, la limpieza depende del tipo de prueba a realizar y los objetivos de limpieza. En general, la botella de muestreo debe tener un nivel de limpieza específico de dos códigos ISO más limpio que el objetivo de limpieza objetivo. ISO 3722 proporciona una guía para la clasificación de limpieza de las botellas. Las siguientes categorías de limpieza se aplican con frecuencia de acuerdo con su contribución al conteo de partículas:

- **Botella limpia:** Contiene menos de 100 partículas mayores de 10 micrones por mililitro de volumen.
- **Botella súper limpia:** Contiene menos de 10 partículas mayores de 10 micrones por mililitro de volumen.
- **Botella ultra limpia:** Contiene menos de una partícula mayor de 10 micrones por mililitro de volumen.



Es importante purgar todos los accesorios de muestreo (mangueras, válvulas, adaptadores, etc.) para obtener una muestra verdaderamente representativa. Enjuague de cinco a 10 veces el volumen del espacio muerto antes de recolectar su muestra. El aceite lavado puede recogerse en una botella de purga y devolverse al sistema.

Puertos de muestreo

Dos de los aspectos más críticos del proceso de muestreo es dónde y cómo se recolectan las muestras de aceite. Sin embargo, los puertos (y las válvulas) no siempre están donde los necesita. De hecho, el 71 por ciento de las personas informaron a la revista Machinery Lubrication que tenían que modificar sus equipos para permitir que los puertos y las válvulas de muestreo de aceite se ubicaran con precisión para obtener una muestra adecuada.

La instalación de múltiples puertos en ubicaciones estratégicas puede aislar componentes para ayudar a solucionar el origen de los problemas después de que se encuentran condiciones anormales. Los puertos de muestreo primarios deben colocarse donde se toman muestras de rutina para obtener la mejor evaluación general del fluido y de la condición de la máquina. Se utilizan para controlar la contaminación del aceite, las partículas de desgaste y las propiedades químicas y físicas del aceite. Las ubicaciones de los puertos de muestreo primarios varían, pero para los sistemas de circulación deben ubicarse en la línea de retorno antes de los filtros y antes de que el fluido ingrese al tanque o depósito.

Los puertos de muestreo secundarios se pueden colocar estratégicamente en un sistema para aislar componentes. Esto le ayuda a localizar la causa raíz de la contaminación al observar los componentes individuales. Una muestra de aceite del puerto secundario solo debe tomarse cuando la muestra del puerto primario detecta una lectura anormal y necesita investigar más a fondo la causa.

Un buen puerto de muestreo está diseñado para extraer muestras de las áreas más representativas del equipo y en condiciones normales de operación. Esto se realiza mediante el uso de reguladores de presión, adaptadores para válvulas de muestreo y válvulas de muestreo con tubos pitot (en el caso de reductores, depósitos y tanques).

En muchos casos, no se puede acceder fácilmente a algunas máquinas durante las condiciones normales de funcionamiento, pero pueden ser de las máquinas más importantes para analizar. En estos casos se requiere la instalación de un puerto remoto de muestreo de aceite utilizando extensiones de tubería. Estos puertos remotos pueden ser necesarios para tomar muestras de manera efectiva a fin de monitorear la máquina y el aceite en condiciones típicas de operación. Las torres de enfriamiento son un buen ejemplo; son críticas y también es difícil realizar el monitoreo rutinario de la condición. La instalación de puertos de muestreo remotos ayuda a garantizar que se mantengan adecuadamente.

Válvulas de muestreo

Las válvulas de muestreo se instalan en puertos ubicados en depósitos y líneas de circulación de aceite para un muestreo de aceite limpio y eficiente. Esto permite tener una ubicación de muestreo controlada y fija. Las válvulas de muestreo pueden ayudar a prevenir fugas y contaminación accidental de la muestra. Tampoco interfieren con el funcionamiento normal de la máquina. Como tal, se pueden tomar muestras durante las condiciones normales de funcionamiento, lo que mejora la calidad de la muestra.

Dependiendo de su sistema, es posible que necesite usar múltiples accesorios de muestreo de aceite con las válvulas adecuadas. Por ejemplo, los sistemas hidráulicos de alta presión requieren una válvula reductora de presión, un adaptador para el puerto de muestreo y manguera. Un sistema de baja presión puede requerir una bomba de vacío con un adaptador para el puerto de muestreo para extraer una muestra de aceite. Hay varias opciones de válvulas a considerar:

- **Válvulas portátiles de alta presión:** Los sistemas de alta presión son difíciles de muestrear durante la operación por razones de seguridad. La presión debe disminuirse con un reductor de presión portátil (conectado a la válvula de muestreo principal) o con un tubo helicoidal de acero inoxidable para disminuir la presión. Asegúrese de obtener asesoramiento experto sobre el dispositivo y el procedimiento de muestreo de aceite adecuados.
- **Válvulas de muestreo minimess:** Muchos consideran la válvula de muestreo minimess como la mejor opción para tomar una muestra consistente y precisa. Las válvulas minimess deben instalarse en un codo, si es posible, para líneas con fluido que circula a alta velocidad.

• **Válvulas de muestreo minimess portátiles:**

Estas válvulas se instalan en el extremo de un conector rápido hidráulico hembra estándar. El conector macho está fijo permanentemente a la línea de presión en el punto de muestreo adecuado. Al igual que una válvula minimess normal, una vez que el conector hembra se acopla en el conector macho, el control mecánico dentro de la válvula se deprime, permitiendo que fluya el fluido. Las válvulas minimess portátiles se pueden utilizar en líneas de baja y alta presión, siempre que se use una válvula de reducción de presión o un tubo helicoidal.

• **Válvula de bola:** Al igual que las válvulas minimess, las válvulas de bola deben instalarse en un codo en sistemas de baja presión. Las válvulas de bola le permiten iniciar, detener, ajustar y dirigir el flujo o evitar el contraflujo. Asegúrese de que la válvula de bola sea purgada antes de tomar la muestra.



Hay disponibles otras válvulas de muestreo para aplicaciones y necesidades especializadas. Entre ellas se incluyen las válvulas que se muestran y analizan a continuación. Algunas ventajas de estos modelos son que incluyen una tapa antipolvo sujeta mediante una cadena para evitar la contaminación y las fugas de aceite después del muestreo, la capacidad de purgar el aire y un volumen muerto mínimo. Las desventajas comunes incluyen tener solo una o dos características de sellado, la imposibilidad de ser utilizadas como puertos de diagnóstico para instalar periódicamente sensores y transductores, y el riesgo de daños del diseño de "asiento blando" en condiciones de alta presión.

Válvula de muestreo Stauff: Estas válvulas están disponibles en cinco modelos con una presión de operación máxima que varía de 5,800 a 9,000 psi. El diseño de la válvula le proporciona tres técnicas de sellado para proteger contra las fugas de aceite: un sello en la cubierta antipolvo, un sello de asiento duro interno y un sello interno en el dispositivo de control mecánico.

Válvula de control de asiento circular: Esta válvula de muestreo y purga de la serie P-500 tiene una presión de operación de 0 a 3,000 psi. Para extraer una muestra, se gira la cabeza de la válvula un cuarto de circunferencia (90 grados) para permitir que el aceite fluya hacia una botella abierta.

Válvula de muestreo tipo botón: Las válvulas de muestreo de aceite Wear check tienen una presión de funcionamiento de 0 a 600 psi y permiten extraer una muestra en una botella abierta presionando el botón de la válvula.

Válvula de muestreo aeroespacial Parker: Con un rango de presión de operación nominal de 30 a 5,000 psi, estas válvulas proporcionan un buen sellado a baja y media presión. Se puede extraer una muestra utilizando un dispositivo manual conectado a una manguera insertada en la boca de una botella abierta. La manguera también se puede conectar al puerto y a una bomba de muestreo por vacío.

Válvula de muestreo Taylor: las válvulas Taylor están disponibles en latón (con una presión de operación de hasta 2,000 psi) y acero inoxidable (con una presión de operación de hasta 5,000 psi). La tecnología de asiento blando hace que estas válvulas sean buenas para sellar a baja o media presión.

Válvula de muestreo Eaton: la válvula de muestreo de aceite Eaton FD 150 debe instalarse en líneas de fluido dinámico de baja presión y líneas de retorno. La presión de funcionamiento de esta válvula es de 0 a 300 psi. Cabe señalar que este modelo no está destinado a aplicaciones aeroespaciales.

Válvulas de muestreo Checkfluid: Estas válvulas vienen en tres modelos: Tipo botón de la serie KP, la serie KST y la serie LT (dispositivo de muestreo del puerto de drenado). La serie KP tiene un rango de presión de muestreo de 5 a 750 psi y la KST tiene un rango de muestreo de 5 a 4,000 psi; ambas con presiones máximas de operación de 6,000 psi. La serie LT tiene un rango de muestreo de 0 a 125 psi con una presión máxima de operación de 1,000 psi.

Válvula de muestreo Caterpillar: El kit de muestreo de aceite SOS está aprobado para su uso por Caterpillar y es estándar en sus productos. La válvula utiliza tecnología de asiento blando para permitir un buen sellado a baja y media presión y permite tomar muestras en casi cualquier orientación.

Mejoras en los dispositivos de muestreo de aceite

Con los años, la tecnología y el ingenio han mejorado los diseños y la disponibilidad de dispositivos de muestreo de aceite para hacer que el muestreo sea más fácil de obtener y más representativo de las condiciones del sistema y del fluido. Dos de las piezas más notables de los equipos de muestreo de aceite que se han introducido recientemente son el dispositivo de vacío ultra limpio (UCVD, por sus siglas en inglés) y el Pod de monitoreo de condición (CMP, por sus siglas en inglés) de Luneta.

El UCVD es una botella de muestreo avanzada, diseñada para mantener un vacío preestablecido y de previamente distribuido, lo que lo hace “ultra limpio” al estar libre de casi toda humedad y contaminantes. Funciona uniando la boquilla de la botella a una manguera de muestreo, insertando el otro extremo de la manguera en la válvula de muestreo y girando la perilla en la tapa para liberar el vacío, que extrae el aceite hacia dentro de la botella. Este método en realidad elimina la necesidad de una bomba de vacío manual tradicional y puede usarse en cualquier sistema de lubricación, incluidos los sistemas presurizados.

El CMP es un equipo multifacético que le permite a un inspector realizar múltiples tareas desde el mismo puerto. Descrito como un “módulo de inspección multiparamétrico”, el CMP es una mirilla de aceite y un puerto de muestreo diseñado en una sola pieza. El CMP le permite ver fácilmente los niveles de aceite, color y claridad, aireación y espuma, corrosión, barniz y partículas ferromagnéticas de desgaste. Además, se puede extraer una muestra de aceite del puerto de muestreo integrado compatible con la bomba de vacío. El CMP incluye un tubo pitot de acero inoxidable que se puede doblar a la ubicación de muestreo deseada dentro de la máquina.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/por-que-un-solo-puerto-de-muestreo-siempre-es-suficiente/>



Cómo determinar la frecuencia de muestreo

Debido a nuestros limitados recursos humanos, actualmente estamos muestreando el aceite en los cojinetes de nuestra turbina anualmente. ¿Es adecuado este intervalo para detectar modos de falla o debería aumentarse la frecuencia?

La frecuencia con la que tomar una muestra es una de las decisiones más críticas en un programa de análisis de aceite. Una frecuencia de muestreo de rutina apropiada para su turbina sería entre dos semanas y tres meses. Dado que no se proporcionan detalles específicos de esta turbina, las siguientes recomendaciones pueden aplicarse para cualquier máquina.

La frecuencia de muestreo óptima para cualquier aplicación debe basarse en sus objetivos de confiabilidad. Primero, hágase las siguientes preguntas:

- 1. ¿Cuánto le costaría a mi empresa (en piezas, mano de obra y tiempo de inactividad) si la máquina fallara repentinamente?**
- 2. ¿Existe un riesgo de seguridad asociado con la falla?**
- 3. ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir para pronosticar la falla con 24 horas, una semana y un mes de anticipación?**

El precio que está dispuesto a invertir es el punto de equilibrio teórico con todo el monitoreo de condición implementado en esa máquina. Teniendo en cuenta que el análisis de aceite puede ser solo una de las varias estrategias de monitoreo de condición implementadas y sabiendo que no es una solución absoluta para predecir fallas, es posible que no invierta hasta ese punto de equilibrio. Sin embargo, una cantidad un poco menor que eso sería aceptable.

Por ejemplo, si su punto de equilibrio es de USD \$40,000, puede ser razonable invertir USD \$5,000 en análisis de aceite para predecir una falla en la máquina. Por lo tanto, si el costo total de cada muestra de aceite tomada es de aproximadamente USD \$50, puede estar dispuesto a tomar muestras al menos 100 veces dentro del tiempo medio entre fallas estimado. Si existe un riesgo de seguridad como resultado de la falla de un componente, el precio que estaría dispuesto a invertir para identificar un modo de falla puede ser mucho mayor e incluso podría exceder el punto de equilibrio inicial.

El siguiente paso es tener en cuenta el entorno, el historial de fallas de la máquina, el tipo de componente, la antigüedad de los componentes, etc. ¿Qué posibilidades hay de que las zonas de lubricación internas de la máquina estén expuestas a la contaminación? ¿Se ha instalado la máquina recientemente o se está acercando al fin de su vida de diseño? ¿Qué tan rápido podría una causa raíz conocida conducir a una falla catastrófica?

La predicción de una falla con el análisis de aceite significa tener la oportunidad de identificar las causas raíz o el modo de falla en algún punto dentro del período de desarrollo de la falla (PDF). El PDF es el tiempo entre el inicio de la falla, por ejemplo, la primera vez que se detectaron las partículas de desgaste, hasta el momento en que se produce la falla funcional (falla completa del rodamiento).

Cómo determinar la frecuencia de muestreo

Análisis de lubricantes



En el transcurso de este desarrollo de la falla, la detectabilidad aumenta mientras que los ahorros potenciales de la remediación disminuyen. Por lo tanto, para reducir los costos de remediación de una falla inminente, debe muestrear y analizar el aceite al inicio del PDF. A menos que tenga suerte, solo puede esperar lograr esto tomando las muestras a una frecuencia mayor que el PDF.

El PDF puede ser desde unos pocos meses hasta unas pocas horas. Teniendo en cuenta que sería demasiado costoso muestrear a cada hora y poco útil muestrear después de varios meses, la frecuencia ideal puede estar en algún punto intermedio y puede fluctuar a medida que cambia el perfil de riesgo.

Las preguntas anteriores deberían ser útiles al evaluar el perfil de riesgo. No solo pueden ayudar a estimar el factor de criticidad de la máquina (consecuencia de la falla) sino también el factor de ocurrencia de la falla (la probabilidad de falla). Al calcular esto con una matriz de riesgo, se puede utilizar la criticidad global de la máquina resultante para identificar la frecuencia de muestreo adecuada.



Análisis de grasa: Herramienta del mantenimiento proactivo y para la detección temprana de fallas

Tomar muestras de aceite en forma regular como parte de una estrategia de mantenimiento se ha convertido en la nueva tendencia. Los aceites se analizan con respecto a su salud, la posible contaminación y el desgaste. Los resultados y evaluaciones de laboratorio efectuadas por los experimentados ingenieros pueden apoyar en la identificación de una próxima falla de los componentes, comprobar si las acciones de mantenimiento, como la filtración o la deshidratación trabajan adecuadamente y ayudar a establecer los intervalos de cambio de aceite basados en su condición.

Cuando se trata de grasas, la historia es otra. En el pasado, el monitoreo de la tendencia de la condición de la grasa no era una práctica común, aun cuando la mayoría de los rodamientos instalados están lubricados con grasa y tienen un gran impacto sobre la confiabilidad de la maquinaria. Sin embargo, parece que se está presentando un cambio en la filosofía con una tendencia cada vez mayor hacia el análisis rutinario de la grasa, motivado por los problemas técnicos sufridos y observando las experiencias positivas obtenidas a través de los programas de análisis de aceite.

Además, ha habido muchos ejemplos en campo en que el análisis de grasa ha demostrado proporcionar información importante sobre la grasa, incluyendo el desgaste, la contaminación, la consistencia, el sangrado y el estado del aceite básico y los aditivos.

Dado que las propiedades de la grasa a menudo cambian de manera significativa durante la operación, y que la información de la contaminación y el desgaste se concentra en un volumen relativamente pequeño, que no está afectado por filtración o diluido en un enorme depósito de aceite, el análisis de grasa puede ser una muy eficaz herramienta del monitoreo de condición. En muchos casos, el análisis de grasa se efectuó sólo después de que ocurrió un daño o un accidente, sin embargo, los análisis de tendencia de las muestras de grasa han demostrado que es posible identificar problemas con la grasa o en los rodamientos con suficiente anticipación mediante un buen programa de análisis de grasa.

La técnica de muestreo apropiada

Para obtener una muestra de grasa representativa, se requiere de una técnica de muestreo apropiada. Obviamente, es mucho más difícil tomar una muestra representativa de grasa de un rodamiento que tomar una muestra de aceite.

Para tomar una muestra de grasa, retire el tornillo de inspección del cojinete o quite el tapón del puerto de purga del rodamiento. Corte un tramo de manguera de muestreo de una longitud apropiada para que se introduzca en el alojamiento del rodamiento y llegue a un área adecuada para tomar una muestra representativa. Acople un extremo de la manguera de muestreo a una jeringa limpia e inserte el otro extremo en el alojamiento del rodamiento. Utilice la jeringa para succionar la grasa usada hacia la manguera de muestreo (por lo menos 1 centímetro).

Para algunas aplicaciones, puede ser necesario repetir el procedimiento en diferentes puntos de muestreo para el mismo rodamiento. Es suficiente con aproximadamente un gramo de grasa para efectuar el análisis. Asegúrese de observar cambios de color para evitar tomar grasa fresca muy cerca al punto de re-engrase.

Para el análisis de tendencia, las muestras deben tomarse siempre en los mismos puntos. Debe enviarse también una muestra de grasa nueva (línea de base) como referencia para todos los análisis que se efectúen a futuro.



Análisis de elementos

Las muestras de grasa pueden analizarse por espectrometría de emisión atómica (AES) de acuerdo con el método Rotrode. Pueden evaluarse hasta 21 elementos para obtener información con respecto al desgaste, contaminación y aditivos. Algunos de ellos son:

- **Metales de desgaste (hierro, cromo, estaño, plomo, níquel, aluminio, molibdeno y zinc)**
- **Elementos de contaminación (silicio, calcio, sodio, potasio y aluminio)**
- **Aditivos o espesantes (magnesio, calcio, fósforo, zinc, bario, silicio, aluminio, molibdeno y boro)**

De especial interés para diagnosticar la condición de un rodamiento o grasa, es la cantidad de hierro o cromo, que están presentes como partículas de desgaste del material del rodamiento. Los materiales no-ferrosos, como el cobre y estaño, indican desgaste abrasivo o corrosivo de la jaula del rodamiento. Si hay polvo presente (silicio, calcio, aluminio) o agua de mar (sodio, potasio, magnesio), esta información puede ayudar a determinar la razón de la presencia de los metales de desgaste. La cantidad de elementos del jabón metálico, o una comparación del contenido de aditivo entre la grasa nueva y la usada, también pueden revelar si se está empleando la grasa correcta.

Cuantificador de partícula

El cuantificador de partículas ferrosas (Índice PQ) se especializa en la determinación de todas las partículas ferromagnéticas. El índice puede tener un valor entre 0 y 9,999, y caracteriza las partículas de hierro presentes en la muestra, independientemente del tamaño de la partícula. Como las partículas de herrumbre no son magnéticas, no se miden.

La prueba del índice PQ se basa en el principio de que el hierro (y las partículas de desgaste de hierro) es magnético y puede detectarse con un imán. Si la grasa contiene partículas de desgaste ferromagnéticas, se distorsiona un campo magnético, el cual puede medirse.

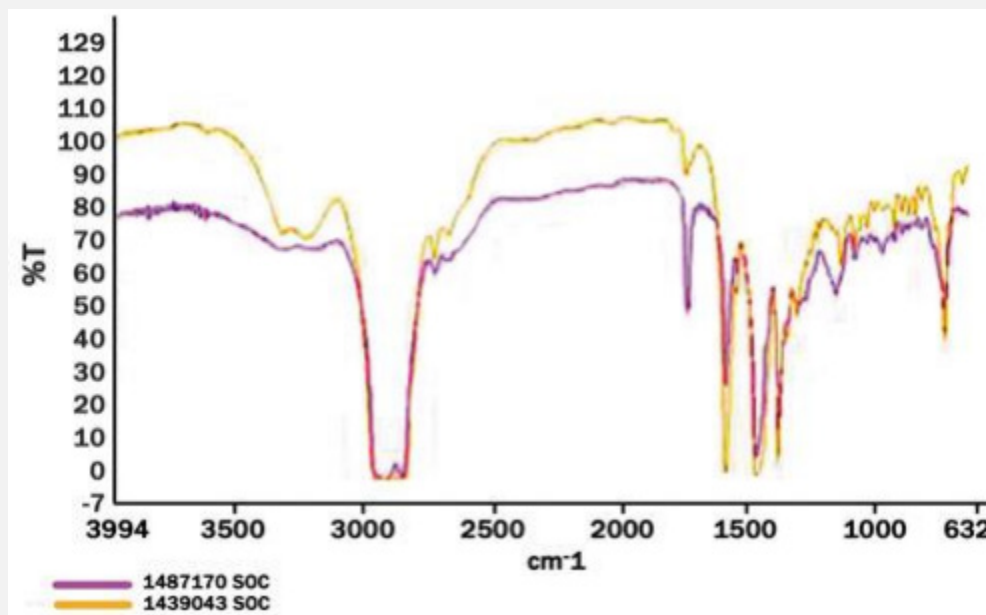
Recuerde que el índice PQ proporciona el contenido total de partículas magnéticas de desgaste. Contrario a la información de desgaste de hierro que puede determinarse por AES, el índice PQ brinda información de todas las partículas de hierro. Al usar AES para analizar muestras de grasa, sólo pueden detectarse partículas menores a 5 micrones, ya que las partículas más grandes no pueden ser excitadas.

Condición de la grasa por FTIR

La espectrometría infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR) identifica el tipo de aceite básico y espesante en la grasa usada. Comparando la grasa nueva de referencia contra la muestra de grasa usada, puede determinarse el agotamiento de aditivos o la contaminación con otro tipo de grasa.

A diferencia del análisis espectrométrico de aceite con FTIR, la medición e interpretación del espectro del lubricante es más complejo. Los compuestos del espesante, especialmente, pueden ser muy dominantes en importantes áreas del espectro, que normalmente se emplean para calcular el contenido de agua o la oxidación.

La espectrometría FTIR se basa en el principio de que las moléculas presentes en un lubricante pueden absorber luz infrarroja a longitudes de onda características, dependiendo de su estructura química. Los cambios en la grasa usada, comparándola con el espectro de referencia de la grasa nueva, se calculan en los picos típicos a números de onda predefinidos y que se interpretan como oxidación, agua, etc..



Un espectro FTIR puede brindar información respecto a la contaminación y cualquier cambio en una muestra de grasa.

Una muy pequeña muestra de grasa (menos de 0.1 gramo) se coloca en una celda de reflectancia total atenuada (ATR). En la zona de contacto, la muestra de grasa será expuesta a una luz infrarroja. Un espectro infrarrojo mostrando la absorbancia de la luz infrarroja en el número de onda correspondiente se registrará e interpretará.

El espectro infrarrojo de una muestra de lubricante brinda información respecto a la contaminación y cualquier cambio en comparación con el espectro de referencia. Por una sustracción de espectros entre la grasa nueva y la grasa usada, el método FTIR indica qué tipo de grasa desconocida se está utilizando. Además, en muchos casos puede revelarse la mezcla de grasas diferentes. La identificación de la grasa original y el tipo de aceite básico pueden encontrarse en una biblioteca de espectros de referencia y servir de apoyo para identificar la causa de una falla.

FTIR también puede mostrar si se está empleando aceite mineral o sintético. Si se está empleando un aceite básico mineral, FTIR puede indicar si éste está oxidado porque ha estado mucho tiempo operando sin un re-engrase, o si ha trabajado a una temperatura muy elevada. Si la grasa contiene aditivos extrema presión (EP) con zinc y fósforo, puede verse la degradación del aditivo. También puede obtenerse el contenido de agua en la grasa.

Agua por Karl Fischer

Además de los contaminantes sólidos, que pueden identificarse por AES, como el silicio, calcio o aluminio, el agua es un tipo de contaminante que a menudo es causa de corrosión.

Cuando existe demasiada agua en el rodamiento, es necesario re-engrasar con intervalos más cortos. Desafortunadamente, determinar la cantidad de agua en la grasa no es tan fácil como en una muestra de aceite.

Para la determinación de agua por el método de Karl Fischer, se coloca una pequeña cantidad de grasa (aproximadamente 0.3 gramos) en un vial de vidrio y se sella con una cubierta séptica. La muestra se calienta en un pequeño horno aproximadamente a 120 °C.

El vapor de agua que se libera se transfiere por nitrógeno a un recipiente de titulación en el que tiene lugar una reacción electrolítica entre el agua y el reactivo Karl Fischer. Se registra una curva de titulación y se identifica con precisión el contenido de agua.

PRUEBA	ROTOR	ÁLABES	GEN.	RUTINA	FALLA
AES	■	■	■	■	■
Índice PQ	■	■	■	■	■
FTIR	■	■	■	■	■
Agua K. F.	■	■	■	■	■
Sangrado	■		■	■	■
Penetración	■			■	■
Ruler			■		■
NZ			■		■
Extracción Soxhlet	■	■			■
Viscosidad dinámica			■	■	■
Cenizas sulfatadas	■	■			■
VKA cuatro bolas	■	■	■		■
Separación aceite	■		■		■
Punto de goteo					■
Corrosión al cobre			■		■

Pruebas para el análisis de grasas

Si el resultado del contenido de agua de acuerdo con el método de Karl Fischer se compara con el análisis de elementos por AES, puede determinarse si el agua en la muestra es “dura” o agua de mar, la cual contiene minerales como sodio o potasio, o si es agua suave, como el agua condensada del ambiente o de lluvia. Si en la muestra de grasa usada se encuentran sodio, potasio, calcio o magnesio, pero no en la grasa nueva, es probable que la razón sea la presencia de agua “dura”. Comparando estas dos pruebas, AES y Karl Fischer, se puede saber si el agua presente en la muestra de grasa proviene del proceso de producción

Pruebas adicionales

Además de las pruebas descritas anteriormente, las cuales deben ser el requerimiento mínimo para el análisis de grasas, hay lugar para efectuar otras pruebas. La tabla 1 enlista la mayoría de esas pruebas adicionales. Tenga en mente que una investigación de falla después de que se ha presentado un daño, requiere de un análisis más complejo, y que no todas las pruebas están diseñadas para efectuarlas rutinariamente.

En síntesis, el análisis de grasa ha demostrado ser una útil herramienta para evaluar la condición de la grasa y del rodamiento. Diferentes situaciones y factores que influyen en el desgaste, contaminación y condición de la grasa, han mostrado complejas coherencias entre los resultados del análisis de la grasa y su significado práctico. Esto lleva a la conclusión de que al observar e interpretar esos factores con conocimiento experto, se permite que las estrategias de mantenimiento proactivo sean aplicadas razonablemente en componentes lubricados por grasa.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/ensayos-para-muestras-de-grasa-en-servicio/>



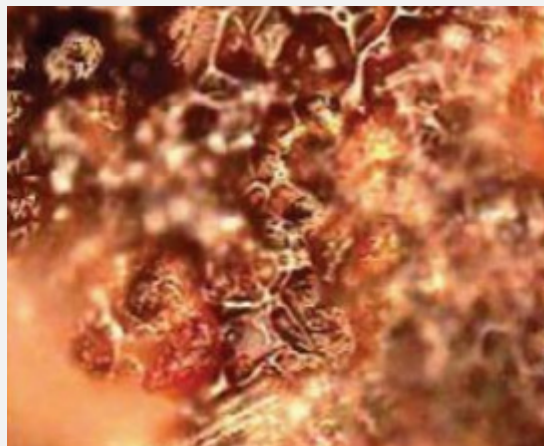
Determinando la causa de la degradación del lubricante

¿Cuál podría ser la causa de que nuestro lubricante se degrade tan rápidamente?

Existen muchas causas que pueden dar como resultado la degradación de su lubricante. Las causas más comunes son la oxidación, la descomposición térmica, el micro-dieseling, el agotamiento de aditivos y la contaminación.

Oxidación

La oxidación es la reacción de las moléculas del lubricante con el oxígeno. Puede conducir a un aumento en la viscosidad y a la formación de barniz, lodo y sedimentos. También puede resultar en agotamiento de aditivos y en una degradación de la base lubricante. Una vez que un lubricante comienza a oxidarse, podrá ver un incremento en el número ácido (AN). Además, la oxidación puede generar herrumbre y corrosión en la máquina.



Descomposición térmica

La temperatura del lubricante debería ser nuestra principal preocupación. Además de separar las superficies en movimiento dentro de la maquinaria, el lubricante también debe disipar el calor. Esto significa que el lubricante podrá y será calentado por encima de su rango de temperatura recomendada. La regla de la tasa de Arrhenius indica que por cada 10 °C (50 °F) de incremento en la temperatura, la velocidad de una reacción química se duplica. Dicho en otras palabras, por cada 10 °C de incremento en la temperatura de su lubricante, la vida útil del mismo se reduce a la mitad. Mantener el aceite lo más frío posible mientras se encuentre en operación, extenderá su vida útil y reducirá la reacción de descomposición térmica.

Micro-dieseling

El micro-dieseling, también conocido como descomposición térmica (degradación) inducida por presión, es un proceso por el cual una burbuja de aire pasa de una zona de baja presión en un sistema a una zona de alta presión. Esto es sumamente común en sistemas hidráulicos. El micro-dieseling resulta en una compresión adiabática de la burbuja de aire dentro del lubricante. El calor generado por esta compresión prácticamente quema las moléculas de lubricante circundantes, ocasionando su degradación instantánea.

Agotamiento de aditivos

La mayoría de los paquetes de aditivos en el lubricante están diseñados para ser sacrificados y utilizados durante la vida útil del lubricante. Es importante utilizar el análisis de lubricante para monitorear los niveles de los aditivos, no sólo para evaluar la salud del lubricante, sino también para proporcionar pistas sobre qué está ocasionando su agotamiento.

Contaminación

La contaminación con tierra, agua, aire, etc., puede influir enormemente en la tasa de degradación del lubricante. La tierra que contiene partículas finas de metal puede ser un catalizador que inicie y acelere el proceso de degradación del lubricante. El aire y el agua pueden proporcionar una fuente de oxígeno que reaccione con el lubricante y conduzca a su oxidación. Una vez más, el análisis del lubricante puede ser muy útil para el monitoreo de los niveles de contaminación del lubricante.



Identificando las etapas de la oxidación del aceite

Los lubricantes se envejecen y alteran químicamente por un proceso llamado oxidación. De hecho, la oxidación es el principal mecanismo por el cual el lubricante se degrada en el tiempo bajo condiciones normales de operación. Típicamente es el resultado del deterioro de las propiedades físicas y químicas del aceite básico y de los aditivos. Entender cómo un lubricante se oxida es esencial para prevenir, retardar y monitorear el proceso.

A medida que el aceite es utilizado en una máquina, se produce el proceso de oxidación, que típicamente comienza con el agotamiento de los aditivos antioxidantes. Si las condiciones que producen este estrés sobre el lubricante permanecen sin cambios, los aditivos se agotarán casi en una forma lineal. Esto comúnmente se conoce como el periodo de inducción. Cuando en gran parte los inhibidores de oxidación se han agotado, se alcanza el punto de quiebre del lubricante, momento en el cual el lubricante ha perdido su primera línea de defensa contra la oxidación.

Algunas bases lubricantes son muy robustas y resisten la oxidación de forma natural. Aquí se incluyen la mayoría de los sintéticos. Sin embargo, si la exposición a compuestos prooxidantes como una alta temperatura, la humedad, las partículas metálicas, la agitación y el oxígeno es bastante severa, aún los sintéticos más robustos darán lugar a la oxidación.

El proceso de oxidación tiene el potencial de presentarse casi espontáneamente, aun en un aceite almacenado en su contenedor. Sin embargo, la velocidad con que los aditivos se agotan y se oxida la base lubricante generalmente se correlaciona con la intensidad de los pro-oxidantes que existen en el aceite. Finalmente, las consecuencias de este proceso químico incluirán un incremento en la viscosidad del aceite y en los ácidos orgánicos; la formación de lodos, barniz y depósitos; agotamiento de aditivos (incluyendo antidesgaste, dispersantes, inhibidores de corrosión, etc.); y la pérdida de otras propiedades vitales para el desempeño del aceite. Una vez que se presentan estas condiciones indeseables en el aceite, la máquina no estará protegida efectivamente contra la fricción, el desgaste y la corrosión.

Una revisión de la oxidación

La oxidación es una serie de complejas reacciones en cadena. Para entender mejor el proceso, siga el ejemplo de la gráfica 1, donde se explica cada elemento.

El proceso de oxidación consiste en tres etapas clave: iniciación, propagación y terminación.

La etapa de iniciación describe el mecanismo mediante el cual los componentes del lubricante se combinan químicamente con uno más catalizadores para producir radicales libres (los radicales libres son moléculas altamente reactivas que intentan encontrar otras moléculas para combinarse y crear nuevos productos).

La propagación se refiere a la complejidad de reacciones adicionales de varios tipos de radicales libres y catalizadores que dan como resultado la producción de más radicales libres y compuestos oxigenados.

La terminación involucra la eventual finalización del proceso de oxidación, ya sea esta negativa o positivamente. Si es negativa, los antioxidantes se han agotado y el proceso de oxidación continuará. Si es positiva, los antioxidantes posiblemente han detenido el progreso de la oxidación. Tenga presente que los antioxidantes son sacrificables, lo que significa que ellos comienzan a degradarse a medida que hacen su trabajo. De ahí que el efecto positivo de los antioxidantes se acabará, mientras que el proceso de oxidación total no.

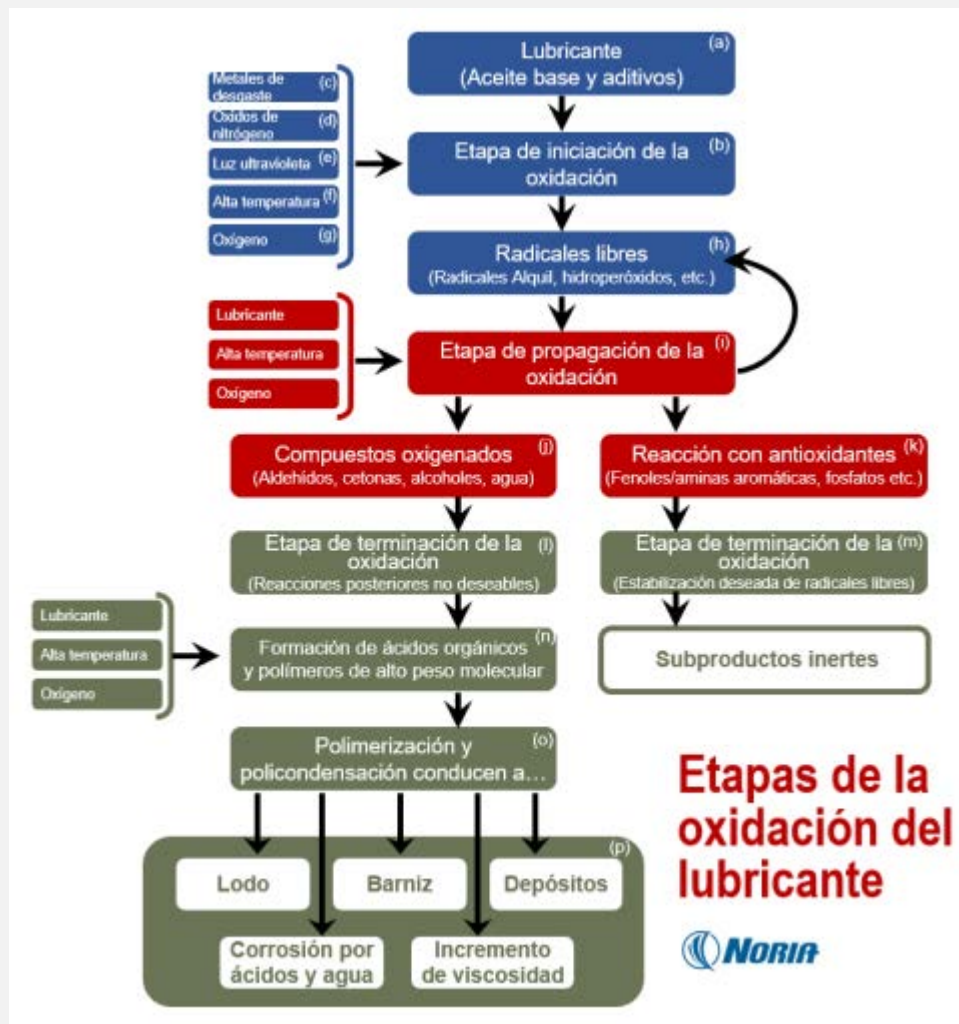


Figura 1 – Etapas de la oxidación del lubricante

Etapas de la oxidación

El lubricante (a), que es una formulación de bases lubricantes y aditivos, está sujeto en algún momento a condiciones y catalizadores que permiten que inicie de la oxidación. Tanto la base lubricante como los aditivos actúan contra el proceso de oxidación y están eventualmente sujetos a degradarse.

Durante la etapa de iniciación (b), las moléculas de la base lubricante reaccionan con varios catalizadores, conduciendo a la formación de radicales libres. Una vez que esto ha ocurrido, se da inicio a una secuencia de oxidación que continua mientras existe el progreso de los radicales libres hacia la etapa de propagación.

Los metales de desgaste (c), tienen el potencial para causar o acelerar las reacciones de oxidación por medio de iones metálicos de cobre, cobalto, cromo, hierro y otros metales de transición. De esta forma, la oxidación no solo tiene la habilidad de crear partículas de desgaste, sino que estas partículas pueden dar origen a otro ciclo para promover procesos de oxidación adicionales.

Los óxidos de nitrógeno (d), como el dióxido de nitrógeno, el óxido nítrico y óxidos nitrosos son otra forma de pro-oxidantes que catalizan las reacciones de oxidación.

La radiación ultravioleta (e), en forma de luz solar, puede dar inicio a reacciones de oxidación. Esto se observa frecuentemente y a menudo explica la decoloración de un aceite nuevo.

Las elevadas temperaturas (f), promueven y algunas veces son necesarias para que se den ciertas etapas del proceso de oxidación. Cuando se combinan con partículas metálicas u oxígeno, su efecto se multiplica. Si la temperatura es baja, la reacción en cadena generalmente es lenta, pero se incrementa moderadamente por encima de los 100°C.

El oxígeno (g), es el principal catalizador de la oxidación. Está presente en el aire y en otras moléculas como el agua y es parte integral del proceso de oxidación en casi todas las etapas.

Los radicales libres (h) están entre los resultados menos deseados de las reacciones intermedias de la oxidación. Estos fragmentos moleculares altamente reactivos contienen uno o más electrones libres que están propensos a reaccionar con el hidrocarburo u otras moléculas. Algunos radicales libres existen como grupos alquil, hidroperóxido, alquiloxi, hidroxil, alquilperoxi, etc.

Una vez que estos radicales libres están presentes comienzan nuevamente a reaccionar rápidamente -proceso de propagación (i)- con los hidrocarburos y a disolver o liberar oxígeno para formar más radicales libres o compuestos oxigenados. Las altas temperaturas también juegan un papel importante para que se lleven a cabo estas reacciones a niveles más elevados. Otro ejemplo de propagación de la oxidación sería el de la reacción de los radicales peroxi con hidrocarburos para producir hidroperóxidos y más radicales alquil.

Como producto de algunas de esas reacciones en cadena durante la etapa de propagación, se forman compuestos oxigenados como aldehídos, cetonas, alcoholes y agua. Estos productos son el resultado de la reacción entre los radicales alquiloxi y el hidrocarburo.

Los alquil hidroperóxidos y los radicales alquilperoxi pueden ser neutralizados y removidos de la propagación de la oxidación cuando entran en contacto con los antioxidantes (k). La mayoría de los antioxidantes más comunes actúan rompiendo o descomponiendo las reacciones en cadena.

La oxidación se puede iniciar desfavorablemente (l) antes de la etapa de propagación cuando los compuestos oxigenados continúan reaccionando con los hidrocarburos y el oxígeno. De otra forma la oxidación puede terminar favorablemente (m) cuando se estabilizan los radicales libres. Los antioxidantes que rompen cadenas, como los fenoles y las aminas aromáticas, reaccionan con los radicales libres para formar radicales estables y productos inertes. Los antioxidantes del tipo que descomponen los peróxidos, como los fosfatos y sulfitos, reaccionan con ellos para producir alcoholes y agua.

Los compuestos oxigenados (n) reaccionarán adicionalmente con el oxígeno dando como resultados ácidos carboxílicos, ésteres y agua. Este proceso se acelera cuando está sometido a altas temperaturas. Los ácidos carboxílicos se forman en gran parte por la oxidación de los aldehídos y cetonas, que continúan mediante la abstracción de un hidrógeno alfa o hidrógeno aldehídico de las moléculas del hidrocarburo.

La policondensación y polimerización (o) de los compuestos oxigenados describe los efectos de la etapa final de la oxidación.

El incremento en el peso molecular de los compuestos se traduce en formación de lodos, barniz y depósitos. No solo se forman estos productos insolubles, sino que los ácidos orgánicos corroen las superficies juntamente con el agua. La mayoría de los aditivos también se ven afectados negativamente ya que al mismo tiempo forman parte de la aglomeración de depósitos. A medida que los aldehídos y las cetonas se incrementan en el lubricante por las reacciones de condensación, la viscosidad aparente del aceite comenzará a aumentar.

Los productos oxidados e insolubles (p) como el lodo y los depósitos son significativamente diferente a las moléculas que constituyen la mayor parte del lubricante. El lodo es la acumulación de insolubles, mientras que los depósitos son insolubles que se adhieren a la superficie metálica. Si los aditivos anticorrosivos se agotan, el agua y los ácidos promoverán la corrosión, lo cual es un subproducto de la oxidación.

En conclusión, los contaminantes como el agua, el oxígeno y las partículas metálicas tienen graves consecuencias sobre las máquinas y los lubricantes. Los antioxidantes pueden ayudar sustancialmente, pero eventualmente se agotarán durante el período de inducción.

Para que su lubricante dure más y sus máquinas operen por más tiempo, usted debe entender cómo se produce la oxidación.



Cómo la temperatura impacta la condición del lubricante

"Si un aceite con una viscosidad de 680 cSt a 40°C (ISO VG 680) está a una temperatura de 60°C y la temperatura en el cojinete plano es de 88°C, ¿se afectará la condición del aceite o este puede soportar esta temperatura?

La temperatura afecta muchos aspectos en el ámbito de la confiabilidad de la maquinaria. A elevadas temperaturas, la viscosidad del aceite disminuye, la película lubricante se adelgaza, se aceleran las condiciones de abrasión y desgaste, el aceite se envejece rápidamente, los aditivos se agotan más rápido, se acelera la corrosión y la formación de lodo y barniz. Estos son sólo algunos de los efectos secundarios que puede sufrir un aceite operando a alta temperatura, y que juegan un papel muy importante en la salud de la máquina y del lubricante.

La relación entre la temperatura y la velocidad de la reacción química (oxidación o envejecimiento del aceite) fue planteada por Svante Arrhenius a finales del siglo 19. De acuerdo a la regla de Arrhenius, el lubricante se degrada dos veces más rápido por cada 10°C de incremento en la temperatura después de que se ha alcanzado la temperatura de activación de la base. Esta regla también puede indicar que, si la temperatura del aceite se reduce en 10°C, la velocidad de oxidación se reduce a la mitad, por lo que se podría esperar que la vida del aceite se duplicase.



La viscosidad es la propiedad más importante de un lubricante, y todo el mundo sabe que un cambio en la temperatura produce un cambio en la viscosidad. Sin embargo, pocas personas se dan cuenta del verdadero efecto que esto tiene. En la pregunta inicial, se menciona una diferencia de 18°C. Esta diferencia de temperatura genera una caída en la viscosidad de 71 por ciento, teniendo en cuenta que el lubricante es un aceite hecho con bases lubricantes minerales con un índice de viscosidad de 95. Este descenso en la viscosidad tiene un efecto sorprendente en la resistencia de película y en la habilidad del lubricante para mantener al cojinete plano operando más allá de una condición límite (contacto metal-metal).

La selección y uso de un aceite ISO VG 680 en un cojinete plano no es lo más común. En esta aplicación tendría que estar operando a muy baja velocidad o a muy altas cargas para justificar el uso de un aceite con tan elevada viscosidad. Por ejemplo, si el eje tuviese un diámetro de 30 cm y un ancho de 30 cm, y operase a una velocidad de 900 rpm y a la temperatura indicada de 88°C, la viscosidad requerida a esta temperatura sería de 15.8 cSt. El aceite ISO VG 680, a esa temperatura de 88°C, tendría una viscosidad de 59.38 cSt, la cual luce excesiva y las consecuencias pueden resultar en generación de calor y alto consumo de energía por la fricción interna del fluido.

Por lo tanto, elevando la temperatura a 88°C, se afectará la condición del lubricante. Sin embargo, la causa raíz del problema será la incorrecta selección del lubricante. En este caso, resultó muy sencilla su detección.



Diez cosas que debe saber sobre 40el barniz

"La contaminación con barniz es un problema común en las turbinas a gas. ¿Tiene este tipo de contaminante propiedades polares? Existen muchos casos de estudio donde se analiza la contaminación con barniz, sus causas y cómo remediarlo. En la mayoría de esos casos de estudio, las propiedades polares del barniz han sido aceptadas como un hecho, pero nuestras investigaciones y experimentos no apoyan este concepto. ¿Cuál es su opinión al respecto?

En general, se sabe que el barniz tiene propiedades polares. Sin embargo, también posee componentes no polares. No es fácil de definir, dado que no existe un solo tipo. Muchas cosas afectan el tipo de barniz que se forma, incluyendo condiciones de operación, tipo de aceite y el medio ambiente



En lugar de intentar especificar parámetros específicos de las propiedades del barniz, a continuación, se mencionan 10 cosas que deben comprenderse sobre el barniz, en lo que se refiere a la lubricación.

1. La formación de barniz puede comenzar con la oxidación y la polimerización del lubricante y otros fluidos por la degradación térmica inducida por la presión y el autoencendido. Las figuras 1 y 2 ilustran los mecanismos principales de la formación de barniz. Aunque hay otras causas, estas son las más importantes.
2. El barniz típicamente tiene un tamaño por debajo de un micrón y consiste principalmente de un óxido pegajoso y material carbónico. Sus constituyentes provienen de compuestos termo-oxidativos de las moléculas de la base lubricante y de los aditivos, así como también de metales de desgaste y contaminantes como el polvo y la humedad.
3. La formación de barniz y lodos es el resultado de la precipitación de óxidos insolubles de alto peso molecular procedentes de la degradación del aceite. Como son sustancias principalmente polares, estos óxidos tienen una solubilidad limitada en bases lubricantes no polares, como las usadas en los aceites de turbinas.
4. Esto crea una película delgada e insoluble que cubre el interior de las superficies de la máquina, causando pegamiento y funcionamiento incorrecto de las partes en movimiento con tolerancias pequeñas, como las servo-válvulas.
5. La apariencia del barniz en los componentes al interior de la máquina, puede pasar de un color bronceado al de un material oscuro, como una laca.

6. El barniz también puede ser causado por burbujas de aire atrapado que sufren una compresión adiabática en zonas de alta carga, Figura 3. Estas burbujas son comprimidas rápidamente, ocasionando una descomposición térmica del aceite y de sus aditivos.

7. Durante la etapa inicial de la oxidación y de la formación de subproductos de oxidación, las bases lubricantes Grupo II son más resistentes. Sin embargo, a medida en que se forman más compuestos de oxidación, estas bases lubricantes son más susceptibles a problemas de barniz debido a su alta polaridad.

8. Algunas condiciones de operación, como zonas de alta presión diferencial, largos tiempos de residencia, y contaminación con agua, pueden promover la oxidación.

9. Además del oscurecimiento del aceite, el potencial de barniz puede ser monitoreado visualmente reconociendo cualquier residuo, carbón o material con apariencia pegajosa en las mirillas de nivel, superficies internas de la máquina, medias filtrantes y centrifugas.

10. El potencial de barniz puede ser monitoreado a través del análisis del lubricante utilizando la espectrometría infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR), de la prueba en ultracentrífuga, del análisis colorimétrico, el análisis gravimétrico y la colorimetría de membrana (MPC).

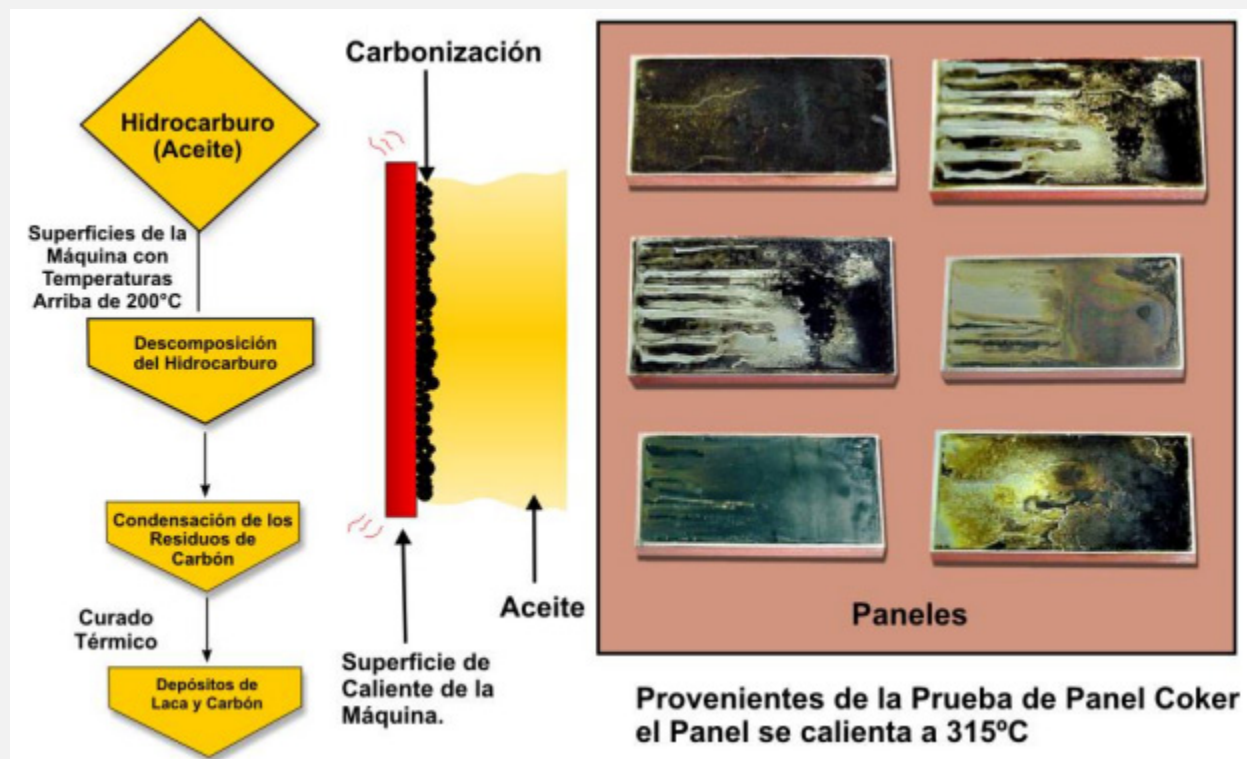


Figura 1. Degradación térmica de la superficie y carbonización

Diez cosas que debe saber sobre el barniz

Análisis de lubricantes

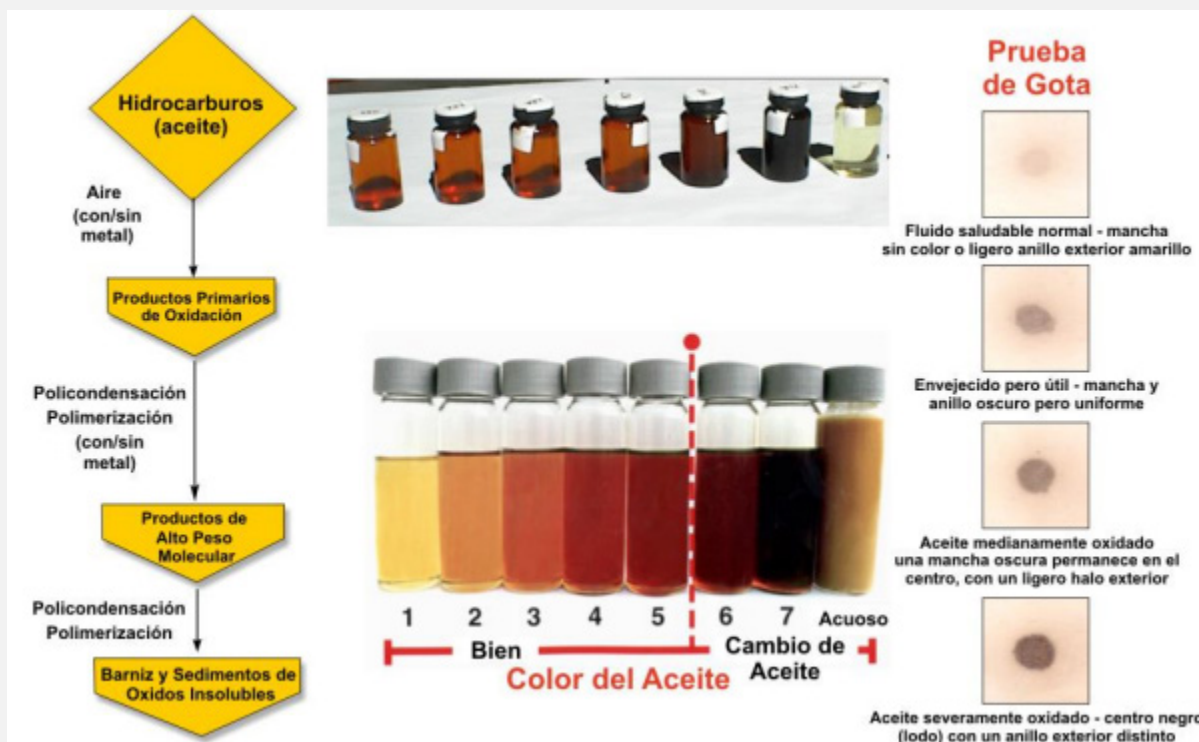


Figura 2. Barniz inducido por oxidación

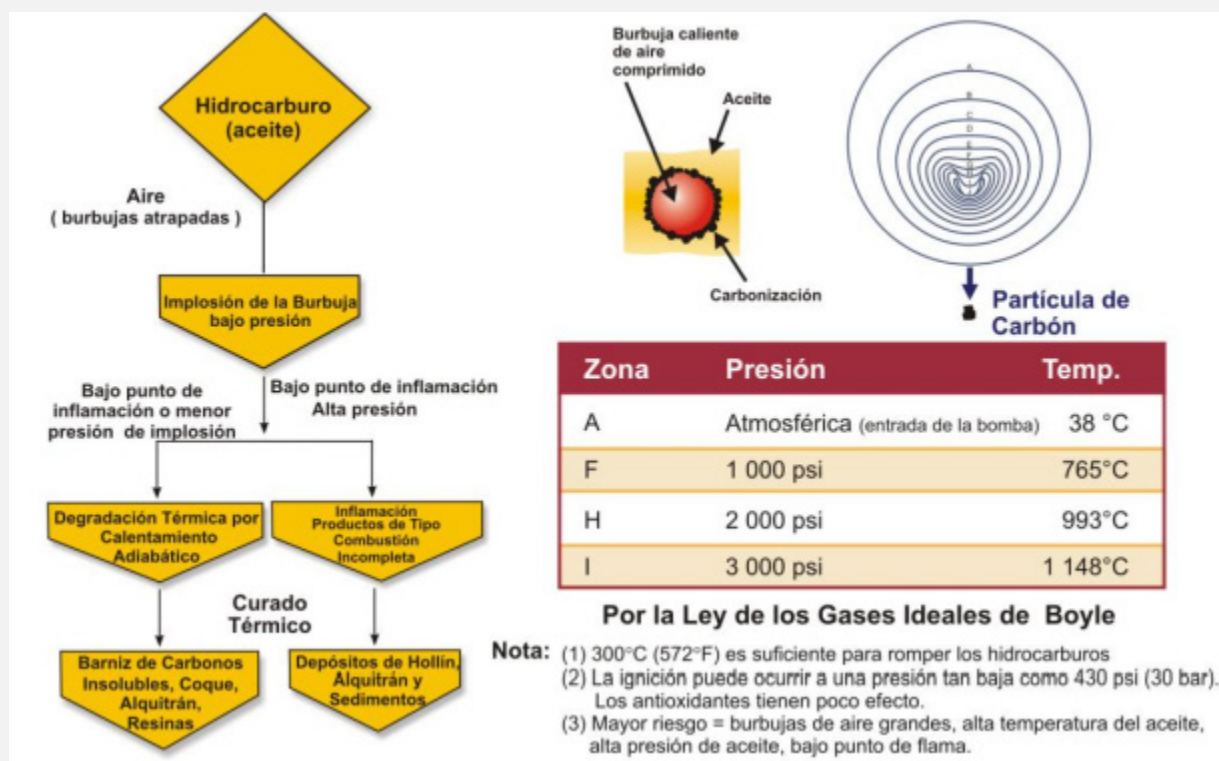


Figura 3. Barniz inducido por compresión adiabática y autoignición



¿Qué es viscosidad absoluta y qué es viscosidad cinemática?

De todos los ensayos para aceites en uso, ninguno brinda mejor repetitividad o consistencia que la viscosidad. De igual forma, no hay propiedad más crítica para la lubricación efectiva de un componente que la viscosidad del aceite base. Sin embargo, hay más acerca de la viscosidad de lo que se ve a simple vista. La viscosidad puede medirse y reportarse como dinámica (absoluta) o como cinemática. Las dos son fácilmente confundibles, pero son significativamente diferentes.

La mayoría de los laboratorios de análisis de aceite miden y reportan la viscosidad cinemática. En contraste, la mayoría de los viscosímetros en sitio miden la viscosidad absoluta, pero por lo general están programados para estimar y reportar la viscosidad cinemática, por lo que las mediciones de viscosidad reportadas reflejan números cinemáticos reportados por la mayoría de los laboratorios y fabricantes de lubricantes.

Dada la importancia del análisis de la viscosidad, aunada a la creciente popularidad de los instrumentos para el análisis de aceite en sitio para empleados para su análisis y sustitución de los laboratorios externos de análisis de aceite, es esencial que los analistas de lubricante comprenda la diferencia entre las mediciones de viscosidad absoluta y cinemática.

Dicho en forma simple, la viscosidad es la resistencia de un fluido a fluir (esfuerzo de corte) a una temperatura dada. En ocasiones erróneamente se le define como el grosor (o peso). La viscosidad no es una medida dimensional, por lo que llamar a un aceite altamente viscoso como grueso y a un aceite menos viscoso como delgado es una malinterpretación. De igual forma, el reportar la viscosidad para propósitos de tendencia sin hacer referencia a la temperatura no tiene sentido. Típicamente, la viscosidad se reporta a 40°C y/o 100°C o en ambas si se requiere determinar el índice de viscosidad.

Determinación de la viscosidad

Se emplean varias unidades de ingeniería para expresar la viscosidad, pero la más común, por mucho, es el centistoke (cSt) para la viscosidad cinemática y el centipoise (cP) para la viscosidad dinámica (absoluta). La viscosidad cinemática en cSt a 40°C es la base para el sistema de clasificación de viscosidad cinemática ISO 3448, que es el estándar internacional. Hay otros sistemas para clasificar la viscosidad cinemática como Segundos Saybolt Universal (SSU) y el sistema de clasificación SAE, que miden la viscosidad en cSt ya sea a 40°C o a 100°C.

La viscosidad cinemática tradicionalmente se mide observando el tiempo que le toma al aceite para pasar a través del orificio de un capilar bajo la fuerza de gravedad (figura 1). El orificio del viscosímetro cinemático genera una resistencia fija al flujo. Se emplean capilares de diferentes diámetros para fluidos de diferente viscosidad. El tiempo que le toma al fluido para fluir a través del capilar se convierte directamente a viscosidad cinemática empleando una constante simple de calibración propia de cada tubo. El procedimiento dominante para efectuar las mediciones de viscosidad cinemática es el ASTM D445, a menudo modificado por los laboratorios de análisis de aceite para ahorrar tiempo y hacer más eficiente el ensayo.

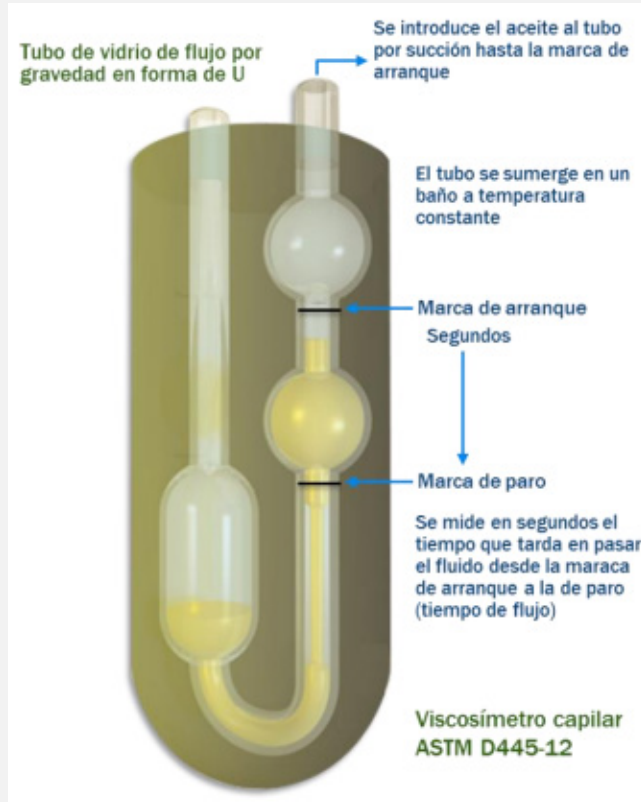


Figura 1. Viscosímetro capilar Tubo en U

La viscosidad absoluta se mide como la resistencia al flujo cuando una fuerza externa y controlada (bomba, aire comprimido, etc.) empuja al aceite a través de un capilar (ASTM D4624), o un cuerpo es forzado en medio del fluido por una fuerza externa controlada, como un husillo o paleta impulsados por un motor. En cada caso, se mide la resistencia al flujo (o esfuerzo de corte) como una función de la fuerza de entrada, la cual refleja la resistencia interna de la muestra hacia la fuerza aplicada, o su viscosidad dinámica. Hay varios tipos de viscosímetros absolutos.

El método rotatorio Brookfield mostrado en la figura 2 es el más común. La medición de la viscosidad absoluta en el campo de la lubricación de maquinaria se ha empleado históricamente para investigaciones, control de calidad y análisis de grasa.

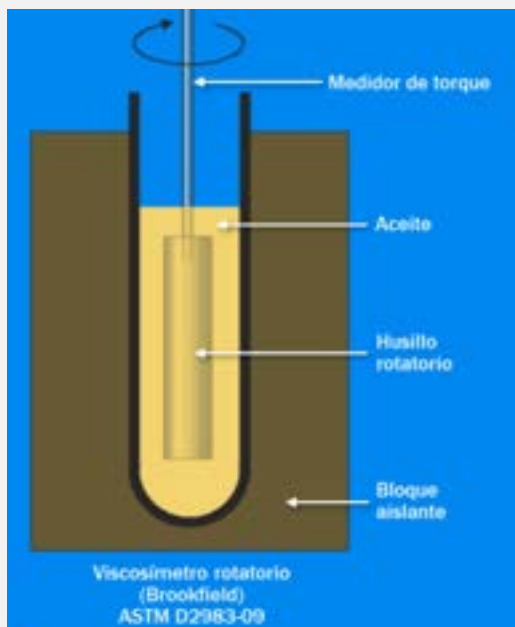


Figura 2. Viscosímetro rotatorio ASTM D2983

El procedimiento para analizar la viscosidad absoluta en el laboratorio por el método tradicional Brookfield está normado por ASTM D2983, D6080 y algunos otros. Sin embargo, la viscosidad absoluta en el campo del análisis de aceite usado está volviéndose más popular debido a que los viscosímetros en sitio actualmente en el mercado miden viscosidad absoluta, no cinemática. Los proveedores de viscosímetros absolutos en sitio son Cambridge, Kittiwake, CSI, Spectro y Entek.

En general, la viscosidad cinemática (cSt) está relacionada con la viscosidad absoluta (cP) en función de la densidad relativa del fluido, de acuerdo con las ecuaciones en la figura 3.

$\text{Viscosidad absoluta} = \text{Viscosidad cinemática} \times \text{Densidad relativa}$	$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{\text{Viscosidad absoluta}}{\text{Densidad relativa}}$

Figura 3. Ecuaciones de viscosidad

Así como se ven de simples y elegantes, esas ecuaciones son ciertas sólo para los llamados fluidos Newtonianos. Además, la densidad relativa del fluido debe permanecer constante durante el periodo de análisis de tendencia. Ninguna de esas condiciones puede asumirse como constante en el análisis de aceite usado, por lo que el analista debe estar consciente de las condiciones bajo las cuales puede presentarse.

Fluidos Newtonianos vs. No-Newtonianos

Un fluido Newtoniano puede describirse como un fluido que mantiene constante su viscosidad a través de todas las tasas de corte (el esfuerzo de corte varía linealmente con la tasa de corte). Esos fluidos se llaman Newtonianos debido a que siguen la fórmula original establecida por Sir Isaac Newton en su Ley de Mecánica de Fluidos. Sin embargo, algunos fluidos no se comportan de esta manera, y son llamados fluidos No-Newtonianos. Un grupo de fluidos No-Newtonianos conocidos como tixotrópicos son de particular interés en el análisis de aceite usado debido a que la viscosidad de estos fluidos disminuye conforme aumenta la tasa de corte. La viscosidad de un fluido tixotrópico incrementa conforme decrece la tasa de corte. Con los fluidos tixotrópicos, se puede incrementar la viscosidad aparente, como en el caso de la grasa.

Un ejemplo práctico

Imagine que tiene dos frascos frente a usted, uno lleno con mayonesa y el otro lleno con miel. Asumiendo que ambos frascos están fijos con Velcro sobre la mesa, imagínese que introduce cuchillos para mantequilla idénticos dentro de cada uno de los fluidos, con el mismo ángulo y a la misma profundidad. Imagínese moviendo los cuchillos en círculos a las mismas rpm conservando la misma inclinación. ¿Cuál de los dos fluidos es más difícil de batir? Su respuesta debería ser la miel, la cual es más difícil de batir que la mayonesa. Ahora imagine que despega el velcro de los frascos y los voltea sobre su costado. ¿Cuál fluye más rápido del frasco, la miel o la mayonesa? Su respuesta debe ser la miel; la mayonesa probablemente no fluirá con sólo voltear el frasco. ¿Cuál fluido es más viscoso, la miel o la mayonesa?

Si contestó que la mayonesa, está en lo cierto... al menos parcialmente. Del mismo modo, si contestó que la miel será parcialmente correcto. La razón de la aparente anomalía es que al rotar el cuchillo en ambas sustancias, la tasa de corte varía, mientras que al voltear los frascos sobre su costado simplemente se está midiendo la resistencia estática al flujo. Debido a que la miel es un fluido Newtoniano mientras que la mayonesa es uno No-Newtoniano, la viscosidad de la mayonesa cae conforme incrementa la tasa de corte o al rotar el cuchillo dentro de ella. La agitación somete a la mayonesa en el frasco a un esfuerzo de corte, causando que ceda a la acción de la fuerza. Por el contrario, el hecho de solo recostar el frasco sobre su costado somete a la mayonesa a un bajo esfuerzo de corte, dando como resultado poco o nulo cambio en la viscosidad, por lo que tiende a permanecer en el frasco.

Uno no puede medir convencionalmente la viscosidad de un fluido No-Newtoniano. En su lugar, debe medirse la viscosidad aparente, la cual toma en cuenta la tasa de corte a la que fue hecha la medición de la viscosidad.

Así como las mediciones de viscosidad no tienen sentido a menos que se reporte la temperatura a la que se midió, las mediciones de viscosidad aparente no tienen sentido a menos que se reporten la temperatura y la tasa de corte. Por ejemplo, la viscosidad de la grasa nunca se reporta, en su lugar se reporta la viscosidad aparente de la grasa en centiPoises (cP). Nota: Puede reportarse la viscosidad del aceite base empleado en su manufactura, pero no la del producto terminado).

Un fluido No-Newtoniano está compuesto de una sustancia suspendida (pero no disuelto químicamente) en un fluido receptor. Para que esto pase, hay dos categorías básicas, emulsiones y suspensiones coloidales. Una emulsión es la coexistencia física estable de dos fluidos inmiscibles. La mayonesa es un fluido No-Newtoniano común, compuesta de huevos emulsionados en el aceite, el fluido receptor. Como la mayonesa es No-Newtoniana, su viscosidad cambia con la fuerza aplicada, haciéndola más fácil de untar. Una suspensión coloidal está compuesta de partículas sólidas suspendidas establemente en un fluido receptor. Muchas pinturas son suspensiones coloidales. Si la pintura fuese Newtoniana sería fácil de aplicar, pero escurriría si su viscosidad fuera baja, o se aplicaría con mucha dificultad y dejaría marcas de la brocha, pero no escurriría debido a su alta viscosidad. Dado que la pintura es un fluido No-Newtoniano, su viscosidad cambia bajo la fuerza de la brocha, pero regresa cuando se saca el cepillo de ella. Como resultado, la pintura se aplica con relativa facilidad, pero no deja marcas de la brocha y no escurre.

Enlazando los conceptos

La viscosidad absoluta determina el espesor de la película provista por el aceite. La viscosidad cinemática es simplemente un intento conveniente para estimar el grade del espesor de película que puede proporcionar el aceite., pero tiene menor significado si el fluido es No-Newtoniano.

Muchas formulaciones de lubricante y condiciones encontradas comúnmente producirán un fluido No-Newtoniano, entre las cuales están:

- Aditivos mejoradores de índice de viscosidad – Los aceites multigrado base mineral para motores (exceptuando los aceites base con alto índice de viscosidad) están formulados con un aditivo elástico que se compacta a baja temperatura y se expande en alta temperatura respondiendo a la solvencia del fluido. Debido a que la molécula de este aditivo es diferente de la mayoría de las moléculas del aceite, su comportamiento es similar al de un fluido No-Newtoniano.
- Contaminación con agua – El aceite y el agua libre no se mezclan, al menos químicamente. Pero bajo ciertas circunstancias, se combinarán para formar una emulsión, similar a la mayonesa discutida anteriormente. Quienquiera que haya visto aceite con apariencia como de café con crema puede atestiguar este hecho. Aunque esto puede parecer contradictorio, la contaminación con agua, cuando está emulsionada en el aceite, realmente incrementa la viscosidad cinemática.
- Sub-productos de la degradación térmica y oxidativa – Muchos subproductos de la degradación térmica y de la oxidación son insolubles, pero son transportados por el aceite en una suspensión estable. Dichos subproductos crean un comportamiento NoNewtonian-
- Hollín – Comúnmente encontrado en los motores a diésel, el hollín es una partícula que resulta en una suspensión coloidal en el aceite. El aditivo dispersante del aceite, diseñado para evitar la aglomeración y crecimiento de las partículas facilita la formación de una suspensión coloidal.

Si midiéramos la viscosidad absoluta de una de esas emulsiones o coloides comúnmente encontradas y descritas anteriormente con un viscosímetro absoluto de tasa variable (por ejemplo, ASTM D4741), la medición decrecería conforme incrementará la tasa de corte, hasta alcanzar un punto de estabilización. Si dividiéramos la viscosidad absoluta estabilizada entre la densidad relativa del fluido para estimar la viscosidad cinemática, el valor calculado diferiría del valor medido de viscosidad cinemática. Una vez más, las ecuaciones de la figura 3 aplican sólo para fluidos Newtonianos, no para los No-Newtonianos descritos arriba, razón por la que ocurre la discrepancia anterior.

Efectos de la densidad relativa

La viscosidad absoluta determina el espesor de la película provista por el aceite. La Mire una vez más las ecuaciones de la figura 3. Las viscosidades, absoluta y cinemática, de un fluido Newtoniano, están en función de la densidad relativa del fluido. Revise el aparato en la figura 1, el bulbo que contiene la muestra de aceite, la cual se libera cuando se elimina el vacío, produce un cabezal de presión que impulsa el aceite a través del tubo capilar. ¿Podríamos asumir que todos los fluidos producirán el mismo cabezal de presión? No, la presión es una función de la densidad relativa del fluido, o del peso relativo de un volumen idéntico de agua. La mayoría de los aceites lubricantes base hidrocarburo típicamente tienen una densidad relativa de 0.85 a 0.90. Sin embargo, este valor puede cambiar con el tiempo conforme el aceite se degrada o se contamina (glicol, agua y metales de desgaste, por ejemplo), lo que produce un diferencial entre las mediciones de viscosidad absoluta y cinemática.

Considere los datos presentados en la tabla 2. Cada uno de los escenarios es idéntico, y en ambos casos la viscosidad absoluta incrementa en un 10%, usualmente el límite condenatorio por cambio en la viscosidad. En el escenario A, el modesto cambio en la densidad relativa resulta en un ligero diferencial entre la viscosidad absoluta medida y la viscosidad cinemática. Este diferencial podría retardar ligeramente el disparo de la alarma de cambio de aceite, pero no provocará un gran error. Sin embargo, en el escenario B, el diferencial es mucho mayor. Aquí, la densidad relativa incrementa significativamente, lo que resulta en un incremento medido de 1.5 por ciento en la viscosidad cinemática, contra un incremento de 10 por ciento medido con un viscosímetro absoluto. Esta es una diferencia importante que puede llevar al analista a identificar la situación como no reportable. El error que se ha cometido es asumir en ambos escenarios que los fluidos permanecen Newtonianos.

Debido a las muchas posibilidades para formar fluidos No-Newtonianos, el verdadero parámetro de interés para el analista de lubricantes y técnico en lubricación debe ser la viscosidad absoluta. Esta es la que determina el espesor de la película de aceite y el grado en que estarán protegidas las superficies de los componentes.

Con fines de economía, simplicidad y el hecho de que los procedimientos de ensayos para lubricantes nuevos comúnmente sin replicados para el análisis de aceites usados, la viscosidad cinemática del aceite es típicamente el parámetro medido empleado para tendencia y toma de decisiones de lubricación. Sin embargo, en ciertos casos puede introducir errores innecesarios al determinar la viscosidad de un aceite. El problema puede reducirse a matemáticas simples. Como lo sugiere la ecuación de la figura 3, la viscosidad absoluta y cinemática están en función de la densidad relativa del aceite. Si tanto la viscosidad como la densidad relativa son dinámicas, pero sólo una es medida, ocurrirá un error, y la viscosidad cinemática no proporcionará una evaluación exacta del cambio en la viscosidad absoluta del fluido, el parámetro de interés. El tamaño del error es una función de la cantidad de cambio en el parámetro no medido, la densidad relativa.

Conclusiones importantes

Se pueden sacar las siguientes conclusiones de esta discusión de la medición de la viscosidad:

- Asumiendo que el laboratorio mide la viscosidad por métodos cinemáticos, el añadir la medición de la densidad relativa a un programa de análisis de aceite de rutina en laboratorio ayudará a eliminar esta como una variable al estimar la viscosidad absoluta a partir de la medición de la viscosidad cinemática.
- Al emplear un viscosímetro en sitio, no trate de encontrar un completo acuerdo entre los resultados del viscosímetro cinemático del laboratorio con los del instrumento en sitio. La mayoría de esos dispositivos miden viscosidad absoluta (cP) y aplican un algoritmo ahora estimar la viscosidad cinemática (cSt), con frecuencia empleando una densidad relativa constante. Considere llevar la tendencia de los resultados del viscosímetro en sitio en cP. Este es el parámetro que se está midiendo y ayuda a diferenciar la tendencia en sitio de la de los datos generados en el laboratorio con un viscosímetro cinemático.

¿Qué es viscosidad absoluta y qué es viscosidad cinemática?

Análisis de lubricantes

No trate de encontrar un perfecto acuerdo entre las mediciones de ambos viscosímetros; es fútil y no agrega valor. Mejor, busque su correlación. Siempre determine la línea de base del aceite nuevo con el mismo viscosímetro que empleará con el aceite en operación-

- Reconozca que los fluidos No-Newtonianos no proporcionan la misma protección de película para una viscosidad cinemática determinada que un fluido Newtoniano de la misma viscosidad cinemática. Debido a que la viscosidad de un fluido No-Newtoniano variará con la tasa de corte, la resistencia de la película se debilita bajo condiciones de carga y velocidad.

Esta es una de las razones por las que el agua emulsionada incrementa la tasa de desgaste en componentes como rodamientos, en donde la resistencia de película es crítica (por supuesto, el agua también causa otros mecanismos de desgaste como la cavitación vaporosa, herrumbre y fragilización por hidrógeno).

La viscosidad es una propiedad crítica de los fluidos, y su monitoreo es esencial para el análisis de aceite. Las técnicas de medición de viscosidad absoluta y cinemática pueden producir resultados muy diferentes al analizar aceites usados. Conozca los pros y los contras de la medición de la viscosidad y que entienda el comportamiento de los fluidos para que se tomen las decisiones de lubricación correctas.



Un análisis profundo de la prueba del Número Ácido

El agotamiento de los aditivos, la contaminación y la oxidación son las formas comunes de degradación del lubricante. La prueba del Número Ácido (AN) es uno de los métodos disponibles en el campo del análisis de lubricantes que se utiliza para estimar la cantidad de aditivo que se pierde, la contaminación ácida y la oxidación. El AN no mide directamente la tasa de oxidación, sólo mide sus subproductos. Llevando la tendencia del AN, también ayuda a determinar la tasa de agotamiento de ciertos aditivos. El propósito de este artículo es responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los objetivos de medir el AN?
- ¿Qué nomenclatura se está utilizando en la industria [número ácido fuerte (SAN), número ácido total (TAN), etc.]?
- ¿Qué métodos estandarizados se utilizan actualmente?
- ¿Qué métodos modificados de prueba existen y por qué?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de cada prueba (reproducibilidad, repetitividad, etc.)?
- ¿Qué hacer y qué no hacer al comparar resultados?
- ¿Cómo se lleva la tendencia de AN y cuáles son las tendencias comunes?

Una vez respondidas esas preguntas, comprenderá mejor cómo utilizar los resultados de AN.

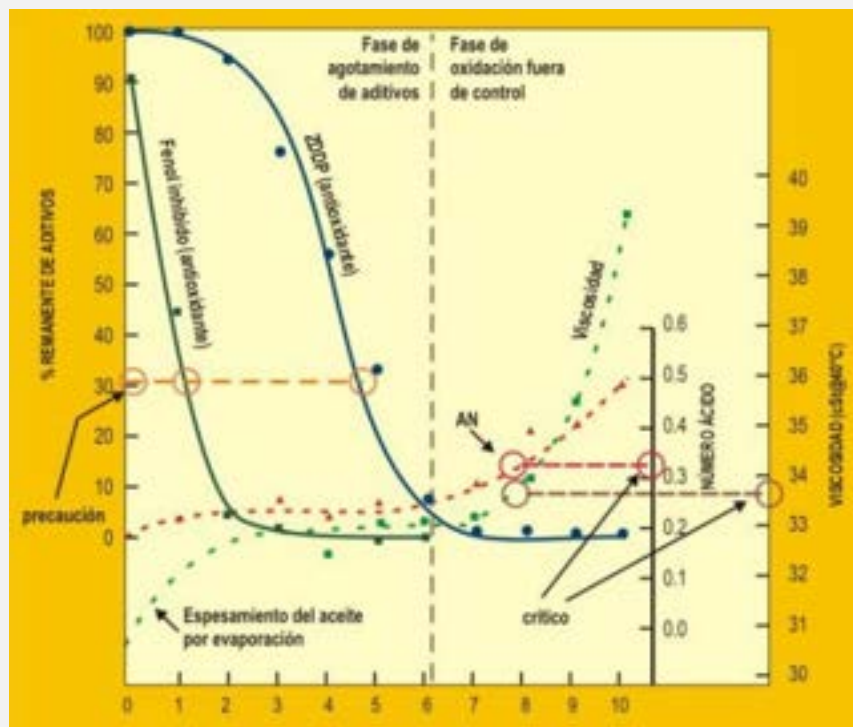


Figura 1. Cambios correlacionados entre RUL y ciclo de vida de oxidación

Objetivos de medir el AN

AN es la medición de la concentración de ácidos en una solución no acuosa. Se determina por la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) requerida para neutralizar el ácido en un gramo de muestra de aceite. La unidad estándar de medida es mg KOH/g. El AN no representa la concentración absoluta de ácidos de la muestra de aceite. La medición del AN detecta tanto ácidos orgánicos débiles como ácidos inorgánicos fuertes. El cambio en la concentración ácida de un aceite puede originarse por múltiples factores, como son contaminantes ácidos, aceite incorrecto, agotamiento de la reserva alcalina y subproductos de la oxidación, entre otros. La Tabla 1 enlista los ácidos comunes que pueden detectarse.

Tipo de ácido	Fuente	Aplicación del lubricante
Orgánico (1)	Producto de oxidación del aceite	Lubricación en ambientes severos
Clorhídrico (2)	Ruptura de freón del refrigerante	Enfriadores
Fluorhídrico (2)	Ruptura de freón del refrigerante	Enfriadores
Sulfúrico (3)	Diesel, combustible y agua Contaminación por H ₂ S Descomposición de aditivo AW y EP	Motores diesel Compresores de gas natural Sistemas hidráulicos
Nitrógeno (4)	Nitración y óxidos nitrosos	Motores a gas Motores a gasolina
Fosfórico (5)	Subproductos de la degradación de éster fosfatado Ambiente de minería con fosfatos	Equipo móvil, especialmente hidráulicos
Pruebas de confirmación:		
(1) FTIR Oxidación	(2) Disminución de viscosidad	(3) FTIR Sulfatación
(4) FTIR Nitración	(5) Análisis de elementos - fósforo	

Tabla 1. El AN puede detectar ácidos corrosivos

Comprender la cantidad de aditivos que se han perdido es clave para determinar la vida útil restante (RUL) de un aceite. Algunos aditivos son ligeramente ácidos y pueden elevar el AN inicial del aceite. Conforme el lubricante envejece, los aditivos se agotan, reduciendo la acidez creada por los aditivos. El común aditivo antidesgaste, dialquil ditiofosfato de zinc (ZDDP), produce ciertas tendencias durante el envejecimiento del lubricante. Simultáneamente, es posible que el aceite se contamine con compuestos ácidos, incrementando la acidez del aceite. Los efectos combinados del agotamiento de aditivos, contaminación ácida y otros eventos que afectan la acidez, crean un reto para determinar lo que significa el AN. La Figura 1 muestra los componentes subyacentes que afectan el AN durante el envejecimiento del lubricante. Se puede observar que durante un período de inducción los aditivos antioxidantes se agotan; una vez que estos aditivos se agotan, el aceite base comienza a oxidarse si las condiciones estresantes son suficientemente altas. Monitoreando la tendencia del AN, puede detectarse este aumento.

Nomenclatura empleada en la industria – Número ácido total vs Número ácido

Actualmente, en Norteamérica, el término Número Ácido Total (TAN) se ha sustituido por el Número Ácido (AN). Este cambio está basado en el hecho de que la prueba de AN no detecta la concentración total de ácidos en el lubricante. La concentración ácida del lubricante contiene tanto componentes débiles como fuertes. Los componentes ácidos fuertes se conocen como SAN (siglas en inglés de strong acidic components). Los componentes débiles y los fuertes se combinan típicamente como AN. Aunque el AN está compuesto por ambos componentes, no representa todos los componentes ácidos en el lubricante. Por ejemplo, las pruebas de AN y del Número Básico (BN) no son afectadas por los ácidos y bases extremadamente débiles que tienen una disociación constante de 10⁻⁹. Esta es la razón por la que el término TAN está siendo sustituido por el AN.

pH vs. AN

Los métodos de prueba del pH y del AN miden diferentes aspectos del carácter ácido o alcalino del lubricante. La prueba del pH mide el pH aparente del aceite, el cual es una representación de qué tan corrosivo puede ser el aceite, pero no indica la concentración de los constituyentes ácidos o alcalinos. La prueba del pH es útil en aplicaciones en donde un aceite corrosivo podría causar un daño considerable. También es valioso en sistemas de lubricación con un alto potencial de formación o contaminación con ácidos fuertes.

Las pruebas de AN y BN miden la concentración de componentes ácidos y alcalinos, respectivamente. Ambos componentes pueden existir en el lubricante al mismo tiempo. De hecho, algunos aditivos son anfóteros, lo que significa que pueden comportarse tanto como básicos como ácidos. En algunos lubricantes, es importante monitorear tanto el AN como el BN para determinar las reacciones presentes en él. El AN y el BN no indican la fuerza de los componentes ácidos o alcalinos en el lubricante, lo que reduce su capacidad para indicar la corrosividad del éste. El AN tiene una mejor capacidad que el pH para detectar y monitorear ácidos débiles, que no se disocian fácilmente en agua. Esto evita que la prueba de pH provea una buena indicación de cómo la concentración de ácido débil está cambiando en el lubricante.

Métodos Estandarizados

La Tabla 2 enlista los métodos estándar ASTM para determinar el AN. Cada prueba se ha diseñado para propósitos específicos, siendo ASTM D664 y ASTM D974 las dos más comúnmente usadas. ASTM D1534 y ASTM D3339 son versiones similares a D974, que se utilizan en casos especiales. Las pruebas de AN pueden dividirse en dos categorías de titulación: potenciométrica y colorimétrica. El método potenciométrico utiliza un potenciómetro para detectar los componentes ácidos y convertirlos a una lectura electrónica. El resultado obtenido se representa gráficamente y se analiza para determinar la inflexión del método de prueba. El método colorimétrico utiliza paranaftol-benceno, el cual responde a un cambio en el indicador de pH que se ha añadido a la solución. Una vez que los componentes ácidos han sido neutralizados por el KOH, la muestra cambiará de naranja a azul-verde, Indicando el final de la prueba.

Pruebas ASTM para AN

ASTM D664 mide los componentes ácidos empleando un potenciómetro para determinar el punto final. Este método puede usarse para medir tanto el AN como el SAN. Para preparar la muestra, se hace una mezcla de tolueno, alcohol isopropil y agua, y se disuelve en la muestra de aceite. Posteriormente se titula el KOH en la solución utilizando una bureta. La salida del potenciómetro se monitorea mientras se titula el KOH en la solución. Si no se puede distinguir la inflexión, el valor de reserva potencial alcanzado se considerará el AN. El punto de inflexión se utiliza comúnmente en aceite nuevo; sin embargo, para los aceites usados el punto de inflexión puede llegar a ser indistinguible, lo que requiere el uso de la reserva potencial como el punto final.

ASTM D974 es la medición de los componentes ácidos utilizando el cambio de color para indicar la inflexión. La muestra se disuelve en una solución de tolueno, p-naftolbenceno, alcohol isopropílico y agua. La solución se titula con KOH mientras se monitorea el cambio de color. Esta prueba se utiliza en aceites nuevos y aceites que no son muy oscuros.

ASTM D1534 es similar a ASTM D974, ya que ambas usan el cambio de color para indicar el punto final de la prueba. ASTM D1534 está diseñada para aceites aislantes eléctricos (aceites de transformadores), donde la viscosidad es menor a 24 cSt a 40°C. El rango estándar de aplicaciones es para aceites con un AN entre 0.05 mg KOH/g y 0.50 mg KOH/g, que es aplicable a los aceites de transformadores.

ASTM D3339 es también similar a ASTM D974, pero está diseñada para usarlo en muestras de aceite más pequeñas. ASTM D974 y D664 utilizan aproximadamente 20 gramos de muestra; ASTM D3339 utiliza 2.0 gramos de muestra, como se muestra en la Tabla 2.

Prueba ASTM	Indicación	Reactivo	Notas	Tamaño muestra AN (0.05-1.0)
D664	Potenciométrico	Hidróxido de potasio	Lento, laborioso	20.0 g
D974	Colorimétrico	Hidróxido de potasio	Laborioso, los aceites oscuros ocultan el cambio de color	20.0 g
D1534	Colorimétrico	Hidróxido de potasio	Sólo para viscosidades menores a 24 cSt, AN en rango de 0.05 a 0.5 mg KOH/g	17.6 g
D3339	Colorimétrico	Hidróxido de potasio	Utiliza muestras de aceite más pequeñas	2.0 g

Tabla 2. Métodos comunes de pruebas ASTM para AN

Pruebas modificadas

Las pruebas de AN típicamente se efectúan para obtener una indicación precisa del agotamiento de aditivos y posible contaminación con ácidos. El método estándar ASTM es laborioso, tiene relativamente pobre reproducibilidad y utiliza materiales peligrosos. En un esfuerzo por controlar el origen de esos problemas, se están empleando muchas versiones modificadas de la prueba de AN. Cada prueba es específica para su aplicación. Por ejemplo, un laboratorio puede automatizar la prueba para reducir la mano de obra e incrementar la productividad.

Pruebas de laboratorio

Los laboratorios modifican las pruebas para mejorar la productividad, a la vez que disminuyen el empleo de materiales peligrosos y su costo. La productividad, o velocidad, es importante para los laboratorios grandes, ya que es necesario hacer que la prueba sea rápida sin sacrificar la calidad. El costo también juega un rol importante. Un conjunto estándar de pruebas proporcionado por un laboratorio puede incluir además conteo de partículas, viscosidad a 40°C, etc. El costo de este conjunto de pruebas estándar necesita estar al alcance del usuario final; por lo tanto, cada prueba individual efectuada necesita ser optimizada para asegurar que se logre economía y calidad a la vez.

Pruebas de campo

Los kits de pruebas de campo de AN se utilizan frecuentemente como pruebas de primera línea. Típicamente contienen reactivos medidos previamente que permiten efectuar las pruebas de campo de forma conveniente. Algunos kits de campo utilizan un enfoque de pasa/falla, que involucra la adición de una cantidad predeterminada de KOH a la solución. Esto indica si el AN alcanza o no un punto específico. Las pruebas de campo también pueden reportar resultados reales. Por ejemplo, uno de tales kits utilizan una jeringa volumétrica de muestreo para asegurar que las muestras de aceite sean del mismo tamaño. Se utiliza una bureta desechable para titular el KOH. Dado que la muestra de aceite es de un tamaño específico, la bureta se ha escalado para indicar el AN. Una vez que el color ha cambiado, el usuario solo tiene que leer el número ácido en la bureta.

Ventajas y desventajas

Repetitividad: ASTM define repetitividad como “la diferencia entre resultados de pruebas sucesivas obtenidos por el mismo operador con el mismo aparato bajo condiciones de operación constantes en idéntico material de prueba”. Basándose en esta definición, utilizando ASTM D664, se encontró que los datos estaban entre +/- 7% de la media en un 95% de las veces, para aceites nuevos usando el método del punto de inflexión, o +/- 12% de la media para aceites usados, utilizando el método de punto final por reserva potencial. ASTM D974 tiene una repetitividad según se muestra en la Tabla 3.

Por ejemplo, una muestra que tiene un AN de 0.15, podría variar desde 0.10 a 0.20 para ASTM D974 y podría variar de 0.13 hasta 0.17 para ASTM D664.

La repetitividad puede obtenerse con una prueba modificada- Un buen laboratorio debe ser capaz de informarle qué tan confiable es su versión modificada. Esto confirma que es mejor comparar los resultados de un solo método de prueba o laboratorio, nunca entre diferentes métodos de prueba o distintos laboratorios.

Número ácido	Repetitividad (95% confianza)
0.00 a 0.01	0.03
Más de 0.1 hasta 0.5	0.05
Más de 0.5 hasta 1.0	0.08
Más de 1.0 hasta 2.0	0.12

Tabla 3. Repetitividad del Estándar ASTM D974

Reproducibilidad: La definición de reproducibilidad según ASTM es “la diferencia entre dos resultados simples independientes, obtenidos por diferentes operarios trabajando en distintos laboratorios sobre materiales idénticos”. Noventa y cinco por ciento de las veces la reproducibilidad de ASTM D664 es +/- 20% de la media para aceites nuevos utilizando el método del punto de inflexión o +/- 44% de la media empleando el método punto final por reserva potencial. La reproducibilidad de ASTM D974 se muestra en la Tabla 4. Imagine que recibe reportes de análisis de lubricante de múltiples laboratorios al mismo tiempo, los cuales tienen un AN promedio de 0.05, y los resultados podrían variar desde 0.09 hasta 0.01.

Número ácido	Reproducibilidad (95% confianza)
0.00 a 0.01	0.04
Más de 0.1 hasta 0.5	0.08
Más de 0.5 hasta 2.0	15% de la media

Tabla 4. Reproducibilidad del Estándar ASTM D974

Es difícil, si no imposible, comparar los resultados entre laboratorios cuando se utilizan pruebas modificadas de AN. La calidad de los laboratorios probablemente tendrá alguna relación con los estándares ASTM; desafortunadamente, también podría incorporar más error. Es una mejor práctica comparar sólo resultados del mismo método de prueba para efectos de tendencia.

De acuerdo con ASTM, “el AN obtenido por este estándar (D664) puede o no ser numéricamente el mismo que el obtenido de acuerdo con los métodos de prueba D974 y D3339”. Sin embargo, la magnitud de los resultados debe ser la misma. Llevando la tendencia de los resultados de un método específico de prueba, puede detectarse el agotamiento de aditivos y contaminación.

Qué hacer y qué no hacer al comparar resultados

Comparar resultados entre muestras puede volverse complicado si no se utilizan los controles adecuados. Hay muchos factores que pueden y normalmente afectan los resultados de una prueba de AN. Como se dijo previamente, hay múltiples métodos de prueba en uso. Algunos de tales métodos están dentro de los métodos estándar ASTM y algunos han sido modificados. El resultado promedio de AN de un laboratorio probablemente será de una prueba modificada.

Qué hacer

- Compare resultados contra los resultados históricos del lubricante (tendencia).
- Verifique cuáles laboratorios han analizado el lubricante y cuál es el método de prueba empleado.
- Use consistentemente el mismo laboratorio y método de prueba para un lubricante específico.
- Asegúrese de enviar al laboratorio una muestra representativa.

Qué no hacer

- No haga cambios de métodos de prueba.
- No haga cambios de laboratorios.
- No demore el análisis; envíe la muestra al laboratorio lo antes posible.
- No compare resultados entre diferentes métodos.

Tendencias comunes de AN

En el mundo de las pruebas de AN, hay un estado actual de desilusión. Cada laboratorio proporciona resultados de sus propios métodos modificados de prueba, lo que obliga al usuario final a confiar en la precisión sobre la exactitud. En primer lugar, el usuario debe tener cuidado con la comparación de resultados entre laboratorios. En un ambiente ideal, deberían proporcionarse la exactitud y la precisión. En un mundo poco menos que ideal, se proporciona únicamente la precisión. Podrían utilizarse operaciones matemáticas simples para determinar el valor exacto, pero en el mundo real de las pruebas de AN, lo que puede contabilizarse es la precisión de cada laboratorio individual.

Los resultados no son totalmente exactos, pero la relación entre ellos es buena. La comparación de los resultados de diferentes laboratorios daría lugar a valores muy dispersos. Enfocándonos en la precisión de un laboratorio o procedimiento de prueba, surge una tendencia. El gráfico de tendencia permite al usuario final evaluar adecuadamente su lubricante con mayor confianza.

Tendencias generales

Graficar la tendencia de los resultados es la mejor manera de evitar las discrepancias de precisión que se derivan del uso de los resultados del AN en el monitoreo de condición de la maquinaria. Utilizando los resultados de una prueba o un laboratorio específico, se puede llevar bien la tendencia. La Figura 2 ilustra las tendencias comunes identificadas en distintos lubricantes. Las tendencias lineales son para algunos ésteres naturales y sintéticos y aceites minerales en proceso de oxidación. Esta tendencia representa la oxidación lineal del aceite base. Las curvas parabólicas pueden caracterizar a los aceites antiherrumbre/antioxidación (R&O). El AN permanece constante durante la fase de inducción de agotamiento del aditivo. Una vez que se han agotado los aditivos R&O, el aceite de base comenzará a oxidarse. La tendencia cambiante es representativa de aceites EP, donde algunos de los aditivos son ácidos. Conforme se agotan y reaccionan los aditivos, varía el AN. Este efecto dificulta llevar la tendencia de los aceites EP, a menos que de antemano se conozca que la tendencia normal es cambiante.

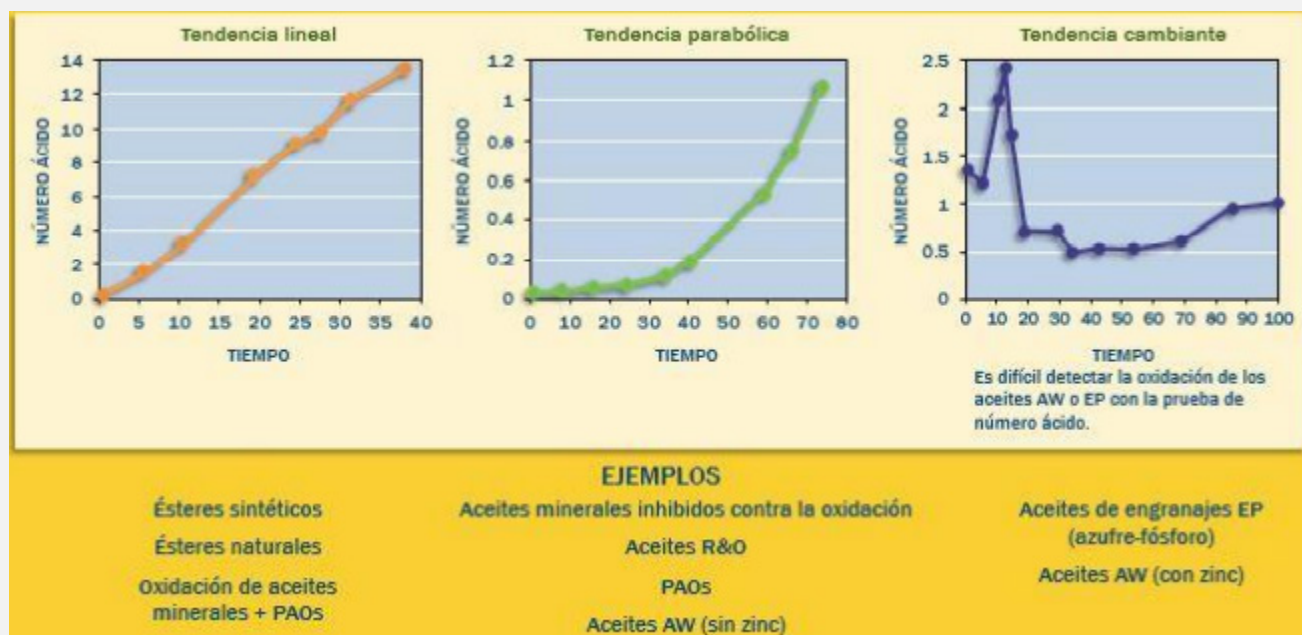


Figura 2. Variaciones en tendencias de AN por tipo de aceite¹¹

La medición de AN es una herramienta importante en la industria de análisis de lubricante cuando se utiliza correctamente. Comprender cómo se calcula el AN y qué variaciones existen, ayudará en la interpretación de los resultados. Por lo general no se analiza el SAN, pero puede ser útil para un programa de análisis de lubricante en el cual sea importante verificar la protección contra la corrosión o si hay posibilidad de que se presente contaminación con ácidos inorgánicos. Los dos métodos de prueba ASTM más comunes tienen algunas características que imponen la necesidad de crear pruebas modificadas. Respecto a las pruebas modificadas que actualmente se utilizan en la industria, es importante recordar por qué existen y las implicaciones al comparar los resultados. Si el usuario tiene la capacidad de llevar la tendencia de los resultados podrá evaluar adecuadamente la condición de su lubricante.



**Conozca el número básico (BN)
correcto de su lubricante**

“¿Cuál sería el número básico (BN) que debiera tener un lubricante de motor?”

El número básico (BN) es una propiedad más asociada a aceites de motor que a aceites industriales. Se define como la capacidad de un lubricante para neutralizar los ácidos que se producen durante su servicio. Mientras mayor sea el número básico en un aceite de motor, mayor será la cantidad de ácido que pueda neutralizar durante su servicio.



Los lubricantes nuevos de motor generalmente tienen valores de BN entre 5 y 15. A medida que el lubricante se utiliza, se contamina con sustancias ácidas, haciendo que el BN disminuya con el tiempo. Analizando el aceite de su motor, usted será capaz de monitorear el BN de su aceite y determinar su vida útil remanente. Una vez que el número básico cae por debajo del 50% de valor del aceite nuevo, se considera que ya el lubricante no puede proteger al motor contra el ataque de los ácidos, por lo que se debiera programar su cambio.

Las razones más comunes para una caída del número básico están relacionadas con un combustible de baja calidad y con la oxidación del aceite. Durante la combustión, un combustible de baja calidad con alto contenido de azufre produce ácido sulfúrico, el cual ataca al lubricante y causa una caída del número básico. La oxidación como resultado de un recalentamiento del motor o como un intento para extender los intervalos de cambio de aceite, son otras de las razones por las que el BN puede disminuir.

El número ácido (AN) es una propiedad que generalmente está más asociada a lubricantes industriales que a los de motor. Es la cantidad de ácidos y sustancias ácidas en el lubricante. Como se mencionó anteriormente, la oxidación es uno de los principales productores de ácidos.

A medida que el aceite es utilizado, se generan compuestos ácidos que se acumulan en el lubricante, dando como resultado final un incremento en el número ácido. Un número ácido alto representa el potencial corrosivo de un aceite, herrumbre y oxidación. También puede ser una señal para cambiar el lubricante. De nuevo, utilizando el análisis de aceite, usted puede monitorear el AN de su aceite y programar su cambio.

Usted tendrá que establecer límites para cuando el número ácido alcance ciertos valores a fin de programar el cambio de aceite. Estos dependerán del tipo de lubricante. Al igual que con los aceites de motor, se recomienda evaluar el AN del aceite nuevo y tomar este valor como línea de base. Se debe ir monitoreando la tendencia en cuanto a su agotamiento e incremento para poder establecer de una manera más precisa el momento en que deberá realizarse el cambio de aceite.



Monitoreo de la degradación del lubricante con espectrometría infrarroja

El espectro de la región infrarroja cae a la derecha del rojo y del espectro visible. Somos incapaces de ver esta luz salvo algunos animales como las víboras, lo que les permite cazar de noche. La radiación IR fue descrita por primera vez por William Herschel en 1800. Produjo un espectro solar colocando un prisma de cristal en la trayectoria de los rayos del sol y observó los cambios que ocurrieron cuando la luz de diferentes longitudes de onda (diferentes colores) cayó sobre el bulbo de un termómetro sensible. Se dio cuenta del incremento de la temperatura cuando el termómetro era movido del azul al rojo, pero también encontró que el termómetro registraba incrementos de temperatura más allá del rojo al final del espectro visible. Experimentos posteriores mostraron que esta porción de luz más allá del rojo estaba compuesta por un tipo de radiación similar a la luz visible, ya que podía ser reflejada, refractada y absorbida por los materiales, que también podían reflejar, refractar y absorber la luz visible.

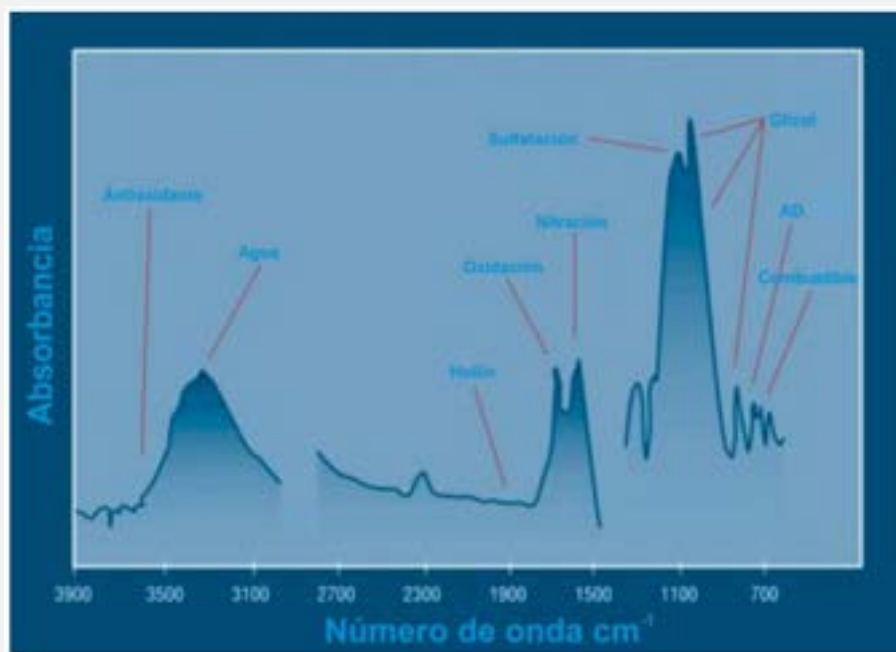


Figura 1. Espectroscopía FTIR

IR en acción

¿Cómo utiliza la radiación IR el químico analista? Todos los enlaces químicos covalentes como los de las moléculas orgánicas (CH_4 o metano) a diferencia de los enlaces iónicos, y aquellos encontrados en moléculas inorgánicas (NaCl o sal común) absorben radiación IR, haciendo que vibren por estiramiento y encogimiento. La resistencia del enlace químico entre los átomos, la cual está influenciada por su estructura atómica, determina en que parte del espectro IR la molécula absorbe la luz.

Una manera análoga de visualizar este fenómeno es por la ley de los resortes de Hooke, en donde la cantidad de energía requerida para hacer que el resorte oscile está relacionada con la resistencia del resorte y del peso al final. En este caso, es la energía IR absorbida y la naturaleza del enlace entre los átomos de C y H. La cantidad de energía en el haz de luz IR está relacionada con su longitud de onda; cuanto más pequeña es la longitud de onda, mayor la energía. Aunque es este caso sólo se absorbe la energía necesaria para causar la vibración de la molécula. Todas las demás energías pequeñas o grandes no tienen ningún efecto.

Por lo tanto, para una molécula con diferentes tipos de enlaces (por ejemplo, un C-H y un C=O), uno esperaría ver por lo menos dos bandas de absorción diferentes. De ahí que los enlaces químicos entre las moléculas presentan absorciones de IR características. Es esta la propiedad que es utilizada por el químico analista. Los químicos se refieren a estas absorbancias como números de ondas. Esta es una manera más conveniente para examinar la frecuencia donde se absorbe la radiación, y es simplemente en número de ondas que hay en un centímetro. La pieza final de la ecuación es la cantidad de radiación absorbida. Esto se indica en la ley de Beer-Lambert que establece que la cantidad de IR absorbida es proporcional a la concentración de la especie absorbente y la distancia que la luz IR tiene que viajar a través de ella.

¿Qué es FTIR?

La espectroscopía IR utiliza una lámpara incandescente calentada eléctricamente como fuente de radiación IR, y esta radiación es pasada a través de una muestra hacia el detector. Los constituyentes químicos de la muestra absorben algo de la luz IR en números de ondas reproducibles y específicos.

El método original implicaba el uso de un prisma o red de difracción para separar los números de ondas individualmente y luego detectarlos, proporcionalmente en un tiempo, a medida que iban pasando a través de la muestra, y graficar la absorbancia contra el número de onda. Este proceso era increíblemente lento y, dependiendo de la precisión requerida, podía tomar hasta 10 minutos por muestra.

Los modernos infrarrojos por transformadas de Fourier (FTIR) utilizan el interferómetro de Michelson. Este ingenioso dispositivo utiliza un espejo móvil, cuya velocidad es monitoreada por un láser, que también actúa como una longitud de onda de referencia. El detector mide la suma de todas las frecuencias registradas en el tiempo dando como resultado un patrón de interferencia en función del tiempo llamado interferograma. Un algoritmo matemático llamado transformada rápida de Fourier es utilizado para convertir esta señal en un espectro de absorbancia. Este es comparado con un espectro de respaldo de la celda vacía para eliminar la contribución de los contaminantes atmosféricos como el CO₂ y el vapor de agua.

El proceso completo toma cerca de 1.5 segundos por barrido lo que permite múltiples barridos sobre una misma muestra y para amplificar las diferentes señales de modo que puedan detectarse pequeñas variaciones, dando una mayor precisión.

Hace varios años, Wearcheck adquirió un FTIR Biorad. Esto representó dos grandes cambios en la metodología para la determinación de la degradación del aceite y los subproductos de la combustión.

- La sustracción espectral fue remplazada por un análisis computacional del espectro IR y establecer las tendencias con los resultados obtenidos
- La celda horizontal de reflectancia total atenuada fue remplazada por una celda de transmisión de 100 micrones

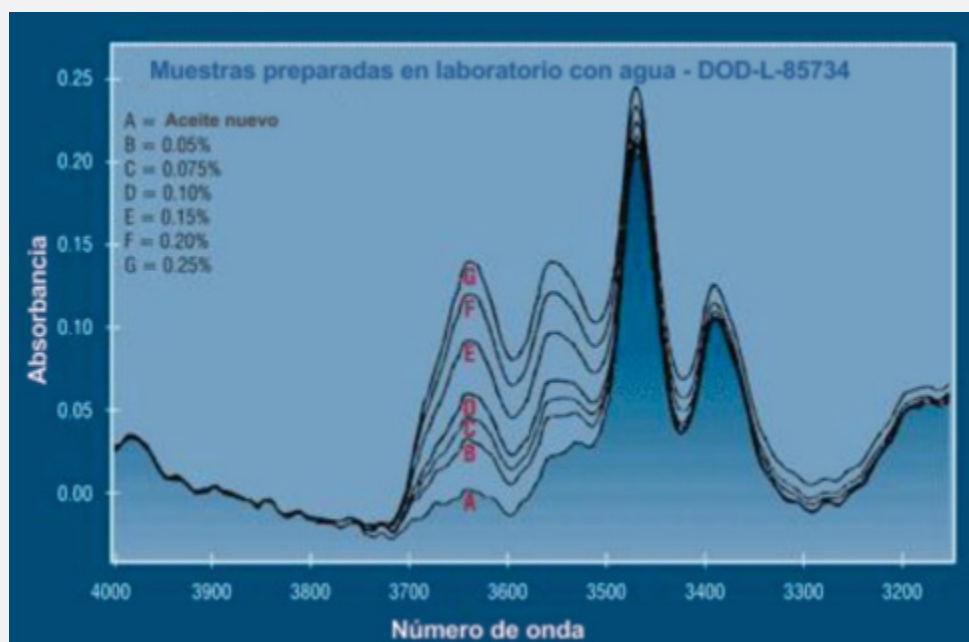


Figura 2. ¿Cómo trabaja el FTIR?

Sustracción espectral vs Tendencia

La sustracción espectral es esencialmente la resta de todos los datos de un espectro IR de un aceite nuevo de los datos del espectro IR de un aceite usado, lo que resulta esencialmente en una diferencia entre ellos. Estos datos son usados por el software de rutina para calcular los números de onda representativos del grado y tipo de degradación o contaminación que está ocurriendo en el lubricante (Figura 3.)

Existen varios algoritmos que hacen este proceso automáticamente, eliminado cualquier interpretación o sesgo por parte del operario. Sin embargo, estos algoritmos no pueden cumplir los estrictos requisitos si no se utiliza el aceite nuevo correcto en el proceso de sustracción.

Tal requisito complica el procedimiento general del laboratorio porque el aceite nuevo colocado en la máquina debe ser entregado, monitoreado, almacenado, utilizado y reevaluado correctamente para comparar todas las muestras que se tomen de la misma máquina posteriormente. Adicionalmente, las máquinas son continuamente rellenadas para compensar el consumo de aceite lo que complica aún más el proceso de sustracción. Aunque el aceite de relleno puede ser del tipo correcto, puede no venir del mismo proveedor, del mismo lote o aún de la misma mezcla. Estas complicaciones producirán inevitablemente falsos e incorrectos resultados.

Por esta razón, Wearcheck adoptó la metodología de tendencia para eliminar los problemas asociados con la sustracción espectral. En este método, todas las áreas bajo la curva del IR son medidas y reportadas. La clave para una implementación exitosa es la cuidadosa selección de las áreas a ser medidas. (Este trabajo fue realizado por Biorad e incluido en el software de control del FTIR). Estas medidas pueden ser comparadas contra espectros IR esperados de componentes de máquina idénticos o similares, o contra espectros IR obtenidos con anterioridad de la misma máquina. Si un parámetro en particular se mantiene en valores constantes y no hay desgaste o una degradación en el desempeño del aceite, entonces no hay razón para no aceptar ese valor como normal. Sin embargo, lo que es aceptable en el desempeño de un componente en un tipo de operación particular puede no ser aceptable para otro componente desempeñándose en un tipo de operación diferente. Mientras que los resultados totales del análisis se mantengan constantes con respecto a la tendencia, su puede suponer un escenario de normalidad. Esta metodología de tendencia es utilizada en el análisis de desgaste por ICP. Usando este método y la conversión de los datos espectrales en un indicador numérico de las condiciones se simplifica el monitoreo y la documentación y se reduce sustancialmente los requisitos de almacenamiento debido a que no se requiere almacenar una muestra de aceite nuevo ni su espectro FTIR.

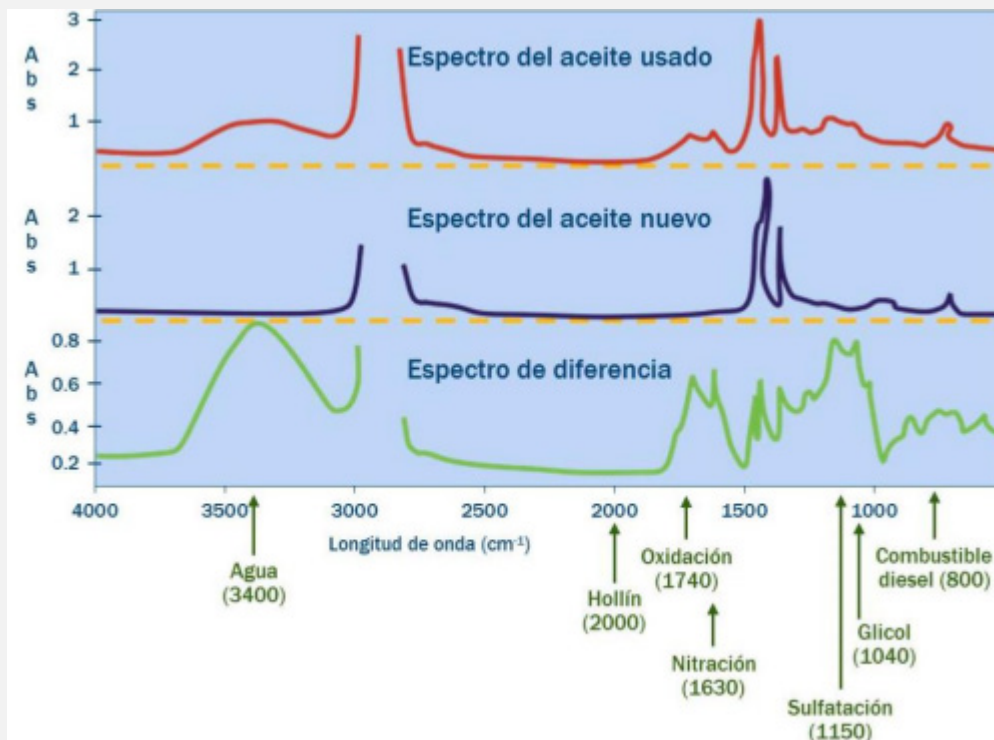


Figura 3. El FTIR requiere de un espectro de referencia del aceite nuevo para poder hacer la sustracción espectral.

Celdas de HATR vs Celdas de transmisión

Inicialmente el FTIR se realizaba utilizando una celda horizontal de reflectancia total atenuada (HATR). Se trataba de un cristal de seleniuro de zinc (ZnSe) montado horizontalmente. La muestra de aceite era colocada en la celda, haciendo pasar un haz de IR rebotando desde la parte inferior del cristal y penetrando ligeramente en la muestra en cada rebote. La profundidad efectiva estaba alrededor de los 2 micrones por reflexión. Sin embargo, esto tenía las siguientes desventajas:

- La celda podría rayarse fácilmente a causa de las partículas metálicas encontradas en el aceite usado
- Una baja sensibilidad debido a la poca penetración del haz de luz IR
- Manipulación intensiva, con potencial exposición del operador a solventes de limpieza

Una mejora reciente a las técnicas de muestreo es la celda de transmisión. Consiste en dos cristales de ZnSe separados por un espaciador de 100 micrones. La muestra ocupa el espacio entre los cristales y el haz de IR pasa a través la celda y la muestra hacia el detector.

Esta mejora tiene los siguientes beneficios:

- Un incremento de 20 veces en la sensibilidad
- El llenado y limpieza de la celda puede ser automatizado
- Se elimina el daño de la celda con un filtro en-línea para retirar las partículas grandes que pueden rayar los cristales

Productos de oxidación y combustión

En todos los sistemas de lubricación, los compuestos orgánicos expuestos a altas temperaturas y presiones en presencia de oxígeno tienen a oxidarse parcialmente (reacciona químicamente con el oxígeno). Hay una variedad de subproductos generados durante el proceso de combustión, como por ejemplo cetonas, ésteres, aldehídos, carbonatos y ácidos carboxílicos, y la exacta distribución y composición de estos productos es muy compleja. Algunos de estos compuestos son disueltos por el aceite y mantenidos en suspensión, debido al aditivo dispersante. Los ácidos carboxílicos contribuyen a incrementar la acidez del aceite del motor y contribuyen al agotamiento de la reserva alcalina cuando estos aditivos neutralizan los ácidos. El efecto neto de una prolongada oxidación es que químicamente el aceite se torna ácido causado corrosión y físicamente se incrementa su viscosidad.

El FTIR determina el nivel de oxidación por la respuesta general del enlace carbonilo (C=O) en la región comprendida entre 1800 a 1670 cm^{-1} (Figuras 1 y 4). En esta región, la energía IR es absorbida por el enlace entre el carbón y el oxígeno en el aceite oxidado. Muy pocos compuestos encontrados en aceites nuevos tienen una absorbancia significativa en esta región. Monitoreando esta región se determina directamente el nivel de oxidación del aceite, a diferencia de una prueba secundaria como el número ácido (AN) el cual toma en cuenta todos los compuestos ácidos en el aceite.

Figura 4. Números de onda de absorción para FTIR

Parámetro	Número de onda (cm^{-1})	Desviación	Interferencias
Oxidación (ASTM D 7214)	Aceite mineral - 1750 Éster orgánico - 3540 Éster fosfatado - 815	$\pm 25\%$	Mejoradores de IV, dispersantes, contaminación con alto nivel de humedad
Sulfatación	1150	$\pm 25\%$	Aditivos con azufre (ZDDP, EP azufre/ lisfom, algunos inhibidores de corrosión)
Nitración	1630	$\pm 25\%$	Mejoradores de IV, dispersantes
Hollín	2000 (monitoreo del cambio con respecto a la línea de base)	$\pm 10\%$	Tamaño/densidad de la partícula, tipo de motor, color del aceite
Agua	Aceite mineral - 3400 Éster orgánico - 3625	$\pm 25\%$	Exceso de hollín, aditivos detergentes, glicol, antioxidante, básicos de ésteres, oxidación severa, agua libre vs. disuelta
Glicol	880, 3400, 1040 y 1080	$\pm 50\%$	Agua, antioxidantes, sub-productos de oxidación
Combustible	Diesel - 800 Gasolina - 750 Turboquina - 795 - 815	$\pm 50\%$	Variación en aromaticidad del combustible, evaporación de combustible
Fenol inhibido	3650	$\pm 50\%$	Humedad, glicol
ZDDP*	980	$\pm 35\%$	Impurezas aromáticas, combustible, silicio (tierra)

Productos de nitración

Además de los productos de oxidación, los productos de nitración se forman cuando los compuestos orgánicos son expuestos a altas temperaturas y presiones en presencia de nitrógeno y oxígeno. Generalmente se presentan en forma de óxidos de nitrógeno como por ejemplo NO, NO₂, N₂O₄. Además de incrementar la viscosidad del aceite y tener características ácidas, los productos de nitración son los principales causantes de los depósitos de barniz o lacas. Un incremento en el índice de nitración en un aceite de motor puede indicar una mala entonación (incorrecta relación aire/combustible) o un tiempo incorrecto de encendido. También puede reflejar condiciones de operación, como por ejemplo operación a altas cargas y temperatura, así como excesivo paso de gases de combustión al cárter (blow-by) por los anillos del pistón.

Los productos nitrogenados son monitoreados por FTIR porque tienen características de absorción entre los 1650 y 1600 cm⁻¹, la región inmediatamente debajo de los productos de oxidación.

Productos de sulfatación

Los compuestos de azufre se encuentran típicamente en el petróleo y en aditivos usados en combustibles y lubricantes para su mejor desempeño. Los productos sulfatados como el SO₂ y SO₃ se forman por la oxidación de esos compuestos que contienen azufre. Posteriormente se introducen en el sistema de lubricación a través de los anillos del pistón y sellos, acumulándose con el tiempo. Estos compuestos incrementan la producción de barniz y lodos, generalmente degradan el aceite. Igualmente, reaccionan con el agua formada durante el proceso de combustión para generar ácidos orgánicos fuertes como en sulfúrico (H₂SO₄). Estos ácidos son neutralizados por la reserva alcalina del paquete de aditivos del aceite, de ahí su agotamiento en el tiempo. La determinación de estos compuestos proporciona información adicional de un motor mal entonado (relación aire/combustible) y problemas en los anillos del pistón. Los productos de sulfatación son medidos por FTIR de la misma forma que los de oxidación y nitración, monitoreando el incremento de la absorción IR entre 1180 y 1120 cm⁻¹.

Hollín

El hollín se genera por una combustión incompleta del combustible diésel. Una mezcla rica aire/combustible forma partículas de hollín cuando se quema. Un incremento en el contenido de hollín en un aceite indica problemas de combustión, o un intervalo de cambio de aceite excedido. La acumulación del hollín crea problemas de lubricación porque incrementa la viscosidad del aceite y causa un prematuro taponamiento de los filtros y galerías de aceite.

El análisis de hollín por FTIR es una excepción a la regla general, donde el área bajo la curva indica la cantidad de contaminantes en el aceite, en este caso el hollín no tiene una banda de específica de absorción de IR. En su lugar, las partículas de hollín causan una dispersión general de la radiación IR, la cual es más severa en números de onda más altos. Por lo tanto, la cantidad de hollín se mide simplemente tomando la lectura de la intensidad de la absorbancia a 2000 cm^{-1} .

Dilución con combustible

Los combustibles automotrices consisten en una gran variedad de compuestos alifáticos ramificados como el octano, compuestos aromáticos como el benceno, y muchos otros que son mezclados para producir un combustible con propiedades físicas establecidas. Esto es especialmente cierto en países como Sur África, donde los combustibles provienen de fuentes como el carbón y el petróleo. Adicionalmente, las condiciones del motor harán que la composición final del combustible cambie, parcialmente debido a una combustión incompleta o a una destilación de las fracciones más ligeras.

En una situación ideal, el combustible seleccionado se mantiene constante por lo que el FTIR se convierte en una poderosa herramienta para detectar la dilución con combustible. Esto se logra midiendo las bandas de absorción de los componentes específicos del combustible y la caída en las bandas de absorción del aceite, a causa de su dilución (Figura 1).

A la luz de una situación real no ideal, la dilución por combustible es determinada por el punto de inflamación o cromatografía de gases (GC).

Tecnología predictiva

Adicionalmente, FTIR es usada como una prueba de rutina para la determinación de agua y número básico (BN) en aceite de motor.

Agua: A pesar de que el agua es un subproducto de la combustión, tiende a ser un contaminante poco frecuente (aproximadamente uno por ciento de las muestras) debido a las condiciones de operación caliente del promedio de los motores; sin embargo, puede indicar la presencia de anticongelante. Cuando está presente, el agua rápidamente se disuelve o dispersa en el aceite. El agua es una fuerte absorbente de IR y es fácil de detectar. También aparece en una región del espectro IR donde muy pocos compuestos del aceite tienen absorbancias significativas. Debido a la mayor dificultad para detectar agua en aceites de motor por la prueba de crepitación, donde la presencia de combustible que, al evaporarse por la temperatura de la plancha, puede enmascarar la crepitación del agua, se consideró prudente el uso de FTIR para la detección de la presencia de agua, ya que todas las muestras son sometidas a la prueba de FTIR como un procedimiento estándar o de rutina. De todas las muestras analizadas sólo el cinco por ciento son seleccionadas para una prueba de agua real y de esas, sólo el 20 por ciento presentan contaminación con agua.

Número básico (BN)

Debido a los peligros potenciales para la salud y el ambiente, no es posible determinar el BN a todas las muestras de aceites de motor que ingresan en el laboratorio. Por esta razón, IR es utilizado como una prueba de segregación y sólo aquellas muestras que puedan estar por debajo de 6.0 se les hace la determinación del BN.

El BN de una muestra de aceite no puede ser definido fácilmente por IR. El BN depende de muchos factores con una variedad de grados de influencia. Los análisis de regresión de componentes principales y mínimos cuadrados parciales son rutinas matemáticas que permiten al laboratorio predecir el BN aparente de una muestra. Este método utiliza todo el espectro en lugar de picos individuales o áreas discretas para derivar un valor.

Se utilizó una serie de 80 aceites con valores de BN duplicados para crear una base de datos, con el fin de establecer un criterio de medición. Estos aceites procedían de varios motores, de diferentes fabricantes de aceite, de diferentes grados y no estaban limitados a alguna aplicación en particular. Se utilizó un software para descomponer la base de datos en pequeños grupos de componentes principales o factores. Estos factores fueron integrados para predecir lo desconocido. Este proceso evita el derroche innecesario y consecuentemente sólo al siete por ciento de las muestras de les realiza la prueba de BN. De ellas más del 70 por ciento caen en el rango de 3 a 7.

Aunque el FTIR proporciona una gran cantidad de información sobre la condición del lubricante, esta información es complementaria a la obtenida por otras pruebas espectrométricas y físicas para dar una visión global de la condición del aceite y de la maquina donde es usado.



Uso de Ruler en el análisis de lubricantes

Todos los lubricantes fallan eventualmente debido a la oxidación. En muchas aplicaciones, como turbinas, compresores, sistemas hidráulicos, industria aeroespacial, la oxidación es el principal modo de falla. En los lubricantes para estas aplicaciones, los aditivos más importantes son los antioxidantes. El instrumento patentado RULER View™ utiliza voltametría de escaneo lineal (LSV) para medir con rapidez y precisión los antioxidantes activos en los lubricantes y graficar fácilmente su agotamiento. Con esta información, usted puede saber cuánto tiempo más puede durar su fluido. A esto se le conoce como la vida útil restante del aceite (RUL).

En el pasado, se hacían mediciones indirectas del nivel de antioxidantes en el fluido. Pruebas como RPVOT (ASTM D2272) miden la estabilidad a la oxidación del fluido infiriendo los niveles de antioxidantes. Esta tecnología ha demostrado ser menos eficaz en las complejas formulaciones de los lubricantes de hoy en día, elaborados con aceites básicos minerales hidrotratados y aditivos antioxidantes de nuevas tecnologías.

Otras técnicas para medir directamente los antioxidantes, como el análisis infrarrojo (FTIR), a menudo no pueden proporcionar la imagen completa. La interpretación por FTIR es compleja y algunos aditivos o sustancias interfieren con la región del antioxidante.

El Ruler es un instrumento con el que se puede medir el número ácido (AN), número básico (BN), o el nivel de aditivo antioxidante, dependiendo del solvente seleccionado para la prueba. Los reactivos se proporcionan en cantidades previamente medidas, y se les adiciona el lubricante utilizando una autopipeta. Trabaja bajo el principio de voltametría cíclica en un electrodo cristalino de carbón. Los reactivos contienen alcoholes y cetonas y son relativamente inofensivos, especialmente si se comparan con los fuertes ácidos y álcalis utilizados en otros métodos ASTM. Además, pueden ser fácilmente transportados y dispuestos.



Hay cuatro estándares ASTM relacionados con este instrumento (D7590, D6971, D6810 y D7527).

Dado que en este instrumento la evaluación no depende de un cambio de color para determinar el punto final de la reacción, pueden analizarse lubricantes de colores fuertes. Los resultados por lo general pueden obtenerse en menos de tres minutos.

Hay cuatro estándares ASTM relacionados con este instrumento (D7590, D6971, D6810 y D7527).

Dado que en este instrumento la evaluación no depende de un cambio de color para determinar el punto final de la reacción, pueden analizarse lubricantes de colores fuertes. Los resultados por lo general pueden obtenerse en menos de tres minutos.

Al comparar los resultados de AN obtenidos mediante Ruler contra los obtenidos empleando el método automatizado de laboratorio ASTM D664, después de analizar cierto número de fluidos hidráulicos, se encontraron los resultados que se muestran en la gráfica 1.

La principal precaución con este método es asegurarse de que el reactivo y el lubricante se mezclen completamente y se permita suficiente tiempo para que se complete la reacción antes de efectuar la medición. Después de añadir el lubricante utilizando una autopipeta, el reactivo y el lubricante deben mezclarse por un minuto en un mezclador vórtex o a mano, mediante una agitación vigorosa. Después de hacer la mezcla, el contenedor debe colocarse en posición vertical antes de efectuar la medición. Si este procedimiento se sigue al pie de la letra, pueden obtenerse resultados altamente repetibles.

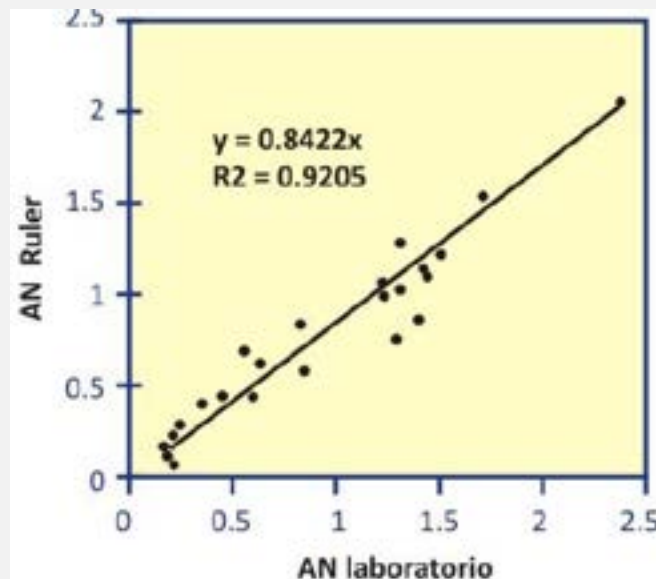


Figura 1 - Comparación de resultados de AN en laboratorio y con Ruler

El número básico o BN también puede medirse con este instrumento.

Debe tenerse en cuenta que la vida en almacenamiento de los reactivos es de 3 a 12 meses. La planeación de la compra debe hacerse tomando en cuenta este dato, a fin de adquirir sólo la cantidad de reactivos que se van a utilizar sin exceder su caducidad.



Colorimetría de Micro-Membrana (MPC)

La comunidad del monitoreo de condición de lubricante ha desarrollado una prueba de laboratorio (ASTM D7843) para evaluar el grado de concentración de barniz en un aceite en servicio. Esta prueba, conocida como Colorimetría de Micro-Membrana (MPC por sus siglas en inglés) mide el contenido total de material tipo barniz en la muestra de aceite e incluye un período de sedimentación de tres días para permitir que los residuos tipo barniz se aglomeren en el aceite, que se enfría gradualmente desde la temperatura de operación.

En esta prueba, una muestra de aceite se mezcla con solvente, a fin de acelerar la precipitación de los componentes del barniz y posteriormente se filtra por medio de una membrana de 0.45 micrones, separando los barnices y depósitos. La membrana mostrará una marca de determinado color, que está influenciada por el volumen de material depositado. Se observará un color marrón oscuro cuando exista mucho barniz en el fluido. Mientras más oscura es la mancha, mayor es el potencial de barniz del aceite.

Para la detección de autodegradación del aceite, se hace la prueba de MPC dentro de los 30 minutos posteriores a la extracción de la muestra, justo cuando se encuentra a temperatura ambiente. Posteriormente se repite la prueba a las 72 horas. Si la membrana de la segunda prueba es considerablemente más oscura que la de la primera, se deduce que existe autodegradación. La figura 1 y 2 muestra cómo puede oscurecerse la membrana conforme pasa el tiempo para efectuar la prueba.

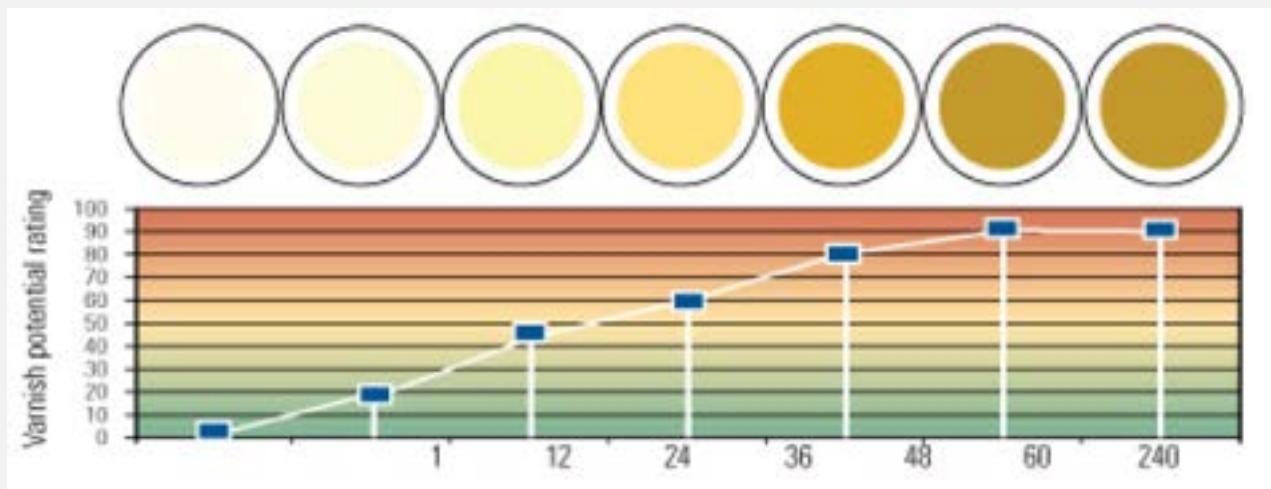


Figura 1 - Paleta de problemas. Las membranas que oscurecen con el tiempo, muestran que existe mayor Potencial de Barniz (Imagen cortesía de EPT Inc.)



Figura 2 - El resultado de la prueba MPC de la muestra de la izquierda fue de 24, mientras que el de la derecha fue de 156 (Foto cortesía de Dave Wooton, Wooton Consulting)

Límites para MPC

Se utilizan diferentes versiones de la prueba MPC para evaluar el volumen de barniz en el aceite y la probabilidad de formación de depósitos dañinos. Desafortunadamente, las variaciones en las pruebas en uso pueden escalar el color en forma diferente y dar como resultado distintos límites de precaución y críticos. Esto puede causar confusión a los usuarios.

Adicionalmente, los límites actuales y los criterios de actuación se enfocan en el impacto de la acumulación del barniz en la maquinaria lubricada. Este enfoque resta el impacto del barniz en el diseño y funcionamiento del aceite, así como el efecto potencial de este material en otros modos de falla.

Un enfoque básico para establecer límites de precaución y críticos para barniz debe incluir el impacto que tiene sobre el desempeño del lubricante, es decir, cómo el aceite pierde sus propiedades para proteger a la maquinaria, y evaluar los modos de falla relacionados con esto.

Debe tomarse en cuenta la temperatura límite de saturación del aceite. Esto puede medirse por la prueba MPC si se aplican límites más bajos de los actualmente usados, a fin de evitar problemas de desempeño de la maquinaria. Este enfoque podría ayudar a mantener el criterio actual como la alerta de máxima severidad de presencia de barniz y manejar un criterio separado para evaluar el daño potencial a la operación de la maquinaria.

Los resultados se reportan en valores CIE LAB DE representando el monto total de color en la membrana (rojo-verde-amarillo-azul mas densidad total del color). Figura 3.

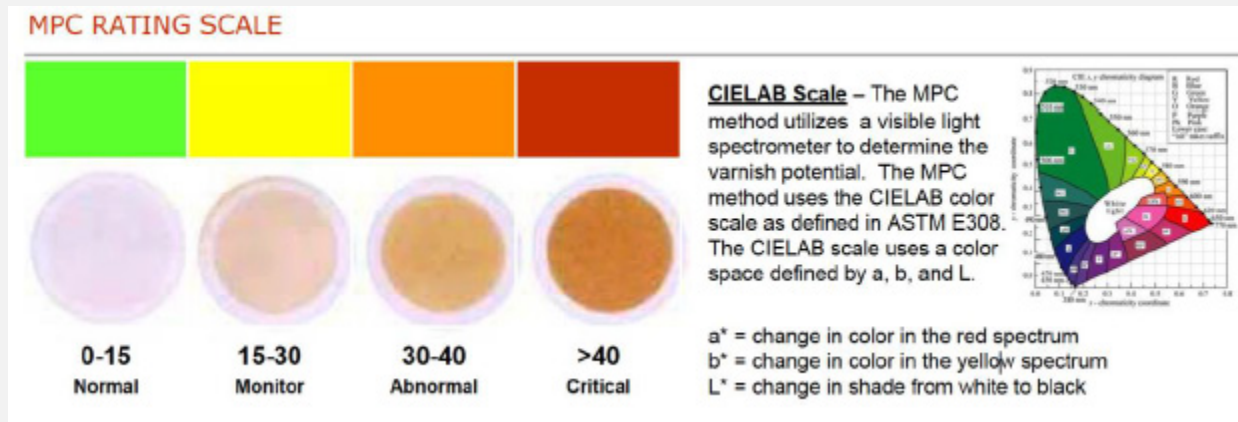


Figura 3. Límites establecidos para reporte de membrana



Análisis de elementos

El análisis de elementos es probablemente la prueba más básica en la caja de herramientas del análisis de lubricante. Su historia se remonta a los años 1940s y 1950s, cuando se utilizaba en la industria ferrocarrilera para determinar la presencia de metales de desgaste en los aceites de motor diésel. Sin embargo, el análisis de elementos, a veces conocido como espectroscopía de elementos, espectroscopía de emisión atómica (AES) o simplemente como análisis de metales de desgaste, se trata de algo más que sólo medir la concentración de metales de desgaste tales como el hierro, el plomo y el cobre.

En su forma actual, el análisis de elementos se utiliza para determinar las concentraciones de 15 a 25 elementos diferentes que varían desde metales de desgaste y contaminantes hasta aditivos del lubricante. La tabla 1 nos proporciona una visión general de algunos elementos comunes que se miden y su origen habitual.

El análisis de elementos funciona bajo el principio de Espectroscopía de Emisión Atómica (AES). En AES, los átomos individuales dentro de la muestra, como por ejemplo los átomos de hierro provenientes de las partículas de desgaste, los átomos de zinc procedentes de las moléculas de aditivo ZDDP, o el silicio de la contaminación con sílice (tierra), son excitados utilizando una fuente de alta energía. Los átomos absorben energía de la fuente de excitación y son transformados en un estado electrónico de alta energía. Debido a las leyes de la física cuántica, a los átomos no les gusta estar en este estado de excitación y pierden rápidamente la energía que han ganado, principalmente emitiendo energía luminosa. La energía de la luz emitida, la cual es inversamente proporcional a la longitud de onda, depende de la estructura electrónica del átomo, y por lo tanto es diferente para cada tipo de átomo. De esta manera, midiendo la cantidad de luz emitida en la longitud de onda de emisión característica de los átomos tales como el hierro, cobre, zinc y sodio, puede determinarse la concentración de cada átomo.

Elemento	Símbolo	Origen	Fuente más común
Hierro	Fe	Metal de desgaste	Varias partes de hierro y acero en la maquinaria
Plomo	Pb	Metal de desgaste	Cojinetes, babbitt, aleaciones de bronce
Estaño	Sn	Metal de desgaste	Aleaciones de bronce, cojinetes
Cromo	Cr	Metal de desgaste	Recubrimiento de anillos, recubrimiento de cromo, acero inoxidable
Níquel	Ni	Metal de desgaste	Aleaciones de acero inoxidable, recubrimientos
Titanio	Ti	Metal de desgaste	Rodamientos de turbinas, paletas de turbinas
Plata	Ag	Metal de desgaste	Pernos y bujes EMD, soldadura, rodamientos de agujas
Antimonio	Sb	Metal de desgaste	Cojinetes
Vanadio	V	Metal de desgaste, contaminante	Paletas de turbinas, válvulas, combustible bunker
Aluminio	Al	Metal de desgaste, contaminante	Rodamientos, tierra, mineral
Zinc	Zn	Metal de desgaste, aditivo	Aleaciones de latón, aditivo AW, galvanizado
Cobre	Cu	Metal de desgaste, aditivo	Enfriadores, aleaciones de bronce/latón, babbitt, bujes, anillos, aditivo
Silicio	Si	Contaminante, aditivo	Tierra, antiespumante, selladores de silicón, aditivo de refrigerante
Sodio	Na	Contaminante, aditivo	Aditivo de refrigerante, agua de mar, procesos químicos (cáustico), detergente
Potasio	K	Contaminante	Aditivo de refrigerante, cenizas
Litio	Li	Contaminante	Espesante de la grasa
Fósforo	P	Aditivo	Aditivo EP/AW
Molibdeno	Mo	Aditivo	Aditivo EP
Bario	Ba	Aditivo	Aditivo detergente
Calcio	Ca	Aditivo, contaminante	Aditivo detergente, polvo de cemento, mineral, agua dura
Magnesio	Mg	Aditivo, contaminante	Aditivo detergente, agua de mar
Boro	B	Aditivo, contaminante	Aditivo EP, detergente, aditivo inhibidor en refrigerantes

Tabla 1 – Fuentes más comunes de elementos en el aceite

Influencia del tamaño de la partícula

La principal limitante de AES es que, debido a que este método requiere la excitación de átomos individuales, la muestra debe ser completamente vaporizada para permitir que se midan todos los átomos presentes. Mientras que esto no es un problema para las partículas pequeñas y metales disueltos, la probabilidad de que una partícula pueda ser vaporizada y analizada utilizando AES se reduce considerablemente cuando esta es mayor a 5 micrones. De hecho, el espectrómetro AES es completamente ciego para ver las partículas que exceden los 10 micrones.

Desafortunadamente, dependiendo del mecanismo de desgaste y de la severidad del problema, el desgaste activo de la máquina puede generar partículas que son mayores a 10 micrones en tamaño, y por lo tanto serán invisibles al instrumento de AES. Por esta razón, es importante en cualquier programa de análisis de lubricante no apoyarse únicamente en los datos de AES para determinar el desgaste activo, sino que deben incluirse pruebas tales como el conteo de partículas, el análisis de densidad ferrosa y la microscopía de membrana para medir partículas más grandes.

Unidades de medición

Entonces, exactamente ¿qué es una ppm? En un reporte de análisis de lubricante, los números que generalmente se ven, dependiendo del tipo de componente, tipo de lubricante, aplicación, etc., pueden fluctuar desde unas pocas partes por millón (ppm) a varios cientos de ppm de metales de desgaste y contaminantes, y varios miles de ppm para ciertos aditivos.

Como el nombre mismo lo dice, una ppm es simplemente el número de partes del elemento en cuestión, por un millón de partes de la muestra. Dicho de otra forma, una lectura de 1 ppm de un elemento en particular es equivalente a 1 Qg del elemento por cada g de la muestra, lo cual es lo mismo a 1 mg por kg, iaproximadamente 30 gramos del elemento por cada 25,000 litros de lubricante!

¿Cómo es que el laboratorio pasa de medir la intensidad de la luz a reportar la concentración en ppm? Para hacer esto, cada instrumento de AES se calibra utilizando soluciones de calibración estándar. Estas soluciones contienen concentraciones conocidas de ciertos elementos de interés. Comúnmente se utilizan sulfonatos metálicos para este propósito. Analizando los estándares de calibración, puede determinarse la cantidad de luz a una longitud de onda específica para los elementos en cuestión, los cuales pueden entonces estar relacionados con la concentración conocida en la solución estándar.

De esta manera, puede generarse una curva de calibración, lo que permite que se determine la concentración desconocida del mismo elemento en una muestra de aceite, midiendo la cantidad de luz emitida a una longitud de onda específica, y utilizando la curva de calibración para convertir la intensidad de la luz en una concentración o en ppm.

Tendencia de los datos

Cuando se analizan los datos del análisis de elementos, es importante ver no sólo el valor absoluto de cada elemento, sino también ver la línea de tendencia, esto es, el cambio en las concentraciones de elementos en muestras consecutivas. Esto es importante debido a que las tasas de desgaste serán diferentes para las diferentes máquinas, dependiendo de los tipos de componentes, el fabricante y modelo, el tipo de lubricante, la edad, el uso, etc. Este tipo de análisis de tasa de cambio puede ser muy valioso para localizar señales tempranas de desgaste y de contaminación.¹

Al analizar los datos por AES, es importante conocer tanto la metalurgia de la máquina como la composición química de los contaminantes comunes que pueden estar presentes, para que los datos puedan relacionarse con el desgaste activo de un componente específico, o al ingreso de contaminantes específicos. Asimismo, es importante conocer la concentración esperada de los diferentes aditivos metálicos en el lubricante. Para lograr esto, debe determinarse anualmente la línea de base de los lubricantes nuevos, o cuando se sospeche que ha habido un cambio en el tipo de lubricante o en su formulación. Comparando la huella digital de los elementos del aceite nuevo contra la muestra de aceite usado, se pueden diagnosticar con facilidad y rapidez problemas como el agotamiento de aditivos o la adición del aceite erróneo. Sin embargo, se debe tener cuidado al observar los elementos de los aditivos debido a que el agotamiento de aditivos no necesariamente causa una caída en la concentración de los elementos, según lo medido por AES. Debido a su capacidad para determinar el desgaste anormal, los contaminantes y los elementos de los aditivos, AES es una herramienta muy valiosa en cualquier programa de análisis de lubricante. Cuando se utiliza adecuadamente, puede determinar todo, desde el desgaste corrosivo a una fuga de refrigerante, del ingreso de agua de mar al agotamiento de aditivos, y debe considerarse la piedra angular de un programa de análisis de lubricante bien diseñado.

Tendencia de los datos

Casi todos los laboratorios de análisis de lubricante utilizan uno de estos dos tipos de espectrómetros de emisión atómica, ya sea un instrumento de plasma inductivamente acoplado (ICP), o un instrumento de electrodo y disco rotatorio (RDE).

La diferencia básica entre estos dos radica principalmente en la manera en que la muestra es vaporizada y los átomos son excitados por la fuente de alta energía. En un instrumento ICP (vea figura 1), el lubricante se inyecta en un plasma de argón a alta temperatura, donde los átomos se vaporizan, se excitan, y subsecuentemente emiten luz. En un espectrómetro RDE (vea figura 2), en ocasiones conocido también como un instrumento “Arc-Spark”, el lubricante es vaporizado y excitado utilizando una descarga de alto voltaje entre un electrodo y un disco de carbón rotatorio.

El resto del instrumento, ya sea que se trate de espectrómetro ICP o RDE, es básicamente el mismo. La luz emitida por los átomos excitados se colecta y se concentra en las rendijas del espectrómetro. El espectrómetro contiene una rejilla de difracción que es similar a un prisma en el que divide la luz de diferentes longitudes de onda o colores en una longitud de onda discreta, en base a su ángulo de difracción. La intensidad de la luz en cada ángulo, generalmente conocido como canal, se mide utilizando un fotodiodo sensible a la luz y la señal del voltaje resultante se convierte en una concentración en ppm con base en un proceso simple de calibración.



Figura 1 – Espectrómetro por electrodo y disco rotatorio (RDE)

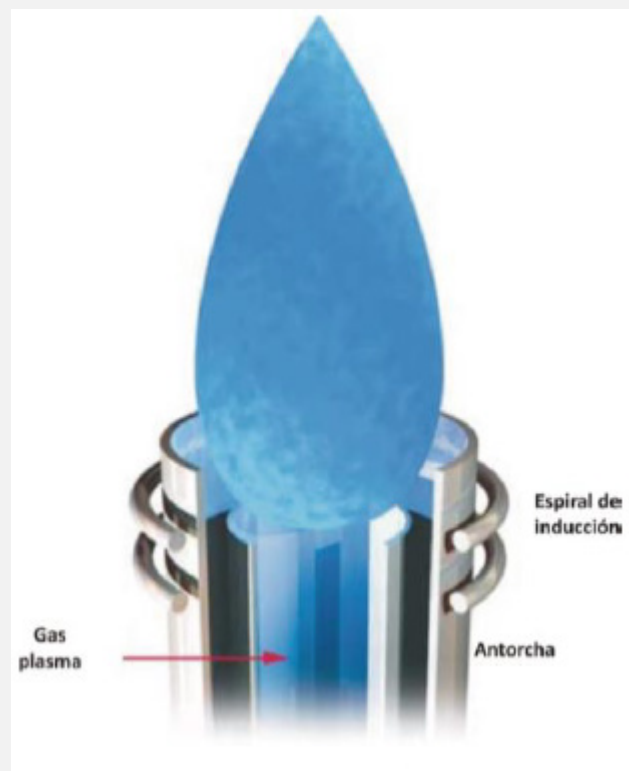


Figura 2 – Espectrómetro por plasma inductivamente acoplada (ICP) y disco rotatorio (RDE)

En la práctica, siempre y cuando los instrumentos estén calibrados apropiadamente, hay muy poca diferencia entre la precisión de los datos de ambos tipos de instrumentos. Sin embargo, hay una diferencia de gran importancia entre los instrumentos ICP y RDE. Ambos instrumentos se ven afectados por la limitante del tamaño de la partícula. Este efecto limita el tamaño de las partículas que pueden medirse utilizando AES tradicional. Para el instrumento ICP, sólo pueden medirse las partículas más pequeñas a aproximadamente 3 a 5 micrones. Para los instrumentos RDE, el límite es ligeramente más alto, alrededor de 8 a 10 micrones. Esto implica que si una muestra de lubricante se analiza primero mediante ICP, y después mediante RDE, las concentraciones de ciertos elementos, principalmente los metales de desgaste y los contaminantes, que pueden presentar partículas de 3 a 10 micrones, potencialmente serán diferentes. Si bien esto es poco relevante cuando se lleva la tendencia de los datos de diferentes muestras analizadas por los mismos instrumentos, los datos de las muestras analizadas por los instrumentos RDE e ICP normalmente no se correlacionan.



**Las mejores pruebas de laboratorio
para el análisis de grasas**

¿Cuál lubrica más eficientemente, el aceite o la grasa? Más del 95 por ciento de los componentes de las máquinas son lubricados con aceite, no porque sea mejor, sino porque tiene una gran variedad de propiedades. La grasa generalmente es usada solo si no se puede usar aceite, donde sellar el punto de lubricación puede resultar problemático o costoso. Típicamente, la grasa es utilizada en la lubricación de rodamientos, con cerca del 80 por ciento de ellos lubricados con grasa.

Durante su análisis, las grasas y los aceites se comportan de forma similar. A pesar de que ambos contienen información importante, es más difícil interpretar los resultados del análisis de las grasas. Los siguientes ensayos representan las tecnologías más importantes en el análisis de grasas lubricantes.

Espectrometría de emisión atómica

La espectrometría de emisión atómica (AES) por el método Rotrode es usada para proporcionar información sobre el desgaste, contaminantes, espesantes y nivel de aditivos en una muestra de grasa. Incremento en los valores de hierro y cromo indican desgaste de los rodamientos, mientras que cobre, plomo y estaño son un síntoma de desgaste corrosivo o abrasivo en las jaulas de los rodamientos. Posibles contaminantes como el silicio (polvo), calcio (cal) o depósitos de agua dura, ayudan a identificar las causas del desgaste. Desviaciones entre la grasa nueva y la usada en términos de contenido y composición del paquete de aditivos y del espesante, indican contaminación cruzada con otro tipo de grasa.

Índice PQ (cuantificador de partículas)

El Índice PQ (cuantificador de partículas) se especializa en determinar las partículas ferromagnéticas. A diferencia de AES, la cual no puede detectar partículas de hierro superiores a 5 micrones, el Índice PQ mide todas las partículas ferromagnéticas, independientemente de su tamaño. El valor del Índice PQ se evalúa conjuntamente con el contenido de hierro por AES.

Un Índice PQ extremadamente elevado (más de 500) indica la existencia de un desgaste severo, independientemente de los valores de hierro determinados por AES, a menudo producto de picado o fatiga de material. Un PQ elevado (más de 200) con bajos valores de hierro por AES (menos de 100 ppm) es un síntoma de un desgaste severo que está produciendo partículas de desgaste relativamente grandes. Un incremento en el Índice PQ (más de 100) en combinación con altos valores de hierro por AES, es una señal típica de fatiga de material durante el proceso “normal” de desgaste. Un bajo valor de PQ (menos de 50) acompañado con altos valores de hierro por AES (más de 100 ppm) es una señal inequívoca de desgaste corrosivo o herrumbre. Esta última es poco magnetizable, por tal razón se produce un bajo valor de Índice PQ.

Espectrometría infrarroja por transformadas de Fourier

El principio de la espectrometría infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR) está basado en la existencia de moléculas en un lubricante, que absorben luz infrarroja a diferentes longitudes de onda debido a su estructura química. Los cambios en una grasa usada son comparados contra el espectro de referencia de una grasa nueva, que luego son representados, calculados e interpretados como “picos” para ciertos números de onda. Además de servir como control de verificación del tipo de grasa, la oxidación es una propiedad que también puede ser determinada por FTIR. A medida que envejece, los compuestos moleculares cambian y absorben más luz infrarroja que la grasa fresca. A través del análisis de la grasa por FTIR, estos cambios pueden ser determinados y la vibración molecular representada en un espectro FTIR.

Los picos se desarrollan en números de onda característicos a cada uno de los compuestos moleculares existentes en la grasa. Los lubricantes sintéticos frecuentemente contienen compuestos de tipo éster. Debido a las moléculas de oxígeno contenidas en estos compuestos, ellos absorben la luz infrarroja casi en el rango de la misma longitud de onda de los dobles enlaces de oxígeno que surgen por la oxidación del lubricante. Por esta razón los cambios de oxidación en aceites sintéticos no pueden ser calculados con precisión utilizando solamente FTIR. Lo mejor es usar la prueba de RULER para este tipo de lubricantes.

Mediante la comparación con el espectro de la grasa nueva, esta metodología proporciona información rápida y confiable con relación a si ha habido mezcla o ha sido utilizada otro tipo de grasa. También puede determinar si la grasa está elaborada con bases lubricantes minerales o sintéticas.

Para las bases lubricantes minerales, el FTIR puede determinar la oxidación y si ha sido ocasionada por fallas en la relubricación o por alta temperatura. Si la grasa contiene aditivos EP, puede detectarse su agotamiento. Además, la comparación con la grasa nueva proporciona información con relación a una elevada presencia de agua.



Figura 1 - Cómo trabaja el FTIR

Agua por Karl Fischer

Un exceso de agua en la grasa puede causar corrosión y daño en los rodamientos. En rodamientos de elevada velocidad, puede ocurrir cavitación. Si la presencia de agua es muy alta o se contamina continuamente, se debe relubricar en intervalos más cortos. Si la grasa no puede soportar la presencia de agua, puede ablandarse o licuarse (perder consistencia), disminuyendo su desempeño.



Figura 2 - Titulador Karl Fischer (Ref. Hanna Instruments)

Al igual que en aceites, el contenido de agua en grasas se determina utilizando el ensayo Karl Fischer (KF). Este ensayo requiere que el agua sea “expulsada” de la muestra. Con aceite, el agua en una muestra sellada es evaporada calentándola hasta 140°C (284°C). Sin embargo, es mucho más difícil evaporar el agua de una muestra de grasa. En este caso, el agua debe ser extraída lentamente a una temperatura de 120°C (248°F). El agua es canalizada hacia un balón de titulación utilizando una aguja hueca y nitrógeno. Utilizando una solución especial KF, se titula el agua recogida en el balón, produciéndose una reacción electroquímica. Una vez que se el punto de inflexión de la curva de titulación, se puede determinar el contenido exacto de agua y reportarlo en partes por millón (ppm).

Si la grasa está contaminada con una cantidad elevada de agua, es importante ubicar la fuente y corregirla. El ensayo de Karl Fischer proporciona información cuantitativa de la cantidad de agua presente. Los elementos reportados por emisión atómica ayudan a determinar si el agua encontrada es destilada o de grifo (de la llave). Si la muestra de grasa usada es diferente a la muestra de grasa nueva y está contaminada con sodio, calcio, potasio o magnesio, esto indica la presencia de agua “dura”, la cual puede haber contaminado la grasa durante el lavado con agua a presión. Si no hay presencia de minerales, la contaminación puede haber sido ocasionada por agua de lluvia “suave” o agua condensada (destilada).

Si el agua no se elimina efectivamente durante el proceso de fabricación de las grasas, puede encontrarse agua en la muestra de grasa sin usar. Un análisis de la grasa nueva y la usada ayudará a esclarecer el problema.

Ensayo de sangrado (separación de aceite del espesante)

La estructura esponjosa del espesante o de la grasa mantiene retenido firmemente al aceite, permitiendo que fluya lentamente hacia el punto de lubricación. Sin embargo, si el aceite fluye rápida e incontrolablemente del espesante, la grasa “sangra”. Si el espesante remanente contiene muy poca cantidad de aceite para la tarea de lubricación, la grasa se seca. Si el aceite sangra muy rápido, la grasa no lubricará adecuadamente, por lo que debe ser remplazada frecuentemente o agregar mayor cantidad. Determinar el contenido residual del aceite proporciona la información requerida para establecer cuál es el problema. Esta prueba muestra el porcentaje de aceite básico que la estructura de la grasa ha perdido en el transcurso de seis horas a una temperatura de 60°C. El contenido residual de aceite en la grasa usada es comparado contra el contenido en la muestra de grasa nueva.

Si los valores están entre un 5 y un 25 por ciento, y la diferencia entre la grasa usada y la nueva es más o menos 15 por ciento o menos, la grasa puede seguir siendo utilizada sin cambiar los intervalos de relubricación. Si la grasa usada pierde considerablemente más aceite que la grasa nueva, el espesante no es capaz de mantener el aceite base en su estructura esponjosa. Si una cantidad significativamente menor es liberada por la grasa usada, es un síntoma de que la grasa ha comenzado a secarse. La superficie del rodamiento tiene “hambre” y debe ser relubricada.

Los bajos niveles de aceite residual pueden ser el resultado de un prolongado tiempo en servicio y con relubricación insuficiente; fuertes vibraciones, cargas o velocidades; mezclas de grasas que han sido saponificadas en forma diferente; contaminación con agua, ácidos o cáusticos; inadecuada resistencia a la temperatura; u oxidación y envejecimiento (acidificación) del aceite base.

Prueba de penetración

Mientras que la viscosidad describe la habilidad de un lubricante o fluido hidráulico a fluir, la consistencia hace referencia a la dureza de un lubricante. El Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI, por sus siglas en inglés) clasifica las grasas lubricantes en grupos en función de su consistencia. Junto con el tipo de aceite básico y su viscosidad, la categoría de consistencia a la cual pertenece proporciona otro importante elemento para clasificar la dureza de una grasa. La consistencia determina si una grasa puede aún lubricar o se ha vuelto demasiado dura como resultado del sangrado.

La consistencia se determina utilizando un cono estandarizado. La grasa es colocada dentro de una pequeña copa. La punta del cono es colocada tocando la grasa. La profundidad de la penetración se mide en 5 segundos y se expresa en 0.1 mm (décimas de milímetros). Esto genera un número de consistencia, el cual es usado para determinar su clasificación NLGI. Mientras más suave es la grasa, mayor será la penetración del cono. Esto indica un valor de penetración elevado y una baja clasificación NLGI.

Comparando las consistencias de las grasas nueva y usada se pueden obtener algunas conclusiones. Por ejemplo, si la grasa usada es más blanda, y por consiguiente tiene un valor de penetración mayor que la grasa nueva, puede ser a causa de una mezcla con otro tipo de grasa, o se ha contaminado con agua o algún otro líquido. Igualmente, la grasa puede haber sido mecánicamente degradada a causa de un exceso de carga.

Una caída significativa en el número de penetración (aumento de consistencia) indica que la grasa puede haber sangrado a causa de vibraciones fuertes o altas temperaturas, haciendo que el aceite se separe. Altas presiones en los sistemas centralizados de lubricación pueden alterar el equilibrio entre el aceite base y el espesante.

Clasificación NLGI	Penetración en dmm	Consistencia a temperatura ambiente
000	445-475	Muy fluida
00	400-430	Fluida
0	355-385	Semi-fluida
1	310-340	Muy suave
2	265-295	Suave
3	220-250	Semi-sólida
4	175-205	Sólida
5	130-160	Muy sólida
6	80-115	Extremadamente sólida

Figura 4 - El Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI) clasifica las grasas en grupos con base en su consistencia.

Cenizas sulfatadas

La investigación de las cenizas sulfatadas en un proceso utilizado para identificar compuestos inorgánicos en muestras orgánicas. Esto se logra calentando la muestra a una temperatura de 775°C. A esta temperatura, los compuestos orgánicos de la muestra “se queman”. Todo el remanente son cenizas constituidas por óxidos metálicos (jabones, aditivos, etc.) y contaminantes. Tratando estas cenizas con ácido sulfúrico, los óxidos en las cenizas se transforman en sulfatos. Luego se registra el peso de los remanentes.

Si la cantidad de cenizas sulfatadas en la grasa usada se ha incrementado en comparación con la grasa nueva, es una clara indicación de contaminantes y/o desgaste. Si se analizan los resultados del análisis de metales por AES, se pueden establecer las causas del incremento en peso de las cenizas. Altos niveles de hierro y cromo indican desgaste, mientras que incrementos en las cantidades de silicio y calcio apuntan a contaminación.

La cantidad de cenizas sulfatadas es afectada por el desgaste abrasivo procedente de los rodamientos, contaminantes duros como silicio (polvo), concentración de lubricantes sólidos como el disulfuro de molibdeno, aditivos de extrema presión órgano-metálicos y otros metales de jabones y espesantes inorgánicos procedentes de mezclas con otros tipos de grasas.

Estabilidad al corte, viscosidad aparente

Un reómetro es utilizado para medir la viscosidad aparente de una grasa a diferentes temperaturas. Para medirla, se coloca una pequeña cantidad de grasa sobre una placa a temperatura controlada. El cono de prueba se coloca sobre la placa, el cual produce una brecha entre las placas superior e inferior, se mueve sobre la película de grasas. La fuerza entre las placas y el cono es reportada como la viscosidad dinámica, que para las grasas también se conoce con el nombre de “viscosidad de corte”.

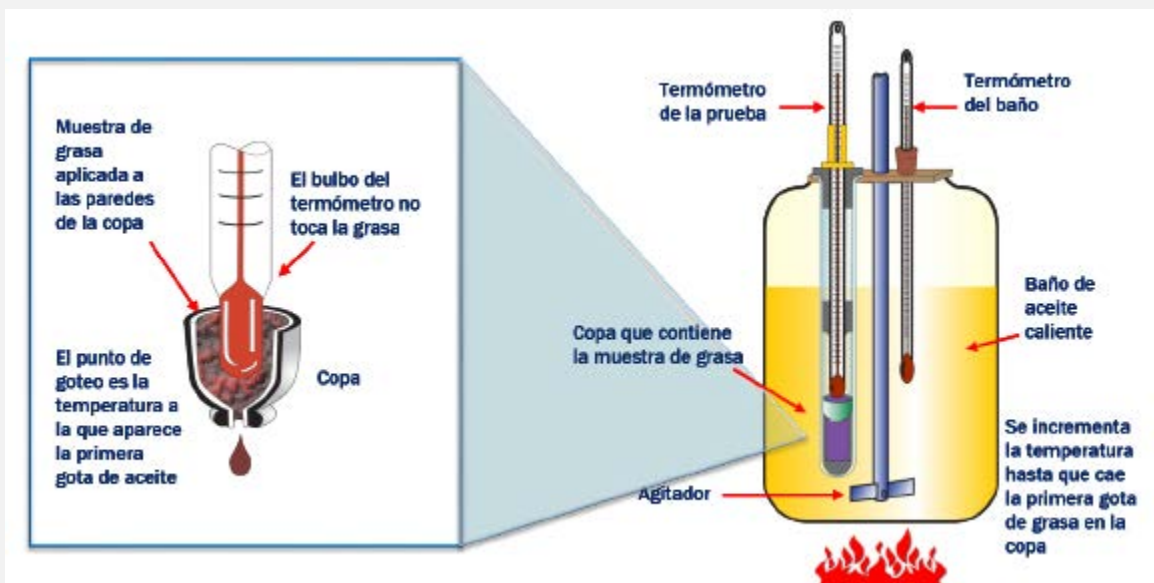
La estabilidad después del corte, que determina características como la deformación de las grasas, puede ser descrita en términos de viscosidad aparente. El reómetro proporciona la viscosidad de corte al comienzo y al final de la prueba y reporta la disminución de la viscosidad en términos de porcentaje.

Con este indicador y comparándolo con diferentes tipos de grasas nuevas o a través de análisis de tendencia, se puede determinar la mínima temperatura a la cual la grasa puede ser utilizada, si la grasa es adecuada para rodamientos a alta velocidad y si es aceptable para tipos específicos de rodamientos.

Punto de goteo

A medida que las temperaturas se incrementan, las grasas lubricantes se comportan diferente a las grasas comestibles. Cuando se calientan, estas no se derriten como la mantequilla o el aceite de coco, sino que apenas cambian cuando la temperatura sube debido a que el espesante mantiene al aceite base firmemente disperso. Una vez que se alcanza la temperatura crítica del espesante, se comienza a debilitar la estructura del jabón.

Para medir el punto de goteo, una muestra de grasa es calentada en un dispositivo de prueba hasta que una gota de aceite pasa a través de la abertura de la copa, cayendo al fondo del tubo de ensayo. Las grasas fabricadas con espesantes tipo gel o arcillas, con puntos de goteo por encima de los 300°C, se dice que no tienen punto de goteo.



No siempre habrá una correlación entre el punto de goteo de una grasa y su máxima temperatura de operación. Por supuesto, la máxima temperatura estará siempre muy por debajo del punto de goteo. Junto con el espesante, el tipo de aceite base tiene relación con la máxima temperatura de operación de la grasa.

Un bajo punto de goteo en una grasa usada en comparación con una grasa nueva puede ser causado por una mezcla de grasas de diferentes tipos de espesantes, grasa contaminada con agua u otros fluidos extraños, o por altas cargas que debilitan la estructura mecánica de la grasa.

Voltimetría de escaneo lineal

La voltimetría de escaneo lineal, también conocida como RULER, mide la cantidad de inhibidores de oxidación del tipo amina y fenol en una muestra de grasa. Debido a que las grasas lubricantes son afectadas por elementos tales como el tiempo y la temperatura, normalmente contienen aditivos antioxidantes, conjuntamente con aditivos de extrema presión y antidesgaste. Estos aditivos con el uso se agotan. Por lo tanto, los intervalos de relubricación deben ser ajustados en función del agotamiento de los niveles de aditivos.

La espectrometría infrarroja puede identificar la oxidación del aceite básico mineral en las grasas, pero no la puede detectar en aceites básicos sintéticos. Para este tipo de grasas se recomienda la prueba de RULER. Comparando las curvas de grasas nuevas y usadas, se puede determinar la vida útil remanente de la grasa, así con el intervalo para la próxima relubricación.

Extracción con solvente (Soxhlet)

Dado que la viscosidad del aceite es un factor clave en el cálculo de la vida útil de los rodamientos, la mayoría de los fabricantes de grasa proporcionan la información relacionada con el tipo de aceite básico. Sin embargo, no existen regulaciones relacionadas con este tema. En general, las grasas con aceite base de alta viscosidad son consideradas mejores.

Para medir la viscosidad, se deben tener en cuenta todos los componentes del fluido incluidos el aceite básico, los aditivos y los mejoradores del índice de viscosidad (MIV). La viscosidad es entonces determinada en función de esta mezcla. Este valor de viscosidad tiene poco en común con la forma en que se calcula la viscosidad requerida por un rodamiento, en razón de que la grasa no libera parte del espesante en la pista del rodamiento.

Un extractor Soxhlet puede separar el componente líquido de la grasa del espesante. El aceite extraído en este método solo contiene sustancias líquidas. Polímeros o suplementos adhesivos, mejoradores del índice de viscosidad y aditivos sólidos se mantienen en el espesante.

Luego de extraer el aceite base del espesante, se puede obtener información de la concentración del espesante y del aceite en la grasa. Separando los componentes sólidos y el aceite se puede llevar a cabo un análisis más detallado del aceite base con relación a su viscosidad, composición y nivel de aditivación.

Extracción con solvente (Soxhlet)

Incluso las grasas se pueden volver “ácidas”. La oxidación del aceite básico, el agotamiento de aditivos antidesgaste, o el ingreso de fluidos salados, dan como resultado el desarrollo de compuestos ácidos en las grasas. Los ácidos destruyen los espesantes alcalinos, haciendo que la grasa adquiera una consistencia parecida a una sopa, separándose el aceite del jabón. La grasa saldrá de la superficie del rodamiento, haciendo que este falle.

Varias reacciones hacen que la grasa se vuelva ácida. Cuando esto sucede, se debe relubricar en intervalos más seguidos.

El número de neutralización ayuda a determinar cuándo la grasa no está apta para seguir siendo utilizada, además de verificar si el espesante y la base lubricante pueden ser mejorados.

Resistencia al agua

Aunque es más fácil sellar los puntos de lubricación con grasa que con aceite, esta debe ser resistente al agua. Las grasas hidrofóbicas proporcionan un sello eficiente al lavado con agua. Si una grasa puede emulsionar con el agua, se corre el riesgo de corrosión y de fragilización por hidrógeno (embrittlement).

Una prueba sencilla para evaluar la resistencia al agua, consiste en colocar una fina capa de grasa sobre una lámina de vidrio. La capa de grasa puede tornarse turbia, blanca lechosa o disolverse completamente al absorber humedad cuando se sumerge en agua, indicando baja resistencia al agua. Si el agua se desplaza sobre la capa de grasa, esta será considerada como resistente al agua.

Corrosión al cobre

Para esta prueba, una tira o lámina de cobre es cubierta completamente con grasa y colocada en un porta espécimen lleno con la misma grasa. El porta espécimen es sellado y colocado por cierto tiempo dentro de un baño de calentamiento. Una vez completado el tiempo de prueba, se remueve la tira o lámina de cobre, se limpia cuidadosamente con un solvente y se seca. El nivel de corrosión se determina utilizando una escala de colores para comparar la decoloración de la tira o lámina de cobre.

Esta técnica es utilizada para investigar las características corrosivas de las grasas en presencia de cobre, ya que el nivel de azufre solo no proporciona suficiente información sobre la posible corrosión de las partes metálicas de las máquinas. La prueba revela si los aditivos que se supone reducen el efecto de los compuestos de azufre aún están trabajando y cómo la grasa se comportará en términos de la corrosión de metales no ferrosos cuando se utiliza en las jaulas de los rodamientos.

Por supuesto, todas estas pruebas dependerán de la habilidad para obtener una muestra representativa. Sin este elemento esencial, es prácticamente imposible realizar un buen análisis y un diagnóstico confiable.



Estrategias de entrenamiento para el control de la contaminación

Merriam-Webster define un contaminante como “algo que hace que un lugar o una sustancia (como el agua, el aire o los alimentos) ya no sean adecuados para su uso; algo que contamina algún lugar o sustancia”. Los programas efectivos de lubricación se centran en el control de la contaminación. Sin embargo, a menudo un contaminante es pasado por alto, y tiene el potencial de ser el más destructivo y costoso de todos los contaminantes, posiblemente más costoso que todos los otros contaminantes juntos ¿Cuál es este contaminante tan crítico? Lo crea o no, son sus técnicos de lubricación y administradores de los programas de lubricación. Son potencialmente su contaminante más costoso y dañino, y la falta de entrenamiento es lo que los puede hacer tan destructivos.

¿Quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo?

En el desarrollo de una estrategia de control de contaminación para este contaminante desconocido, debe buscar quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo. “Dónde” es su planta, “cuándo” es siempre y “qué” es el contaminante. “Quiénes” son todos los involucrados en el programa de lubricación, como técnicos, gerentes, compras, envíos/recepción, mantenimiento, operaciones/producción, etc.

En la Marina, aprendí que la gente no hace las cosas por dos simples razones, que pueden resumirse como “no puedo” o “no quiero”. El “no quiero” por lo general es fácil de diagnosticar. Es un rechazo para hacer lo que se pide y es bastante sencillo de plantear. El “no

puedo” también es fácil de diagnosticar. La persona no tiene una visión clara en cuanto a lo que es el trabajo o no tiene las herramientas o el entrenamiento adecuado. Por lo regular, esto solo requiere comunicación. Por lo tanto, tómese el tiempo para explicar cada tarea, describiendo cuáles son las expectativas y cuál es el resultado final esperado. Con esta comunicación, puede identificar cuáles herramientas son necesarias y si tiene las herramientas para completar las tareas.

También debe determinar si las personas tienen las habilidades y conocimientos necesarios para las tareas. Es posible proporcionar el conocimiento requerido para que el personal esté listo para realizar las tareas en un tiempo relativamente corto, pero las habilidades necesarias pueden ser un poco más problemáticas. Es posible que exista una diferencia entre el trabajo y las habilidades y que la persona nunca pueda completar la tarea satisfactoriamente.

“Por qué” es un poco más complejo, como lo es el “cómo”. Numerosas organizaciones invierten en entrenamiento para su equipo de trabajo, enviando a capacitación a su personal a cursos públicos, organizando eventos privados de capacitación y luego sometiéndolos a exámenes de certificación. Si bien estos métodos son una excelente manera de explicar el “qué” de la lubricación, su programa está destinado a fallar si todas las partes involucradas no entienden el “por qué”. “¿Por qué nos involucramos en esto?” “¿Por qué es importante para la organización?” Responder a estas preguntas es esencial para cualquier proceso de gestión de cambios.

He guardado intencionalmente para el final el “cómo”. En casi todas las clases que imparto, realizo la siguiente pregunta: “¿Qué tan difícil es manejar una pistola de engrasar?” Aunque la mecánica de esta tarea es muy simple, ¿sabe cuánta presión puede generar una pistola de engrasar? ¿Sabe cuánta presión se necesita para romper un sello de labio o empujar los escudos y sellos entre los elementos de un rodamiento? ¿Puede ver un reporte de análisis de aceite y saber si la muestra es del lubricante correcto solo con los resultados de las pruebas? ¿puede identificar los compuestos químicos que conforman ciertos aditivos? ¿Cuántos de sus técnicos de lubricación pueden responder estas preguntas?.

Estoy constantemente sorprendido de cómo los técnicos de lubricación están regularmente en el extremo inferior de la escala en una organización de mantenimiento. Los técnicos de lubricación debidamente entrenados y equipados son los ojos y oídos del equipo de mantenimiento. Son la base del mantenimiento. No es raro que un equipo de técnicos en lubricación completamente capacitados genere el 70-80 por ciento de las órdenes de trabajo. Ellos son los que realizan la mayoría de las inspecciones e identifican la mayoría de los problemas. Sin embargo, para ser efectivos, estas personas deben ser entrenadas en las técnicas apropiadas de inspección.

Volvamos al punto de qué tan difícil es manejar una pistola de engrasar. ¿Qué se siente cuando un sello se daña debido a un exceso de grasa o a una presión demasiado alta?

Explicar esto es como tratar de describir el color rojo a una persona ciega. Si no lo ha sentido, es difícil de entender. Muchos aspectos de la lubricación son así. Con frecuencia, el entrenamiento en el aula es inadecuado para la tarea. La mayoría de las personas aprenden mejor con la práctica. Aunque mucho, si no todo, el “quién”, “qué”, “cuándo”, “dónde” y “por qué” de la lubricación se puede enseñar en el aula de clases, el “cómo” se enseña mejor en campo utilizando el método de te digo y te muestro. Los instructores pueden “decirle” cómo, pero para “mostrarle” se requiere estar en la maquinaria instalando un respirador, mirilla, conexión rápida, etc.



Llenando el vacío de conocimiento

La edad promedio de los trabajadores calificados en los Estados Unidos está entre los 53 y 57 años. Cuando estas personas se retiren, ¿quién los reemplazará? ¿Cómo llenará el vacío de conocimiento que existe en su planta? Una respuesta es contar con procedimientos bien escritos y detallados para garantizar que los técnicos puedan realizar el trabajo independientemente de cuánto tiempo hayan ocupado el cargo. Los procedimientos pueden proporcionar la base para su programa de entrenamiento, pero lamentablemente la mayoría son muy primitivos con instrucciones como: “Aplique a la máquina ‘A’ cuatro bombazos de grasa y a la máquina ‘B’ tres bombazos de grasa.” Un procedimiento efectivo define cuánta grasa se aplica en un bombazo de grasa para conocer con precisión qué cantidad de grasa se debe poner en el rodamiento o sello.

Muchos técnicos de lubricación y administradores de programas de lubricación requerirán entrenamiento práctico para el “cómo” de la lubricación. Esto no debe proporcionarse desde un punto de vista teórico, sino a través de cursos y guías reales. Durante la capacitación, los técnicos deben realizar tareas de lubricación bajo la supervisión de un consultor, quien luego evalúa la competencia. Al final de la capacitación, su equipo de lubricación debe poder implementar y ejecutar su programa de lubricación como si tuviera consultores en la planta realizando los trabajos.

Recuerde, incluso si ha invertido grandes cantidades de recursos en su programa, es posible que deba invertir en la capacitación de los integrantes de su equipo para que puedan ejecutar sus procedimientos correctamente. Al aplicar estas estrategias, puede desarrollar un programa de capacitación que abordará, reducirá y posiblemente eliminará el contaminante más destructivo de su planta.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/tip-de-hoy-controle-la-contaminacion-dentro-del-presupuesto/>



Estrategias de control de contaminación para turbomaquinaria

Turbomaquinaria es sinónimo de equipo altamente productivo, altos costos y uso de altos volúmenes de lubricante. Por esta razón, el control de la contaminación es crítico para la operación confiable y la larga vida de estas máquinas.

Una buena estrategia de control de la contaminación no solo identificará los contaminantes potenciales, sino que también determinará su fuente y establecerá métodos para controlarlos y medirlos de forma consistente. Definir los objetivos de limpieza o los niveles máximos de concentración será importante para seleccionar el enfoque apropiado de eliminación de contaminantes.

En este artículo se discutirán los contaminantes más comunes que pueden estar presentes en turbomaquinaria, tales como partículas sólidas, agua, aire, calor y barniz, así como las estrategias que pueden implementarse para controlarlos.

Partículas sólidas

Las partículas sólidas pueden provenir del ambiente de la máquina, producirse internamente por la operación de la máquina o introducirse durante las actividades de instalación, puesta en marcha o mantenimiento. Estas partículas pueden ser dañinas en función de su tamaño, dureza, peso y angulosidad. Pueden causar abrasión en las superficies deslizantes, así como fatiga de superficie (picado/pitting) en las superficies de contacto rodante. Partículas muy pequeñas (menos de 5 micrones) pueden causar que los componentes se atasquen en donde las tolerancias son muy estrechas, como en las servoválvulas. Los contaminantes sólidos también pueden generar más partículas como resultado del desgaste de la máquina.

Dependiendo de su composición, este tipo de contaminante puede ser monitoreado por diferentes medios. El conteo de partículas es la prueba más representativa para medir la presencia de partículas sólidas. Los resultados generalmente se reportan basándose en el estándar ISO 4406:99.

Para partículas metálicas se puede utilizar las pruebas de análisis de elementos o densidad ferrosa, o el método de filtración por membrana para observar las partículas con un microscopio. El análisis de elementos y la prueba de filtración por membrana también pueden emplearse para partículas no metálicas. Las partículas orgánicas (insolubles suspendidos) pueden determinarse con espectrometría infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR).

Asegúrese de definir sus objetivos de limpieza y discutirlos con el fabricante original de la maquinaria (OEM, por sus siglas en inglés). También debe considerar la exclusión de contaminantes o eliminar las causas raíz de la contaminación. Esto implica acciones de limpieza y preservación del lubricante antes de que entre en servicio en la máquina, así como modificaciones y procedimientos para mantener el sistema de lubricación de la máquina aislado de fuentes de contaminación.

Estas acciones incluyen la filtración adecuada. Una centrífuga también puede ayudar a eliminar los altos niveles de concentración de contaminantes (por ejemplo, agua libre, tierra y partículas de desgaste).

Por último, no olvide eliminar los contaminantes que ingresan al lubricante durante la operación normal de la máquina. Esto puede lograrse a través de métodos similares y mediante el uso de sistemas de filtración instalados en la máquina.

Agua

La contaminación con agua puede provenir de diversas fuentes, incluyendo la condensación simple de la humedad atmosférica. En turbomaquinaria, el agua puede producir oxidación y corrosión, impedir la creación de la película lubricante, acelerar el desgaste adhesivo, y causar cavitación vaporosa. Dentro del lubricante en servicio, el agua puede conducir a la formación de ácidos, propiciar el aumento de generación de espuma, aire atrapado, degradación del aceite básico por hidrólisis y lavado de aditivos por agua (mecanismo de agotamiento). También es un factor que contribuye a la formación de lodos y barnices.

La contaminación con agua se puede medir en campo con instrumentos poco costosos, como la prueba de crepitación o un kit de hidruro de calcio. En el laboratorio, se puede utilizar el método coulométrico de Karl Fischer, incluyendo codestilación para reducir el riesgo de interferencia de aditivos.

Una vez más, la mejor estrategia debe involucrar la exclusión y remoción de contaminantes. Los métodos más eficaces para eliminar agua incluyen la deshidratación por vacío, el asentamiento (para eliminar agua libre) y centrifugado. Un buen objetivo de humedad para aceite de turbinas puede ser de 250 partes por millón o 0.025 por ciento.

Aire

La contaminación con aire tiene dos causas raíz. La primera está relacionada con la operación de la máquina o del sistema de lubricación, cuando las condiciones producen alta turbulencia o poco tiempo de residencia del lubricante en el depósito. También puede haber una fuga de aire o una baja presión en la succión de la bomba o en la línea de retorno de aceite. Esto ocasionará aire atrapado, que puede conducir a la formación de espuma.

La segunda causa raíz involucra la condición o salud del lubricante. Si un lubricante está contaminado, oxidado, o su aditivo antiespumante se ha agotado, tendrá más problemas de aireación.

Un poco de aire atrapado en la sección de retorno del tanque puede ser normal debido a la operación de la máquina. Sin embargo, el aire debe ser considerado un contaminante si afecta la salud del lubricante o la operación de la máquina. Las burbujas

de aire intensifican el contacto del lubricante con el oxígeno, acelerando la oxidación y la formación de ácidos. Estas burbujas también pueden producir microdieseling (autoignición).

Tenga en cuenta que el aire no es un lubricante, por lo que la película de aceite puede fallar en puntos críticos. La cavitación puede ser el resultado de la implosión de burbujas de aire o de vapor donde aumenta la presión del lubricante en el sistema de circulación.

El aire también puede crear un peligro potencial de seguridad. El exceso de espuma puede derramarse fuera del sistema o causar escurrimientos que afecten la seguridad alrededor de la máquina. Para más información sobre la contaminación con aire.

Una prueba de campo simple para monitorear la salud del lubricante consiste en tomar una muestra de aceite del tanque y esperar 10 minutos para que la espuma se disipe. Si una cantidad importante de espuma permanece después de 10 minutos, puede indicar una alerta. Haga que su laboratorio realice una prueba para medir la tendencia/estabilidad de espuma o efectúe la prueba de separación de burbujas de gas. Si no se informa un nivel de advertencia o alerta, el problema puede estar en la operación del sistema.

El análisis de aceite será necesario para confirmar si la causa raíz del aire está en el lubricante. Si no es así, tendrá que inspeccionar cuidadosamente todo el sistema para identificar condiciones de agitación excesiva, verificar el tamaño del depósito de aceite o detectar posibles fugas de aire en las líneas de succión o retorno.

Calor

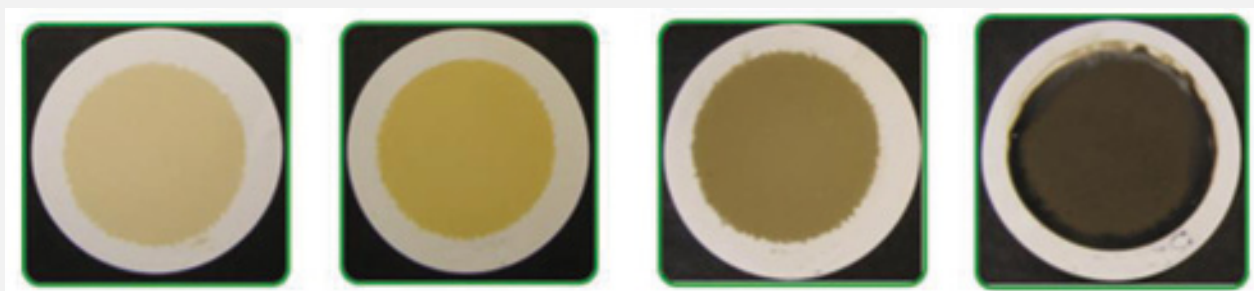
El calor puede ser generado por el ambiente de la máquina (calor ambiental, vapor, combustión, etc.), la operación normal de la máquina o la fricción fluida del aceite en el sistema de lubricación. El calor adicional se produce cuando hay una condición anormal en el sistema, tal como un lubricante incorrecto, problemas mecánicos/operacionales o calor excesivo del proceso de producción o del ambiente.

Cuanto más alta es la temperatura del lubricante, estará más propenso a la oxidación y más corta será su vida útil. La temperatura también es un factor en la generación de barniz y lodos, agotamiento de aditivos y acortamiento de la vida útil de los componentes de la máquina.

Las máquinas tienen un rango normal de temperatura de operación que debe ser identificado y controlado. Los sensores de temperatura, pistolas de calor y tecnologías termográficas son herramientas esenciales para monitorear la temperatura de las máquinas y los lubricantes. También se pueden utilizar otros instrumentos indirectos.

Barniz

El barniz es el resultado de diversos factores que actúan de forma independiente o combinados para generar compuestos microscópicos en el lubricante. Estos compuestos permanecen inicialmente disueltos debido a las propiedades de solvencia natural del lubricante. Sin embargo, si la concentración de estas partículas continúa aumentando, pueden volverse insolubles y adherirse a las superficies de los componentes de la máquina. Los compuestos insolubles en el aceite se conocen como potencial de barniz. Cuanto más altas sean las propiedades de solvencia del lubricante, más compuestos permanecerán disueltos sin convertirse en barniz. Además, la solvencia es altamente dependiente de la temperatura. Los aceites frescos y las superficies frescas de la máquina son más propensos a problemas de barniz.



Estas imágenes muestran los resultados de una prueba MPC (colorimetría de membrana) en cuatro aceites diferentes. El que está en la extrema izquierda se considera que está en el nivel de advertencia, mientras que los otros tres están en el rango crítico.

Varios elementos influyen en el potencial de barniz de un aceite, incluyendo el microdieseling (autoignición), descargas eléctricas en el lubricante, oxidación del lubricante, falla térmica, aire atrapado y contaminación con otros lubricantes o sustancias. Dependiendo de las causas raíz, se pueden generar diferentes tipos de compuestos de barniz. Se podría decir que el barniz es solo una expresión genérica de los diversos compuestos posibles.

6 consejos para el control de contaminación

1. Los contaminantes afectan con frecuencia la tendencia y estabilidad de espuma de un lubricante, así como la separabilidad del agua. Si detecta más espuma de lo normal o problemas de demulsibilidad, puede ser un indicador de contaminación del lubricante.
2. La contaminación cruzada con otros lubricantes, solventes, agentes limpiadores o lubricantes utilizados durante el armado de la máquina pueden generar barniz y problemas de desempeño del lubricante.

3. Los métodos de remoción de contaminantes también pueden eliminar algunos de los aditivos del aceite. En la mayoría de los casos, esto no es preocupante, pues el beneficio de limpiar el aceite es mucho mayor que la potencial remoción de aditivos. Por supuesto, hay excepciones. Si se sospecha un posible agotamiento de aditivos como resultado de métodos de purificación del lubricante, se debe realizar un estudio con el apoyo del análisis de aceite.
4. La contaminación de la muestra de lubricante puede dar lugar a un falso positivo en el reporte, aunque realmente no hay contaminación en el lubricante que está trabajando en la máquina.
5. Para confirmar los resultados del análisis del lubricante, tome nuevamente una muestra y repita las pruebas. Puede haber algunas diferencias debido a diversos factores implicados en los protocolos de prueba.
6. Los lubricantes sintéticos pueden ofrecer mejores condiciones para resistir temperaturas de operación más altas, reduciendo la fricción fluida y proporcionando una mejor solubilidad.

El barniz puede depositarse en varios componentes del sistema de lubricación y puede reducir las propiedades de transferencia de calor, saturar los filtros, disminuir el espesor de la película lubricante, reducir el flujo o causar obstrucción de válvulas o líneas de lubricación.

La colorimetría de membrana (MPC) es una prueba común usada para monitorear el potencial de barniz. Reporta la concentración del potencial de barniz por color y proporciona una puntuación. Otras pruebas que pueden identificar o caracterizar el barniz son ultracentrífuga y FTIR.

Su primer curso de acción debe ser determinar las causas del barniz para eliminarlas o minimizarlas. Es posible que se requiera un análisis formal de causa raíz junto con pruebas de laboratorio por excepción para medir la concentración de barniz y caracterizar su tipo. También hay productos para ayudar a corregir el problema, aunque es posible que no eliminen la causa raíz. Entre estos están algunos aditivos detergentes, aceites básicos que mejoran la solvencia del lubricante y aceites de alta calidad, como son los poliglicoles.

Independientemente del tipo de contaminación, el lubricante debe mantenerse limpio, fresco y seco. También debe aplicarse en el lugar correcto, en la cantidad correcta y con la frecuencia correcta. Si todos estos objetivos se mantienen consistentemente, podrá maximizar el desempeño y la vida útil de su turbomaquinaria.

Otros artículos de interés

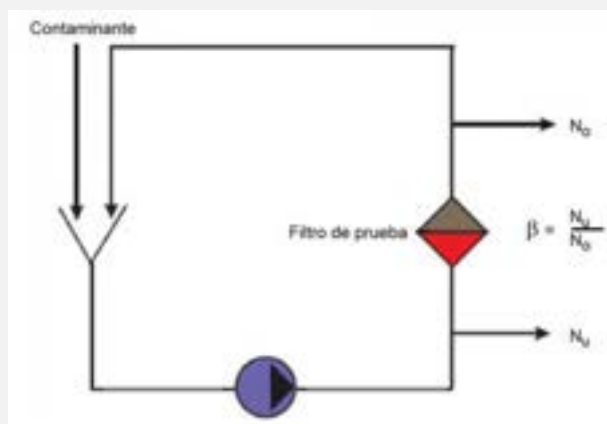
<https://noria.mx/lublearn/estrategias-para-el-control-de-la-contaminacion-en-ambientes-polvorientos/>



Prueba de múltiples pasadas

Si bien los métodos descritos anteriormente pueden verificar la eficiencia del filtro de aceite, también pueden hacerlo otras pruebas, como la de múltiples pasadas (ISO 16889). Esta prueba está diseñada para filtros de presión plisados para establecer una medida para que los fabricantes ilustren el desempeño de los filtros de aceite. También puede ser utilizado por los usuarios para comparar las propiedades y el desempeño de varios filtros.

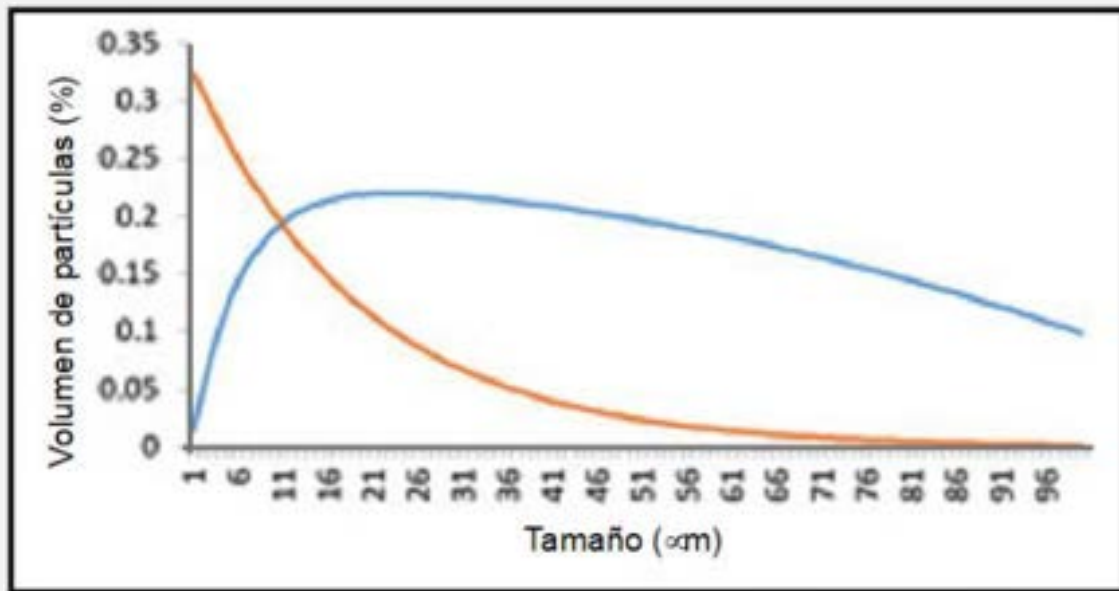
El valor beta expresa una cuota de eficiencia en un tamaño de partícula dado. Por ejemplo, Beta3 = 75 significa que por cada partícula de 3 micrones que ha escapado a través del filtro, se han retenido 75 piezas de partículas de 3 micrones. Esto se puede calcular en un porcentaje de eficiencia como: $(1 - (1/75)) \times 100 = 98.67$ por ciento.



Prueba de múltiples pasadas

Desafortunadamente, las pruebas de múltiples pasadas no pueden usarse para filtros de profundidad. La mayoría de estas pruebas utilizan polvo de prueba medio (ISO 12103-A3), que consiste en partículas cerámicas grandes y livianas. Estas partículas son fáciles de capturar en un elemento de filtro plisado, pero en un ingreso constantemente alto, bloquearán la superficie de un filtro de profundidad de celulosa densa. Por lo tanto, los resultados mostrarán solo una fracción de la verdadera eficiencia y capacidad de retención de suciedad de los medios de profundidad.

Desafortunadamente, las pruebas de múltiples pasadas no pueden usarse para filtros de profundidad. La mayoría de estas pruebas utilizan polvo de prueba medio (ISO 12103-A3), que consiste en partículas cerámicas grandes y livianas. Estas partículas son fáciles de capturar en un elemento de filtro plisado, pero en un ingreso constantemente alto, bloquearán la superficie de un filtro de profundidad de celulosa densa. Por lo tanto, los resultados mostrarán solo una fracción de la verdadera eficiencia y capacidad de retención de suciedad de los medios de profundidad.



Este gráfico muestra la distribución de tamaño de partículas en polvo de prueba medio (azul) frente a partículas de desgaste real en el aceite (naranja).

En aplicaciones del mundo real, las partículas de desgaste, como el hierro, son pesadas y se abrirán paso lentamente a través de las delgadas capas en elementos de filtro plisados, en las cuales cualquier pulso o golpe de presión o golpes empeorará. En consecuencia, en la mayoría de las aplicaciones, un filtro en la línea de presión no se desempeñará tan bien como en los resultado de la prueba de múltiples pasadas. Para garantizar el desempeño, se recomienda incluir un filtro de profundidad fuera de línea.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/book-bits-cual-es-la-eficiencia-de-captura-de-su-filtro/>



Lubricación proactiva en práctica

Algunos estudios de confiabilidad han identificado que aproximadamente un 70% de los equipos fallan debido a problemas relacionados con la contaminación del lubricante. Lo que esto nos está diciendo es que aproximadamente el 70% de la potencial ganancia en la confiabilidad de los equipos puede ser lograda con un programa de lubricación proactivo. Una de las grandes oportunidades de incrementar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos de mantenimiento está en el campo de la lubricación.

¿Qué es una lubricación proactiva? Todos estamos conscientes del crítico papel que juega la lubricación en la funcionalidad del equipo, pero ¿cuál es el significado que hay detrás de la lubricación proactiva? A continuación una definición común de proactivo:

[Pro + reactivo]: Actuar con anticipación a problemas, necesidades o cambios futuros.

Dada la definición de proactivo, creo que se puede decir con certeza que la lubricación proactiva es la aplicación del lubricante con el propósito de reducir o eliminar fallas futuras que pueden ser controladas a través de la lubricación. Esto no significa sólo verificar el nivel de los fluidos, hacer cambios de aceite o colocar cierta cantidad de grasa en un rodamiento cuando este comienza a hacer ruido. Es ver la forma de extender activamente la vida del equipo y mejorar su desempeño.

La mayoría de las máquinas se mueven sobre una fina película de lubricante. Teóricamente, si proporcionamos una película de aceite que no permita nunca el contacto metal-metal entre las superficies, y ésta se mantiene libre de contaminantes, el equipo nunca dejaría de funcionar. Bueno, es muy bonito hablar de esta teoría, pero no vivimos en un mundo perfecto. Los contaminantes ingresan en el aceite y tenemos condiciones de operación que continuamente retan la integridad del aceite que utilizamos. Si no nos conformamos con lo que hemos logrado y nos enfocamos en mejorar la limpieza del fluido, ¡existe una gran oportunidad de ahorrar dinero en muchas partes!

En este artículo se discutirá primero la filtración, seguida de un caso de estudio real que avala el argumento de que mejorando la limpieza de los fluidos se tiene un gran impacto cuando viene acompañada de reducción de costos y mayores utilidades.

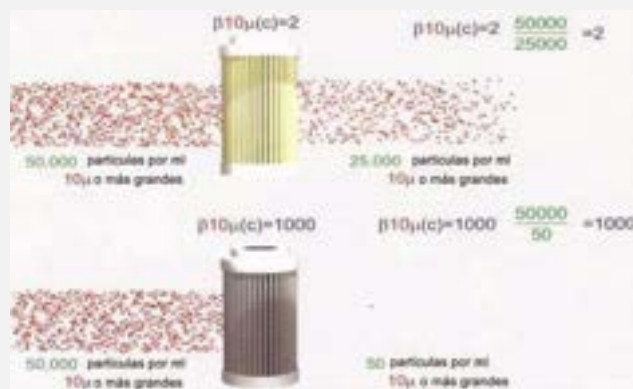
Tasa de filtración

Al considerar las opciones de filtración no se deje engañar por la publicidad. Los fabricantes de filtros tienen un objetivo, ¡vender sus filtros! Los vendedores no se preocupan comúnmente sobre cuál marca de filtro es mejor para su aplicación; ellos tienen la determinación de convencerlo de que su marca de filtros es la mejor desde que se inventó el pastel de manzana y el fútbol.

Tenga cuidado cuando analice las especificaciones de un filtro. Algunos fabricantes indican su tasa de filtración en función de un simple tamaño de partícula, por ejemplo, 3 micrones. Una tasa como esta le da muy poca información al usuario sobre el desempeño del filtro en condiciones reales de aplicación. Otra estratagema en publicidad es la de indicar una tasa de eficiencia en porcentaje a un cierto tamaño de partícula en micrones. Los filtros de mejor calidad se promocionan en función de la tasa Beta de filtración.

Tasa Beta de filtración

La tasa Beta de un filtro se expresa en algo como “3Q=1000”, lo que significa que la tasa Beta para un tamaño de partículas de 3 micrones es de 1000. Lo que nos quiere decir es que de cada 1000 partículas de 3 micrones que entran al filtro, solamente sale 1. De igual manera, si un filtro tiene una tasa Beta 3Q=200, significa que de cada 200 partículas de 3 micrones que entran al filtro, sólo una partícula de ese tamaño pasará a través de la media filtrante. A continuación una representación visual que ilustra efectivamente lo indicado.



(Cortesía de HY-PRO)

La prueba para determinar la tasa Beta de filtración está estandarizada, pero no es absoluta; lo que quiero decir es que esta prueba no puede reproducir las condiciones variables de operación que un filtro encuentra en condiciones reales de aplicación. Sin embargo, sí provee un estándar para la comparación de los filtros.

A continuación un caso de estudio que ilustra la importancia de la tasa Beta de filtración:

El ensayo fue realizado en un sistema de aceite de una laminadora con capacidad de 1150 l, usado para sumergir láminas de material que serán pasadas a través de rodillos de laminación en frío. El aceite cae a un depósito abierto, de donde es bombeado al depósito principal. Se efectuó el conteo de partículas en sitio, tomando la muestra a través de una válvula minimess, con un contador de partículas en línea. Se realizaron dos ensayos en condiciones similares y son representativos del promedio de varios ensayos que se realizaron. El primer ensayo reportado representa el desempeño de un filtro de marca “X” con una tasa beta de filtración 3Q=75, mientras que el segundo ensayo se efectuó remplazando el filtro original con uno con tasa beta de filtración 3Q=1000 (el conteo de partículas representa el número de partículas por ml de fluido).

Aceite para laminado en frío									
	Código ISO	Part/m l >4μ(c)	Part/ ml >4.6 μ(c)	Part/ ml >6μ(c)	Part/ ml >9.8 μ(c)	Part/m l >14.0 μ(c)	Part/m l >21.2 μ(c)	Part/m l >38.0 μ(c)	Part/m l >68.0 μ(c)
Filtración original Tasa Beta $\beta_{3\mu}=75$	24/1 5/5	97517 .73	3599 7.1	213	0.8	0.2	0	0	0
Filtración mejorada Tasa Beta $\beta_{3\mu}=1000$	11/8/ 2	18.53	9.27	2.13	0	0	0	0	0

Cuando comencé mi carrera como técnico en lubricación no entendía completamente el significado de la tasa de filtración y de ninguna manera habría esperado tales diferencias entre dos filtros con el mismo tamaño de poro. Obviamente, los resultados muestran disparidades importantes en la eficiencia de los dos filtros de una sola pasada.

Esto representa un problema común para muchos profesionales de la lubricación a la hora de ordenar filtros a través del departamento de compras de sus compañías. Si solicitan un filtro de 3 micrones, el comprador buscará primero un filtro con un tamaño de poro de 3 micrones y luego (presionado por la reducción de costos) buscará el filtro de 3 micrones nominal más económico que pueda encontrar. El problema es que habitualmente usted obtiene lo que usted paga! En el caso del estudio mencionado, el filtro con tasa Beta $3Q=75$ cuesta cerca de USD \$50 cada uno; la máquina utiliza 6 elementos por cambio de aceite, para un costo total de filtros de USD \$300. Los elementos se cambian semestralmente, basados en un programa de mantenimiento preventivo, resultando en un costo total anual de USD \$600. Los elementos con tasa Beta $3Q=1000$ cuestan cerca de USD \$130 cada uno y son cambiados 3 veces por año (los intervalos de cambio fueron determinados mediante un programa de monitoreo de condición) para un costo total anual de USD \$2340. Entonces, ¿dónde está la ganancia de la empresa si tiene un costo extra anual de USD \$1740?

En los 6 meses de la implementación de las mejoras en filtración, el departamento de ingeniería se acercó a los técnicos en lubricación y les preguntó si ya habían implementado las mejoras. La gerencia estaba observando un incremento de producción del 10% en la inspección final del producto debido a la calidad del acabado de la pieza, pero no podían identificar cuál era la causa que estaba generando dicho incremento. Fue por las mejoras en la limpieza del lubricante y ahorraron **USD \$100,000.00 al año!**

Como beneficio adicional, mejoró la vida de los cojinetes que soportan los rodillos de laminación, que también se lubrican con el mismo aceite de laminación. Estos cojinetes que habitualmente se cambiaban cada seis meses, han excedido dos veces sus expectativas de vida y aún se encuentran en buenas condiciones de operación. Si este patrón de incremento en la vida de los cojinetes se repite, habrá una mejora comprobada en la confiabilidad, lo cual representa un ahorro en costos de USD \$140,000.00 al año. El total de ahorro anual será entonces de **¡USD \$240,000.00!**

En pocas palabras, el comprador le puede ahorrar a la compañía USD \$1740.00 al año comprando filtros baratos. Sin embargo, una estrategia de lubricación proactiva le puede ahorrar a la compañía cerca de un cuarto de millón de dólares identificando una oportunidad de mejora y gastando un poco más en filtración. El caso de estudio anterior no es un ejemplo aislado o los ahorros más grandes que hayamos obtenido utilizando un enfoque proactivo de la lubricación. Nos hemos dado cuenta también de una reducción significativa del tiempo medio entre fallas, incrementando la disponibilidad del equipo debido a una mayor confiabilidad y en algunos casos una mejor calidad de los productos gracias a una mejor respuesta de los controles de las máquinas.

Cuando ponga en marcha un programa de mejoras en lubricación, aproveche cada oportunidad para evaluar las condiciones del fluido antes y después de la modificación. Registre los beneficios, recabando información de las áreas de producción, diseño, compras y gestión, para documentar, implementar y medir las mejoras. Si usted no puede demostrar los beneficios, es poco probable que logre el apoyo de la gerencia de su compañía y no tendrá probabilidad alguna de demostrar e implementar prácticas avanzadas de lubricación proactiva en sus instalaciones. El valor de las prácticas de lubricación proactiva con frecuencia es ignorado, por lo que si usted no documenta sus beneficios, la gerencia no será capaz de darse cuenta del valor agregado.

Entrenamiento

La lubricación es una operación de mantenimiento, que sin el entrenamiento adecuado, es difícil llegar a ser competentes. Una planta que tome en serio la confiabilidad de sus equipos procurará entrenar a sus técnicos en lubricación y reconocerá el valor de un programa de lubricación dedicado y bien diseñado. Desde el punto de vista profesional, trate de aprovechar todo el entrenamiento disponible. Tengo la fortuna de trabajar en una empresa que cree firmemente en el valor de las técnicas de lubricación proactiva y que ha animado y apoyado el entrenamiento en lubricación avanzada para cualquiera que esté dispuesto a trabajar en esta área.

Gracias a las oportunidades brindadas por mi empleador, he tenido la oportunidad de recibir entrenamiento de compañías como Noria, Lubrication Training Consultants (LTC), SKF, Chevron University y The Society of Tribologist and Lubrication Engineers (STLE). Con el entrenamiento recibido, he sido capaz de obtener numerosas certificaciones que han mejorado significativamente mis conocimientos, incrementado mis habilidades y ayudado a crecer dentro de mi empresa. Si hay algún empleador leyendo este artículo, me gustaría decirle que, si usted tiene un empleado que quiere esforzarse y dedicar tiempo adicional para su entrenamiento y certificación, es probable que éste le pague grandes dividendos. Si usted es un empleado que está leyendo este artículo y su empleador está deseoso de invertir en entrenamiento y certificación, ¡no desperdicie la oportunidad!

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/como-minimizar-el-tiempo-de-paro-en-sistemas-hidraulicos-con-una-filtracion-adecuada/>



**¿Qué tan importante es el
código de contaminación
sólida ISO 4406:17?**

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) ha desarrollado un código de contaminación sólida, el cual es el dato principal a revisar en la mayoría de los reportes de resultados de análisis de aceites industriales. El valor de este código puede ayudar a determinar el nivel general de limpieza de un sistema bajo monitoreo. La mayoría de las veces, un usuario final puede establecer objetivos a cumplir, lo que permite tener un nivel de confianza en la medida en que la muestra de aceite analizada cumple los objetivos establecidos.

La tendencia mundial en análisis de aceite es darle mucho crédito al código de contaminación sólida ISO. Algunos laboratorios han comenzado a reportar solo el resultado del código ISO. Hay también una fuerte dependencia de estos resultados por parte de los usuarios finales.

El código de contaminación sólida ISO es una estupenda herramienta para el establecimiento de alarmas y objetivos para alcanzar y mantener todo lo concerniente a la limpieza del sistema. También es un elemento que puede ser utilizado como indicador de desempeño clave (KPI) para darle seguimiento, graficar y enviar los resultados. Sin embargo, el código de contaminación sólida ISO puede jugar un papel secundario cuando se trata de evaluar los resultados del análisis de una muestra de aceite.

73%

de los visitantes a machinerylubrication.com han utilizado el código de contaminación sólida ISO para establecer sus alarmas de niveles de contaminación sólida de sus sistemas

¿Cómo se determina el código de contaminación sólida ISO?

La mayoría de las muestras de aceite a las cuales se les analiza el contenido de partículas son evaluadas de acuerdo a lo que se conoce como conteo automático de partículas (APC). El patrón de calibración actual para APC es el ISO 11171. Cuando se envía una muestra para analizarla según APC, las partículas son contadas bien sea por el método del contador óptico láser o por el contador por bloqueo de poro. Aunque los laboratorios pueden reportar diferentes niveles de tamaños de partículas en micrones, un ejemplo de varios tipos de reportes incluyen niveles de tamaño de partículas mayores de 4, 6, 14, 21, 38, 70 y 100 micrones.

¿Qué tan importante es el código de contaminación sólida ISO 4406:17?

En este ejemplo, puede observar cómo se le asigna un código de contaminación sólida a la cantidad de partículas de un tamaño determinado, basado en donde cae el valor en la tabla. En este caso, el código de contaminación sólida es 20/17/13

Tamaño	Partículas/ml	Código ISO
> 4 micrones	9,721	20
> 6 micrones	1,254	17
> 10 micrones	326	
> 14 micrones	73	13
> 21 micrones	12	
> 38 micrones	5	
> 70 micrones	0	
> 100 micrones	0	

Más de (part/ml)	Hasta e inclusive (part/ml)	Código ISO
80,000	160,000	24
40,000	80,000	23
20,000	40,000	22
10,000	20,000	21
5,000	10,000	20
2,500	5,000	19
1,300	2,500	18
640	1,300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2.5	5	9
1.3	2.5	8

Tabla 1 - Ejemplo de asignación del código de contaminación sólida

El ISO 4406:17 es el estándar para reportar el nivel de contaminación sólida de los fluidos. De acuerdo a este estándar, se asigna un código (número) a la cantidad de partículas, contadas en tres diferentes niveles de tamaño en micrones: mayores de 4, 6 y 14 micrones. El código ISO se asigna de acuerdo a lo indicado en la Tabla 1. Puede verse en el ejemplo de la izquierda.

Sin embargo, sin analizar los resultados en bruto, lo único que podemos determinar positivamente con el código ISO es si una muestra ha alcanzado el objetivo establecido. El código ISO no ayuda a determinar cualquier tipo de información con relación a la tendencia real de la contaminación a menos que los valores de los datos en bruto a un tamaño de partícula dado, cambien lo suficiente como para incrementar o disminuir el código ISO.

100 ml	1 ml	Exponente	Más de (part/ml)	Hasta e inclusive (part/ml)	Código ISO
16,777,216	167,772.2	24	80,000	160,000	24
8,388,608	83,886.08	23	40,000	80,000	23
4,194,304	41,943.04	22	20,000	40,000	22
2,097,152	20,971.52	21	10,000	20,000	21
1,048,576	10,485.76	20	5,000	10,000	20
524,288	5,242.88	19	2,500	5,000	19
262,144	2,621.44	18	1,300	2,500	18
131,072	1,310.72	17	640	1,300	17
65,536	655.36	16	320	640	16
32,768	327.68	15	160	320	15
16,384	163.84	14	80	160	14
8,192	81.92	13	40	80	13
4,096	40.96	12	20	40	12
2,048	20.48	11	10	20	11
1,024	10.24	10	5	10	10
512	5.12	9	2.5	5	9
256	2.56	8	1.3	2.5	8

Tabla 2 - Comparación entre los resultados calculados para cada nivel exponencial y cómo se relacionan estos con la tabla del código de contaminación sólida ISO

¿Qué nos dice el código de contaminación sólida ISO?

Es fácil observar la tabla del código ISO y notar el patrón. En cada fila, el límite superior para cada código es aproximadamente el doble del límite inferior para el mismo código. Del mismo modo, los límites superiores e inferiores son el doble de los límites superiores e inferiores del código inmediatamente anterior. Esto se conoce como una serie de Renard.

La unidad de medida del conteo de partículas es “partículas por mililitro de muestra.” Los contadores de partículas usados en los laboratorios utilizan más de un mililitro de muestra por ensayo. Durante el ensayo, los instrumentos utilizan aproximadamente 100 mililitros de muestra. La cantidad de partículas se cuenta en función de este valor. El número total de partículas se compara entonces con el valor que se obtenga de elevar exponencialmente el número 2 a determinada potencia, y ese exponente representa el código ISO de contaminación sólida para ese tamaño de partícula.

Mantenerse limpio

¿Por qué la limpieza es importante? La respuesta es simple: la competencia. En un mercado mundial tan competitivo, donde los productos pueden potencialmente ser fabricados y embarcados desde el extranjero a un costo más bajo de lo que se puede producir en el país, es necesario mantener un nivel preciso de confiabilidad y productividad para conservar los costos a niveles manejables. Lubricantes y componentes libres de contaminantes extenderán el tiempo de vida de ambos, y en consecuencia, incrementarán la confiabilidad total de los equipos.

Utilizando el ejemplo anterior (20/17/13), esto significa que el contenido de partículas mayores de 4 micrones, la cantidad medida estuvo por debajo de 220 y por encima de 219. Puesto que los resultados del conteo de partículas se expresan en partículas por mililitro, los resultados brutos deben ser divididos por 100.

Aunque la regla general indica que por cada incremento en el código ISO de contaminación sólida, la cantidad de partículas se duplica, la realidad en cada situación es distinta. Debido a que la cantidad de partículas permisibles se duplica entre códigos, es posible que la cantidad de partículas se pueda incrementar por un factor de 4 y sólo aumentar un código ISO de contaminación sólida.

4 µm	6 µm	14 µm	Código ISO	
1,301	321	41	18/16/13	
2,500	640	80	18/16/13	
2,501	641	81	19/17/14	Una partícula más
5,000	1,300	160	19/17/14	4 veces más partículas

Tabla 3 – Este ejemplo muestra cómo puede tener de dos a cuatro veces el ingreso de partículas y sólo incrementar un código de contaminación sólida o no tener incremento alguno.

Esto puede llegar a ser un problema cuando usted establece un código de contaminación sólida de 19/17/14, el resultado de su muestra anterior fue de 18/16/13, y el resultado de la más reciente es 19/17/14. Para todos los efectos del reporte, usted ha alcanzado y se mantiene dentro del objetivo de limpieza de 19/17/14. Esto sugiere que el componente se encuentra en un estado “normal”. Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, es muy fácil ver cómo usted puede tener dos o hasta cuatro veces el contenido de partículas y sólo haberse incrementado en un número el código ISO o no tener incremento alguno.

El código de contaminación sólida ISO debe ser utilizado como un objetivo. Es un valor fácil de rastrear en los reportes de indicadores clave de desempeño y que la mayoría de las personas puede entender fácilmente. Sin embargo, utilizar el código de contaminación sólida ISO para determinar la condición de la maquinaria está limitado en cuanto a su efectividad. Los datos crudos del conteo de partículas le permiten al usuario final confirmar los resultados de otros ensayos, tales como el análisis espectrométrico de metales o el índice ferroso. El código de contaminación sólida ISO por sí solo, no permite que ocurra esta confirmación cruzada. Revisar los datos duros del contenido de partículas en todos los niveles reportados es absolutamente vital para una interpretación de calidad de los resultados del análisis de aceite.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/indicadores-para-demostrar-la-efectividad-de-su-programa-de-lubricacion/>



Carros de filtración: Una revisión técnica

Los carros de filtración de aceite son una forma portátil de filtrar aceite nuevo y usado, tomar muestras de aceite y transferir aceite desde y hacia contenedores de almacenamiento y máquinas. A continuación, discutimos cómo seleccionar, configurar y usar un carro de filtración de aceite.

¿Qué es un carro de filtración de aceite?

Los carros de filtración de aceite son una forma portátil de filtrar múltiples tipos de aceite nuevo y usado, tomar muestras de aceite y transferir aceite desde y hacia contenedores de almacenamiento y máquinas. Los carros de filtración de aceite ahora se consideran una necesidad cuando se trata de tener un programa de lubricación efectivo gracias a sus muchos beneficios y usos. Los carros de filtración se pueden personalizar para adaptarse a las especificaciones y usos de cualquier planta o fabricante. La mayoría de los carros de filtración incluyen un puerto de muestreo de aceite y una válvula de derivación (que se describe a continuación) para permitir que los lubricantes circulen o se transfieran sin ser filtrados. Un carro de filtración confiable también incluye una advertencia cuando la unidad está saturada o necesita mantenimiento. Otros beneficios y usos de los carros de filtración de aceite incluyen:

- Transferencia de lubricantes a contenedores de almacenamiento
- Transferencia de aceite filtrado a una máquina
- Limpieza de lubricantes almacenados
- Alcanzar nuevos estándares de limpieza de aceite
- Reacondicionamiento o descontaminación de lubricantes actualmente en uso
- Drenado de aceite usado del equipo
- Proporciona funciones de control de contaminación como limpieza de mangueras, lavado de potencia, lavado con boquilla direccionada y lavado de línea.

Los carros de filtración de aceite suelen pasarse por alto cuando se trata de aceite nuevo, pero ofrecen muchos beneficios al manipularlo y almacenarlo. Filtrar aceite nuevo siempre se considera una mejor práctica, especialmente cuando el aceite se ha almacenado durante más de un año o se ha almacenado en el exterior.

En general, los carros de filtración están diseñados para ser multifuncionales, lo que le ayuda a transferir fácilmente múltiples tipos de aceite y descontaminar el aceite nuevo y usado para cumplir con los estándares de limpieza ISO.

Selección de un carro de filtración de aceite

Los beneficios de usar un carro de filtración de aceite son numerosos, pero si no selecciona el correcto, los desaprovechará todos y terminará costándole dinero, tiempo y mano de obra. Es importante considerar algunas cosas antes de comenzar a comprar un carro de filtración de aceite:

- **Objetivo de limpieza:** La parte más importante de cualquier filtro o unidad de filtración es qué contaminantes se están filtrando. Sepa cuáles son sus objetivos de limpieza de aceite, qué equipos utilizará con el carro de filtración y a qué tipos de contaminación ha estado expuesto históricamente la máquina. Una buena regla general es que su filtro más fino tenga alrededor de 3 micrones para un fluido hidráulico y alrededor de 6 micrones para los aceites para engranajes.

La mayoría de los carros de filtración modernos usan dos filtros, uno para partículas gruesas y otro para partículas finas. Esto ayuda a prolongar la vida útil del filtro de partículas finas. ISO 4406 es el estándar de clasificación del código de limpieza. Analizando los resultados del conteo de partículas por tamaño (micrones) se obtiene la cantidad de partículas mayores de 4, 6, 10, 14, 21, 38, 70 y 100 micrones. ISO 4406 es el estándar para la limpieza de fluidos. Por este estándar, se asigna un número de rango a tres niveles de micrones: mayores que 4, 6 y 14 micrones.

Si bien los códigos ISO le muestran si el aceite ha alcanzado los valores objetivo, no hacen mucho para mostrar tendencias. Por lo tanto, las normas ISO son excelentes para establecer indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés), pero no deberían ser la medida principal para evaluar el aceite usado. Todas las bombas de los carros de filtración tienen un rango de viscosidad mínimo y máximo, así que asegúrese de especificar el tipo de aceite que usará con su carro de filtración. Como puede ver en las guías generales del nivel de limpieza objetivo mostrado en la Figura 1, a medida que aumenta la viscosidad, los niveles de limpieza disminuyen.

Grado de viscosidad ISO	Objetivo de limpieza por viscosidad
32	16/14/11
46	16/14/11
68	17/14/12
100	18/15/13
150	18/15/13
220	19/16/14
320	19/16/14
460	19/16/14
680	20/18/14

Figura 1. Guías generales de nivel de limpieza objetivo

- **Tipos de aceite:** El tipo de aceite dentro de su máquina juega un papel importante en la determinación de qué carro de filtración debe comprar. Las bombas de los carros de filtración están diseñadas para diferentes niveles de viscosidad. Por ejemplo, si intenta bombear aceite viscoso rápidamente, es probable que se formen burbujas de aire, dañando a la bomba y oxidando el aceite. Es importante conocer el grado de viscosidad ISO (ISO VG) para cada tipo de aceite que filtrará con su carro de filtración. La mayoría de las plantas usan múltiples carros de filtración de aceite para diversas aplicaciones debido a los diferentes tipos de aceite que usan.

- **Velocidad de flujo:** Si tuviera que elegir el aspecto más importante a considerar antes de comprar un carro de filtración, sería conocer la tasa de flujo óptima. Esto gira en torno al dinero. Los carros de filtración de aceite más potentes cuestan más, por lo que comprar uno con más potencia de la que necesita significa que está gastando demasiado. Si la tasa de flujo de su carro de filtración es demasiado baja, no limpiará el aceite lo suficiente en el tiempo asignado, lo que podría provocar daños en la máquina.

Debería ser capaz de bombear hasta el 10% del volumen del depósito de su máquina por minuto. También puede calcular la tasa de flujo multiplicando el volumen de aceite por la cantidad de veces que desea que pase por el filtro y luego dividiendo esa cantidad por la cantidad de minutos o segundos disponibles. La mayoría de los proveedores tienen carros de filtración estándar con un caudal de 5, 10 y 15 galones por minuto (GPM). Los carros de filtración para fluidos hidráulicos con un ISO VG de menos de 68 generalmente tienen un caudal de 2, 5, 10 o 20 GPM.

- **Uso previsto:** Como se mencionó anteriormente, la filtración de rutina no es la única aplicación para los carros de filtración modernos. Puede emplearlos para tomar muestras de aceite, transferir aceites y otras actividades. Muchos de estos usos alternativos pueden requerir personalizar el carro de filtración. Por ejemplo, el muestreo de aceite de un carro de filtración requiere la instalación de una válvula de derivación para que pueda evitar los filtros y obtener una muestra representativa real del aceite dentro de la máquina.

- **Sitio de uso:** Aunque los carros de filtración son portátiles para la mayoría de las aplicaciones, podría necesitar utilizarlo en una máquina elevada o ubicada en un terreno extremadamente irregular. En estos casos debe considerar el peso del carro de filtración o elegir uno que pueda ser transportado. También considere la fuente de energía. La mayoría de los carros de filtración son eléctricos, pero algunos emplean motores impulsados por aire, los cuales son buenos para áreas con altos niveles de polvo.

¿Cómo configurar correctamente un carro de filtración de aceite?

Como lo mencionamos anteriormente, los carros de filtración se utilizan para múltiples funciones y se pueden personalizar para cumplir con estas diversas aplicaciones. Al configurar su carro de filtración, tenga en cuenta estos factores importantes:

- **Selección del filtro y tiempo de funcionamiento:** Si alguna vez ha cambiado el filtro de aire en el conducto de retorno de su hogar, sabe que hay numerosos tipos y tamaños de filtros de aire, cada uno con una clasificación de desempeño de filtro (FPR, por sus siglas en inglés) diferente y un valor de reporte de eficiencia mínima (MERV, por sus siglas en inglés). Estas clasificaciones están destinadas a mostrar el tamaño de las partículas que filtrará el filtro. Lo que muchas personas no se dan cuenta es que si tiene una unidad de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés) más antigua, su sistema podría tener dificultades para pasar el aire a través de un filtro de partículas finas. Del mismo modo, los filtros para los carros de filtración se fabrican en varios tamaños, e incluso aquellos con la calificación de eficiencia más alta pueden ser demasiado finos para descontaminar adecuadamente su lubricante.

Los filtros se fabrican de manera que el fluido que pasa a través de ellos es despojado de las partículas mayores que el tamaño de poro del material del filtro. Durante este proceso, sin embargo, se crea un diferencial de presión debido al tamaño de poro del material del filtro y al área de superficie, la viscosidad del fluido y la cantidad de contaminantes ya capturados en el filtro.



Los carros de filtración de aceite generalmente tienen dos tipos de filtros: uno que es más grueso y el otro más fino. Para seleccionar el filtro adecuado para su carro de filtración de aceite, debe elegir uno según la clasificación de viscosidad y temperatura del aceite que filtrará. Incluso pequeñas fluctuaciones de temperatura pueden tener un gran impacto en la viscosidad. Por ejemplo, si un aceite para engranajes con una viscosidad de 400 centistokes (cSt) a 40 °C se filtra a 20 °C, la viscosidad casi se duplica.

- **Válvula de derivación manual del filtro:** Una válvula de derivación instalada en su carro de filtración de aceite tiene múltiples usos. El primer uso se relaciona directamente con la presión diferencial causada por el aceite que pasa a través del filtro. Si la presión es demasiado alta, la válvula de derivación se abrirá, permitiendo que el aceite no pase por el filtro. Por eso es importante seleccionar el filtro correcto. Además, la instalación de una válvula de derivación en su carro de filtración le permite tomar muestras de aceite de su maquinaria para analizarlo. La activación manual de la válvula de derivación permite que su muestra de aceite no pase por los filtros, permitiéndole obtener una representación real del aceite en su sistema.

- **Conectores rápidos:** Asegurar que su carro de filtración de aceite esté configurado con conectores rápidos en lugar de boquillas abiertas ayuda enormemente a controlar la contaminación. Las boquillas abiertas son difíciles de mantener limpias y requieren que se abra la máquina para usarlas, permitiendo que los contaminantes en el aire ingresen a la máquina. El uso de conectores rápidos le permite mantener la máquina cerrada durante la filtración. Puede instalar diferentes tipos de conectores rápidos diferentes en cada carro de filtración, asegurándose de que cada carro de filtración se utilice para el tipo específico de aceite al que está destinado. El uso de conectores rápidos de diferentes tipos, tamaños o colores hace que sea fácil mantener controlada la contaminación cruzada.
- **Válvula de muestreo de aceite:** Se deben instalar una o más válvulas de muestreo de aceite para efectuar la extracción de muestras de manera adecuada.
- **Indicador de identificación y advertencia:** Los indicadores visuales, como los medidores de presión diferencial, le indican cuándo cambiar los filtros. Además, es una buena idea que el carro de filtración cuente con un indicador digital de advertencia de luz LED para niveles de contaminación bajos, medios y altos. Muchos indicadores digitales de advertencia temprana pueden sincronizarse con el software de autodiagnóstico para mostrar cualquier indicación de detección de partículas. Este software suele ser una característica opcional.

Cómo usar correctamente un carro de filtración de aceite

Filtrar o transferir aceite con un carro de filtración le permite efectuar el proceso mientras la máquina o el equipo todavía están funcionando. Uno de los propósitos principales de utilizar un carro de filtración es controlar la contaminación. Cuando usa un carro de filtración, la limpieza del aceite se diluye con el aceite sucio en el reservorio, ya que está extrayendo aceite del reservorio sucio, filtrándolo y devolviéndolo al reservorio sucio. Para combatir esta dilución, la cantidad de aceite en el tanque debe pasar por el filtro aproximadamente siete veces para obtener la misma limpieza que obtendría con un sistema de filtración de una sola pasada. El cálculo del tiempo de filtración se ve así:

$$\text{Tiempo de filtración} = (\text{Volumen de aceite} / \text{Capacidad de la bomba}) \times 7$$

Por ejemplo, si tiene un tanque de 160 litros y un carro de filtración que bombea 20 litros por minuto, debe hacer operar el carro de filtración durante 56 minutos para igualar una filtración de una sola pasada $(160 \text{ litros} / 20 \text{ lpm}) \times 7$. En la Figura 2 se muestran los requisitos de tiempo comunes para alcanzar ciertos niveles de limpieza (precalculados).

Capacidad del reservorio (litros)	Tiempo requerido (horas)	Nivel de limpieza proyectado (ISO)
200	0.5	20/18/15
200	1.0	17/15/12
200	2.5	16/14/11
400	1.5	18/16/13
400	2.5	17/15/12
400	4.0	16/14/11
800	2.5	19/17/14
800	3.5	18/16/13
800	5.0	17/15/12

© Noria Corporation

Figura 2. Requisitos de tiempo comunes y niveles de limpieza proyectados

Los carros de filtración de aceite usan lo que se llama filtración fuera de línea, por lo que la maquinaria puede permanecer en funcionamiento mientras filtra el aceite o toma una muestra. La filtración fuera de línea es una alternativa más moderna a la filtración de flujo total. Además de poder filtrar y tomar muestras de aceite mientras la máquina aún está en funcionamiento, puede usar filtración tipo riñón si la máquina está inactiva (sistemas hidráulicos). A continuación, se presentan formas comunes de realizar la filtración fuera de línea:

- **Filtración tipo riñón:** La filtración tipo riñón es el mejor método de filtrado fuera de línea y se puede hacer usando un carro de filtración de baja o alta presión. La filtración tipo riñón para sistemas de baja presión (15-150 libras por pulgada cuadrada- psi) y sistemas de alta presión (50-3,000 psi) funciona de manera similar en que un motor, bomba y filtros forman una unidad independiente que puede funcionar de manera intermitente o continua. Querrá un sistema tipo riñón con dos filtros para que sea más efectivo (uno para partículas grandes y otro para partículas finas).

Como se mencionó anteriormente, las tasas de flujo varían ampliamente, y debe determinar la tasa de flujo de su máquina para seleccionar el filtro correcto. Para sistemas de alta presión, es una buena idea instalar una válvula de control de flujo (0.5 a 2 GPM) para reducir la presión antes de que el aceite fluya hacia el filtro. Los filtros tipo riñón fuera de línea ofrecen muchas ventajas, tales como:

- Flujo continuo a través del filtro
- La baja presión le permite usar filtros más finos a costos asequibles
- No es necesario apagar la maquinaria para cambiar el filtro.
- Flexibilidad
- Se puede adaptar para introducir aceite nuevo o para drenar el aceite sucio del reservorio
- Prolonga la vida de los filtros en la línea de presión y en la línea de retorno.
- Filtración fuera de línea de lubricantes de alta y baja viscosidad: Al filtrar aceites de alta y baja viscosidad a través de un carro de filtración, asegúrese de conocer el nivel de limpieza objetivo para el tipo específico de equipo en el que está trabajando. Como guía, un filtro de 10 micrones es capaz de producir un nivel de limpieza de aceite de hasta ISO 17/15/12. Si su nivel de limpieza óptimo es menor que esto, puede usar un filtro de menos micrones. Una vez que conozca su nivel objetivo:
 - Asegúrese de utilizar un carro de filtración de aceite dedicado para el tipo de lubricante que está filtrando; esto evita la contaminación cruzada
 - Asegúrese de tener instaladas válvulas de ventilación de presión para sistemas de alta presión
 - Confirme que el carro de filtración tiene instalados circuitos de derivación
 - Instale diferentes tipos de conectores rápidos en todos los carros de filtración para asegurarse de que cada carro de filtración solo se use con los aceites para los que están especificados.
 - Instale en la maquinaria los conectores machos o hembras correspondientes según se haya determinado para cada tipo de aceite. El uso de conectores rápidos de diferentes tipos y tamaños hace que sea imposible conectar el carro de filtración a la máquina equivocada.
 - Asegúrese de utilizar el filtro adecuado según la viscosidad y la temperatura. Un aceite de alta viscosidad como un ISO VG 220 o superior requiere un caudal bajo para evitar altas presiones diferenciales. También es importante saber cómo la temperatura de funcionamiento y la temperatura ambiente pueden afectar la viscosidad. Si la máquina está ubicada en el exterior, suponga una mayor viscosidad en los meses más fríos (ej. Invierno).
 - Siempre es bueno tener en cuenta que la presión diferencial puede reducirse a la mitad duplicando la longitud del elemento filtrante o colocando dos elementos uno al lado del otro. Puede usar un filtro de 3 micrones con aceites de alta viscosidad si la temperatura lo permite y su nivel de limpieza objetivo lo requiere.
 - La mayoría de los fabricantes de carros de filtración de aceite ofrecen unidades específicas para aceites de alta y baja viscosidad. Esto hace que sea fácil mantener la configuración de los filtros en serie en el carro de filtración. Por ejemplo, un carro de filtración para aceite de baja viscosidad ya tendrá instalados los ajustes correctos en el filtro, válvulas y presión para su uso en máquinas con aceite de baja viscosidad.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/guias-para-elegir-el-carro-de-filtracion-adecuado-para-su-maquinaria/>

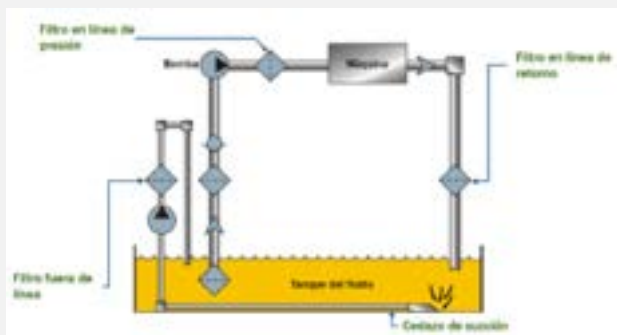


Cómo seleccionar la correcta ubicación de los filtros de aceite

Se puesto un gran énfasis en el control de contaminación en los sistemas de lubricación. Reduciendo la cantidad de contaminantes que ingresan en el lubricante, se puede extender efectivamente la vida útil del componente y del aceite. Disminuir la tasa de ingreso de contaminantes es solo una parte para lograr la confiabilidad de la maquinaria; la otra parte es la remoción de los contaminantes tan pronto como vayan ingresando en el sistema de lubricación.

Quizás el método más común para la eliminación de contaminantes es la filtración. La mayoría de los filtros vienen en una variedad de formas y tamaños y pueden ser instalados en múltiples ubicaciones. Un filtro es la mejor línea de defensa para remover los contaminantes una vez que han ingresado en la máquina. A propósito de los sistemas de filtración, hay muchas opciones que deben ser consideradas para asegurar que el sistema sea lo más eficiente posible.

Una de las primeras consideraciones es el material de la media filtrante. El material de construcción de esta puede hacer la diferencia en la capacidad del filtro para realizar su trabajo correctamente. Por ejemplo, los filtros de fibra de vidrio tienen más poros, y por lo tanto, una mayor capacidad para retener la suciedad. También son capaces de soportar mejor los medios ácidos que las medias filtrantes de celulos tradicional. Uno de los beneficios de la celulosa es que pueden absorber cierta cantidad de agua del aceite que está siendo filtrado.



Diferentes opciones para la ubicación de filtros

Hay algunos factores que deben ser considerados al momento de decidir cuál media filtrante utilizar. Los dos tipos de filtros más comunes son los de superficie y los de profundidad. En los filtros de superficie, la mayoría de las partículas son atrapadas sobre la superficie del filtro. Típicamente están contruidos de una sola capa de material a través de la cual fluye el lubricante y las partículas se atrapan a medida que pasan por ellos.

Como su nombre lo indica, los filtros de profundidad son más profundos que los de superficie. En los filtros de profundidad, el aceite fluye por un camino tortuoso a través de la media, y las partículas quedan atrapadas a través de toda la profundidad del filtro. Dado que estos filtros requieren que el aceite permanezca en contacto por largos periodos de tiempo con la media, esto hace que tiendan a tener una presión diferencial o caída de presión mayor a lo largo del elemento.

Se debe tener mucho cuidado cuando se utilicen estos filtros en la línea de suministro, dado que puede disminuir el flujo de aceite hacia los componentes lubricados aguas abajo y dar lugar a fallas en las máquinas.

Ambas medias y materiales filtrantes pueden ser diseñados para trabajar en una variedad de aplicaciones y son regularmente usadas en configuración dúplex y en diferentes ubicaciones a lo largo de todo el sistema. Dependiendo del diseño del sistema y de la criticidad total de la máquina, se tienen varias opciones de filtración para lograr los objetivos de contaminación sólida ISO para el sistema. La ubicación física del filtro en el sistema de lubricación hace la diferencia al decidir el tipo de media filtrante y los materiales de construcción.

Los filtros de flujo total o instalados en la línea de abasto, ofrecen una protección directa de los componentes ubicados aguas abajo del sistema de filtración. Dado que estos filtros se encuentran en el camino del aceite antes de cualquier componente, deben ser monitoreados para detectar cualquier signo de obstrucción o puesta en derivación. El término “derivación” hace referencia a una válvula en el interior del filtro que se abre cuando la caída de presión es muy elevada. Si la válvula de derivación del filtro se abre, el aceite pasa alrededor del filtro y continúa fluyendo a través de todo el sistema sin filtrarse. Cuando se instalen filtros de flujo total, asegúrese de que tengan instalados medidores de diferencial de presión para monitorear la salud de los filtros y confirmar que el aceite está fluyendo a través de todo el sistema.

Los filtros ubicados en la línea de retorno son muy comunes en la mayoría de los sistemas hidráulicos. Están ubicados después de todos los componentes lubricados y antes del tanque principal. Estos filtros no ofrecen una protección directa sobre los componentes del sistema como los colocados en la línea de abasto; por lo general son de gran tamaño (mayores que los de flujo total), lo que les permite tener una mayor vida en servicio. Típicamente, son instalados en configuración dúplex, de modo que cuando uno se satura, se deriva el flujo a través de la válvula hacia el otro filtro, lo que permite cambiar el elemento saturado sin tener que detener la máquina e interrumpir el flujo de aceite. Además de ser de gran tamaño, los filtros en la línea de retorno tienen altas tasas beta de filtración. Esta se refiere a la eficiencia de captura del filtro. A mayor tasa beta, mayor será la eficiencia del filtro para capturar las partículas del tamaño especificado.

Los beneficios de la filtración fuera de línea

Los filtros fuera de línea son una alternativa moderna a la filtración convencional de flujo total. Estos filtros se instalan fuera del sistema principal de lubricación, como un circuito lateral al lado del tanque principal. Como componentes adicionales al filtro fuera de línea están la bomba y el motor. Debido a que no dependen del sistema hidráulico, estos pueden operar independientemente, aun cuando el sistema

principal esté apagado. A continuación, se mencionan otros beneficios adicionales de la filtración fuera de línea:

- El flujo constante ayuda a optimizar la capacidad de retención de partículas y la eficiencia de captura para un determinado tipo de filtro.
- Son fáciles de dar mantenimiento “sobre la marcha” (cambio de filtros, reparaciones, etc.)
- Opción de utilizar intercambiadores de calor en el circuito.
- Se pueden instalar puertos de muestreo para obtener muestras durante la filtración.
- El costo de remover un gramo de suciedad es bajo (a diferencia de los filtros de flujo total y los filtros en la línea de retorno).
- Pueden utilizarse para efectuar tareas de relleno de aceite nuevo a la máquina.

La filtración fuera de línea o tipo riñón, brinda la mejor opción para lograr los objetivos de limpieza del sistema. Dado que no requieren trabajar simultáneamente con el sistema de lubricación principal para que el filtro opere, proporcionan una forma más económica para eliminar la suciedad. Con la filtración externa o riñón, es muy fácil también colocar accesorios para acondicionar o monitorear al lubricante, como intercambiadores de calor, medidores de temperatura y de agua en línea, etc. Estos accesorios ayudan a asegurar que la salud y la vida del aceite sean monitoreadas y controladas tanto como sea posible.

Los carros de filtración y otros accesorios portátiles de filtración pueden ser usados como filtración externa o riñón en la gran mayoría de las máquinas. Estos permiten descontaminar el aceite en servicio, así como limpiarlo cuando es transferido desde un contenedor al sistema. Otro beneficio de los sistemas de filtración portátiles es que pueden ser trasladados desde un sistema a otro. Se debe tener cuidado respecto a la compatibilidad entre diferentes tipos de lubricantes, si estos dispositivos no están dedicados a un solo tipo de producto o familia de productos (misma fórmula, diferentes viscosidades).

Para mantener y mejorar la limpieza del sistema, se debe establecer que las partículas deben ser removidas tan pronto ellas ingresen al sistema. Para lograr esto, se debe utilizar el sistema de filtración correcto. En la mayoría de los casos, utilizar diferentes ubicaciones para los filtros le ofrece la mejor forma para lograr los objetivos de limpieza que la máquina requiere para operar con óptima confiabilidad. Disminuyendo el contenido de partículas en el aceite, usted puede extender la vida útil de la máquina y hacer que su planta sea más rentable.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/10-tips-para-filtrar-fuera-de-linea-lubricantes-de-alta-viscosidad/>



Entendiendo la filtración de flujo parcial en motores de combustión interna

El filtro de aceite de su motor está cumpliendo con sus expectativas? ¿Conoce cuál es el desempeño de su filtro? La mayoría de la gente no lo sabe, y si lo supieran, se irían de espaldas.

Algunos de los mejores filtros de flujo total trabajan con una eficiencia de captura de 50 por ciento a un tamaño de partícula de 10 micrones o más. Esto es una tasa beta de 2, para aquellos que conocen esta medición, y se considera como “bueno” en términos de filtración de flujo total en motores de combustión interna. En cambio, se consideraría como “buena” una tasa beta de 1,000 en términos de filtración de aceites hidráulicos industriales. ¿Por qué hay tal diferencia de desempeño? Los siguientes factores contribuyen a esta variación:

Tamaño físico

Con frecuencia limitados en su tamaño físico, los filtros para aceite de motor son relativamente pequeños comparados con su contraparte en el medio industrial. Este tamaño pequeño coincide con menos área superficial en la media filtrante a través de la cual pasa el lubricante.

Diferencial de presión

El diferencial de presión es el cambio en la presión entre el puerto de entrada y el de salida. Si el diferencial de presión es muy alto, se abrirá una válvula, permitiendo que el aceite no pase por el filtro (entre en derivación). Esta válvula es necesaria para evitar que le falte aceite al motor cuando el filtro se obstruye con partículas.

Tasa de flujo

En la mayoría de los diseños de motores, el aceite debe fluir a través del filtro antes de dirigirse a los componentes del motor. Por lo tanto, el filtro debe ser capaz de manejar el 100 por ciento de la tasa de flujo necesaria para el movimiento de los componentes del motor.

Tamaño de poro de la media

El tamaño de poro de la media es el principal factor que determina cuán eficiente y qué tan pequeña puede ser la partícula que el filtro puede remover. Cuando se combinan esos factores, surge un problema. El tamaño físico usualmente está determinado por el diseño. El filtro no puede ser demasiado grande debido a que hay muchos componentes que deben caber dentro del compartimiento del motor. La tasa de flujo debe ser lo suficientemente alta para alimentar a todos los componentes lubricados. Esto significa que usted no puede hacer el tamaño de poro muy pequeño o esto hará que incremente el diferencial de presión y se abrirá la válvula de derivación, haciendo que el filtro sea inútil.

La tasa beta

Los filtros de aceite pueden ser probados en diferentes maneras, pero uno de los métodos más comunes es el ensayo de la tasa beta. Este ensayo incorpora contadores de partículas en línea situados antes y después del filtro, un flujo continuo de contaminante de prueba en el depósito principal del sistema y aceite fluyendo a través del filtro.

La tasa beta se calcula dividiendo el número de partículas más grandes que cierto tamaño antes de ingresar al filtro entre el número de partículas del mismo tamaño que hay después del filtro. Por ejemplo, usted puede tener una tasa beta de 5 (que significa partículas mayores a 5 micrones) igual a 10 ($B_5 = 10$). Esto significa que las 10 partículas antes del filtro se dividen entre una partícula después del filtro. En otras palabras, por cada 10 partículas que entran al filtro, sólo sale una.

Si tiene una tasa beta más alta, digamos una tasa beta de 5 igual a 100 ($B_5 = 100$), por cada 100 partículas que ingresan al filtro mayores a 5 micrones, una pasa al otro lado.

Cada filtro tendrá múltiples tasas beta. Puede tener una tasa beta para 2 micrones, 5 micrones, 10 micrones, 50 micrones, 100 micrones, etc.

Por lo tanto, un filtro con tasa $B_5 = 10$ remueve un 90 por ciento de las partículas mayores a 5 micrones.

Filtros de flujo parcial

Hay algunas cosas que usted puede hacer para remediar este problema. Coloque adicionalmente un sistema de filtración de flujo parcial (bypass). Los sistemas de filtración parcial toman de 5 a 10 por ciento del flujo que debería lubricar al motor y lo hacen pasar por un filtro ultra-eficiente y lo regresan directo al cárter. Con la filtración de flujo parcial, la tasa de flujo puede reducirse considerablemente, permitiendo un tamaño de poro mucho más fino, reteniendo al mismo tiempo un diferencial de presión normal. El resultado es un aceite mucho más limpio retornando al cárter. Las pequeñas suspensiones de hollín y polares insolubles que normalmente no son controladas por el filtro de flujo total ahora pueden extraerse del sistema.

Cuando se combinan con los filtros de flujo total, los sistemas de filtración de flujo parcial tienen como beneficios menores tasas de generación de desgaste, menor consumo de combustible, mayor eficiencia de combustión y más larga vida del aceite. En un caso de estudio efectuado por General Motors y publicado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, por sus siglas en inglés), se determinó que la vida en servicio del motor podría ampliarse ocho veces si se implementara filtración de 5 micrones en comparación con filtración estándar de 40 micrones.

Obviamente, es mejor tener el aceite de motor más limpio para incrementar su confiabilidad. Hay un viejo dicho acerca de que el aceite no se desgasta, sino que sólo se ensucia. Si bien tiene cierta validez la idea de que el aceite sucio “envejecerá” más rápido que el aceite limpio, el aceite tiene una vida finita. Necesitará cambiarse de vez en cuando, sin importar qué tan limpio lo mantenga.

Aunque es cierto que un sistema puede remover la mayoría del hollín suspendido, partículas de desgaste y tierra, el aceite y los aditivos se descompondrán por oxidación y nitración. El agotamiento de esos aditivos será finalmente la razón para cambiar el aceite. El sistema puede desacelerar esta tasa de agotamiento, pero no puede eliminarla. Los ácidos, combustible y refrigerante son sólo unos pocos de los contaminantes que la filtración de flujo parcial no puede controlar. Ellos también acortan la vida del aceite.

Si está por adquirir uno de esos sistemas, es vital que usted haga su tarea. No todos los sistemas de filtración de flujo parcial son creados de igual manera, y hay una multitud de materiales publicitarios para hacer que se confunda aún más. Tenga en cuenta que los testimonios pueden parecer impresionantes, pero no son pruebas científicas. Asegúrese que el fabricante cuente con ensayos ASTM e ISO respaldando esas proclamas.

Cuando se instala y mantiene apropiadamente, un sistema de filtración de flujo parcial puede brindar grandes beneficios. Sólo asegúrese de hacer las preguntas correctas y comprender el concepto antes de decidirse por un sistema.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/consejos-para-una-mejor-filtracion-de-aceite/>



Diferencias entre filtros de aceite para sistemas hidráulicos y para sistemas de lubricación

“¿Cuáles son las diferencias entre los filtros para sistemas hidráulicos y los sistemas de lubricación? ¿Se pueden utilizar filtros para sistemas hidráulicos cuando el flujo de aceite es por gravedad?”



Aún cuando los fundamentos de filtración son los mismos para filtros de sistemas hidráulicos y de los sistemas de lubricación, existen ligeras diferencias acordes a la aplicación. En la mayoría de los sistemas de lubricación forzada, el filtro va colocado después de la bomba y antes de los componentes críticos de la máquina. Esta ubicación plantea algunos problemas para los filtros. El primero es la tasa de flujo. A menudo, el filtro ubicado en esta posición en el sistema tiene que enfrentar el 100 por ciento de la presión que proviene de la bomba.

El filtro también debe ser capaz de manejar la presión que ejerce la bomba para empujar el fluido a gran velocidad a través de los pequeños poros de la media, la cual puede causar puntos débiles en el filtro. Algunos de los problemas potenciales serían el colapso del tubo central, ruptura de la media filtrante y de las costuras, y falla en el adhesivo del cabezal del filtro. La solución es un filtro más robusto, lo cual generalmente significa un mayor costo.

En comparación con un filtro hidráulico típico ubicado en la línea de retorno, un filtro de un sistema de lubricación es en promedio un poco más robusto. Cuando se instala en una línea de retorno de baja presión, estos filtros no tienen que ser elaborados utilizando tubos centrales reforzados, media filtrante intercalada o carcasas más gruesas.

Los principios básicos de la filtración incluyen la relación entre el tamaño de poro, el caudal, el área superficial de la media filtrante y la presión diferencial. El tamaño de poro es el principal contribuyente en el desempeño de un filtro para remover las partículas pequeñas. Mientras más pequeño sea el tamaño de poro, menor será el tamaño de partícula que confiablemente removerá. El tamaño de poro no puede ser muy pequeño en relación con la tasa de flujo (caudal) y el área superficial, o el diferencial de presión incrementará a un punto donde se abrirá la válvula de derivación (bypass), permitiendo que los contaminantes sólidos no pasen a través del filtro.

Estos principios básicos son la principal diferencia entre los diferentes tipos de filtros. Recuerde, estos están controlados por la aplicación más que por los tipos de componentes de la máquina. Existen en el mercado filtros que pueden ser intercambiados de un sistema hidráulico a un sistema de filtración por gravedad, siempre y cuando los requisitos de desempeño esperados sean relativamente similares. Sin embargo, el caudal, la presión, el área de filtración y el tamaño de poro deben ser tomados en cuenta para lograr los resultados esperados.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/consejo-para-seleccionar-filtros/>



Determinación de agua mediante el método Karl Fischer

La contaminación con agua es una de las preocupaciones más grandes en un gran número de aplicaciones. En algunas industrias y ambientes, el agua es mucho más dañina que la contaminación con partículas sólidas y con frecuencia no se toma en cuenta como la principal causa de fallas en componentes. Para ciertas aplicaciones, incluso una pequeña cantidad de agua puede tener impactantes efectos en la producción y la maquinaria.

El agua puede existir en tres estados o fases:

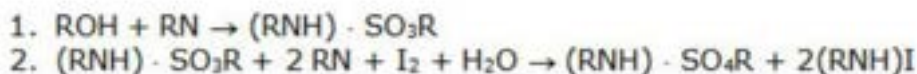
1. Agua disuelta: caracterizada por moléculas de agua individuales dispersas a través del aceite, similar a la humedad del aire. El agua disuelta no puede ser vista en el aceite y normalmente está presente en cantidades inferiores a 100 ppm de agua a 40° C.
2. Agua emulsionada: cuando el agua presente en el aceite es demasiada, las moléculas de agua dispersas comienzan a saturar al aceite; similar a la formación de niebla. Normalmente esto ocurre con niveles de agua por encima de 100 ppm a 40° C.
3. Agua libre: se forma cuando la adición de agua conduce a una separación de fases entre los dos componentes líquidos, produciendo una capa de agua y otra de aceite. Esto es similar a la formación de lluvia y corresponde a niveles de agua muy por encima de 100 ppm a 40° C.

Hay varios métodos para determinar el nivel de contaminación con agua en los fluidos. El método Karl Fischer (KF) por titulación coulométrica es uno de los más precisos.

A diferencia de otras técnicas, éste método puede detectar bajos niveles de agua libre, emulsionada y disuelta (mismos que no pueden ser detectados por otros métodos, como el de crepitación). Cuando este método es usado correctamente, es capaz de medir niveles de agua tan bajos como 1 ppm o 0.0001 % en volumen.

La titulación es un análisis químico que determina el contenido de una sustancia, en este caso el agua, mediante la adición de un reactivo de concentración conocida en cantidades cuidadosamente medidas, hasta que se completa una reacción química. Hay dos tipos de tituladores Karl Fischer: tituladores coulométricos y tituladores volumétricos. La principal diferencia entre ambos es que en el método volumétrico el reactivo titulador se agrega directamente a la muestra por medio de una bureta. Inversamente, con el método coulométrico el reactivo titulador se genera electroquímicamente en la celda de titulación. El método coulométrico mide niveles de agua mucho más bajos que el método volumétrico.

Se ha propuesto el siguiente esquema reactivo para la titulación por Karl Fischer:



ROH representa un alcohol, como metanol o etanol.

En el método coulométrico, la celda de titulación consiste en dos partes: un compartimiento catódico y otro anódico, separados por un diafragma cerámico. El compartimiento anódico contiene la solución anódica que incluye dióxido de azufre (SO₂), yoduro (I⁻) e imidazol necesarios para la reacción química. Metanol o etanol son usualmente utilizados como un solvente.

En la titulación coulométrica, el yoduro (I₂) es generado electroquímicamente a partir del yodo (I⁻). Cuando el yoduro (I₂) hace contacto con el agua de la muestra, el agua es titulada de acuerdo al esquema de reacción mostrado arriba (ecuaciones N° 1 y N° 2). Una vez que toda el agua disponible ha reaccionado, la reacción está completa. La cantidad de agua en la muestra se calcula midiendo la cantidad de yoduro (I₂) generado electroquímicamente a partir del yodo (I⁻) de acuerdo a la siguiente reacción:



Otros artículos de interés

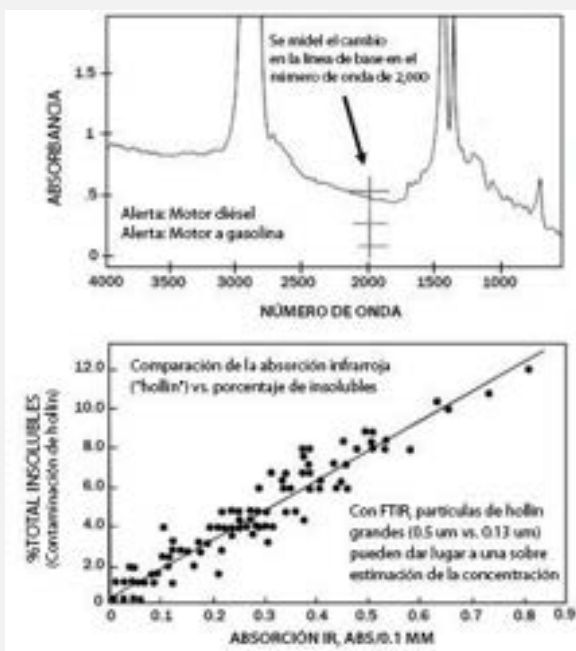
<https://noria.mx/las-mejores-formas-de-analizar-agua-en-el-aceite/>



Cómo determinar la presencia de hollín en aceites para motores diesel

"¿Cuál es el mejor método para detectar la presencia de hollín en aceites para motores diésel? Nuestro laboratorio utiliza la prueba de infrarrojo por transformadas de Fourier (FTIR) como el ensayo principal para medir la concentración de hollín en aceites usados de motor diésel. Se nos ha dicho que la viscosidad a 40°C es también un buen indicador. ¿Qué prueba o instrumento nos puede proporcionar un resultado más preciso de la concentración de hollín?"

Existen muchos ensayos que pueden detectar la presencia de hollín en aceites para motor diésel. Un gran indicador del contenido de hollín es la prueba por FTIR, la cual es discriminativa y de bajo costo. Esta técnica es capaz de medir más de una docena de parámetros, algunos más confiables que otros, dependiendo de la sensibilidad a las interferencias en las diferentes longitudes de onda. Si bien la recolección de datos es relativamente fácil, puede haber problemas con la precisión del resultado, especialmente si aumenta el tamaño de la partícula de hollín y si además hay presencia de suciedad en el aceite. El máximo límite de detección está entre 1.5 y 5%. Esto es preocupante ya que los límites críticos para motores equipados con recirculación de gases de escape (EGR, por sus siglas en inglés) es de 8%, y en motores sin EGR está alrededor del 5%.



Región búsqueda	de 2000 número de onda
Unidad medida (*)	Absorbancia/0.1 mm o % de transmisión
Resultado típico	2 - 4%
Resultado alto típico	5%
Límite inferior de detección	0.1%
Límite superior de detección	1 - 5%
Sensibilidad con aceite de referencia	Insensible
Interferencias	Tamaño de partícula, densidad de partículas, tipo de motor
(*) algunos instrumentos reportan absorbancia/cm, que resulta de multiplicar por 100X el valor de la absorbancia/0.1 mm	

Otras alternativas incluyen la prueba de insolubles en pentano, el método de extinción de luz y la termogravimetría. El método de insolubles en pentano consiste en separarlos con la ayuda de un solvente mezclado con el aceite. Los solventes más comunes son pentano y tolueno. Los insolubles se extraen de la mezcla con una centrífuga o con filtración por membrana. Aunque en algunos casos es un método muy usado y de bajo costo, genera cierta preocupación cuando existen otros insolubles, ya que no los discrimina y se miden juntos.

El método de extinción de luz implica la emisión de luz a ciertas frecuencias específicas a través del aceite, para luego medir la obstrucción por la caída de voltaje. De nuevo, este método presenta algunos aspectos potenciales relacionados con la obstrucción de la luz, sobre todo en presencia de agua y burbujas de aire.

La termogravimetría es la prueba más precisa para la determinación de hollín en aceites para motores diésel. Se realiza calentando la muestra en diferentes etapas para calcular la concentración de hollín comparando la diferencia en peso de las cenizas de los componentes lo que su ejecución como ensayo de rutina no es factible. Sin embargo, es perfectamente aceptable como prueba de excepción luego de haber realizado ensayos discriminatorios como FTIR, insolubles en pentano o extinción de luz.

La dispersancia del hollín es otra de las propiedades importante de un aceite para motores diésel. se define como la habilidad del aceite para mantener las partículas de hollín finamente dispersas, evitando su aglomeración y crecimiento en partículas más grandes. Puede ser medida con el método conocido como el de la “gota de aceite”, el cual permite una evaluación visual de la capacidad del aceite para dispersar el hollín.

Si bien es cierto que la viscosidad del aceite incrementará conforme aumente la concentración de hollín, no hay forma de correlacionarla directamente, ya que hay otros factores que pueden causar que aumente la viscosidad del aceite. Además, el aumento en la viscosidad causado por la presencia de hollín podría ser contrarrestado por pequeñas cantidades de dilución por combustible, haciendo que pase desapercibido el aumento en la concentración de hollín.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/mejores-practicas-para-el-analisis-de-aceite-de-motor/>



Prueba de la gota de aceite – Preparación de la muestra y procedimiento: Una Referencia Rápida

La prueba se realiza en dos etapas, conocidas como preparación de la muestra y análisis de la muestra. En ambos casos, se debe mantener la consistencia para asegurar que los resultados de cada muestra sean comparables.

Cada muestra debe ser preparada y analizada de acuerdo con el siguiente procedimiento y programación:

1. Agite vigorosamente a mano la muestra por un minuto
2. Destape la botella de muestra
3. Extraiga una muestra de aceite con la pipeta
4. Coloque una gota de aceite sobre la marca en el papel cromatográfico Whatman #4
5. Deposite el exceso de aceite de la pipeta en el contenedor de desechos de aceite
6. Limpie el tubo de la pipeta con toalla industrial
7. Deje que el papel repose sobre una superficie no plana (sobre la boca de un vaso) por seis horas (para hollín y glicol)
8. Inspeccione por hollín y glicol
9. Compare el papel contra los patrones suministrados
10. Reporte los resultados en una hoja
11. Deje que el papel repose por 18 horas más (hasta completar 24) antes de analizar por dilución con combustible
12. Inspeccione el papel con luz ultravioleta UV para dilución por combustible
13. Compare el papel contra los patrones suministrados
14. Reporte los resultados en una hoja
15. Reporte condiciones o resultados anormales
16. De ser necesario envíe una muestra al laboratorio para análisis de excepción

Procedimiento de Inspección/Interpretación

Después de seis horas de haber colocado la gota de aceite, se debe colocar el papel sobre una caja con luz blanca para la evaluación de hollín y anticongelante (glicol) (Figura 1).

La luz blanca suministra una luz uniforme, lo cual es muy importante durante la interpretación. Reduce la variabilidad en intensidad y color. El técnico compara el cromatograma contra los respectivos patrones y reporta la condición en la hoja de resultados

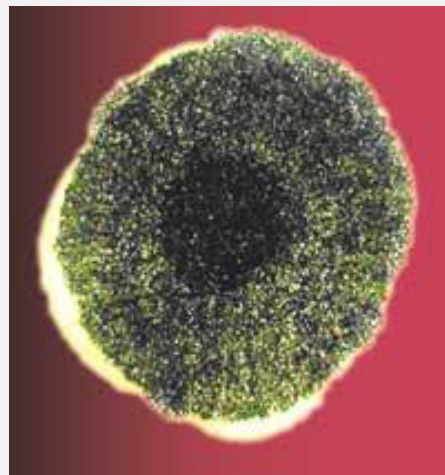


Figura 1.

Contaminación con Hollín

Una excesiva contaminación con hollín o un intervalo de cambio de aceite prolongado causa que el aditivo dispersante se agote y que las partículas de hollín se aglomeren, formando partículas más grandes. Una vez ocurrido esto, la viscosidad del aceite se incrementa. Cuando la gota de aceite es depositada en el papel cromatográfico, las partículas grandes no se mueven con la base lubricante formando una mancha negra en el lugar donde se colocó la gota de aceite.

Si el aditivo esta haciendo su trabajo, las partículas de hollín serán pequeñas y estarán suspendidas en el lubricante. Cuando la gota de aceite es depositada en papel cromatográfico, las partículas de hollín se mueven fácilmente y el cromatograma mostrará una mancha de color gris translúcida (Figura 2).



Indicadores Clave para Hollín:

- Tamaño del centro de la mancha
- Color del centro de la mancha
- Tamaño de la zona de difusión
- Color de la zona de difusión (negro, gris)
- Forma de la aureola (incorrecta inyección de combustible)
- Densidad (translúcida u opaca)

Anticongelante (Glicol)

La detección de glicol utilizando la prueba de la gota puede ser difícil debido al efecto del anticongelante sobre la dispersancia del aceite. La contaminación con anticongelante genera formación de ácidos que afectan la dispersancia de hollín del aceite de motor, aún con bajas cargas de hollín. La contaminación con glicol también forma “bolas de aceite” destructivas y precipitación de aditivos cuando el aceite de motor se envejece a causa de la temperatura. Cuando una gota de aceite es colocada sobre el papel cromatográfico, las partículas de hollín pueden quedarse aglomeradas y no moverse debido al agotamiento del dispersante. Una mancha oscura o parda en el centro del papel puede deberse a una interrupción en la dispersancia y coagulación de hollín, lo cual es una consecuencia común de la contaminación con glicol. Una pasta negra pegajosa con una periferia bien definida (bordes) es causa de una gran preocupación. Cuando el glicol está presente, un anillo de hollín a menudo aparece alrededor de un centro de color amarillo/café (Figura 3).

Indicadores Clave para Glicol:

- Tamaño y color del centro de la mancha
- Textura del centro de la mancha (pegajosa, pastosa)
- Tamaño de la mancha
- Patrón de colores (negro, naranja/amarillo)
- Forma de la aureola (presencia de glicol)
- Densidad (translucida u opaca)

Contaminación con Diésel

Después de dejar 24 horas para el desarrollo de la prueba, coloque el papel bajo la luz ultravioleta UV en un cuarto oscuro (Figura 4). Inspeccionar el papel bajo la luz blanca o solar hace difícil la interpretación, sin embargo, bajo la luz ultravioleta, la dilución con combustible se muestra como anillos fluorescentes.

Los componentes livianos del diésel, diluidos en el lubricante, se moverán más rápido que la base lubricante y otros contaminantes, creando una zona translúcida característica en el anillo exterior del cromatograma. Cuando se inspecciona bajo la luz ultravioleta, aparecerá un anillo fluorescente.

La dilución con diésel afecta directamente la concentración de los aditivos, causando una pérdida prematura de la dispersancia originando depósitos y taponamiento de filtros. También, si la fuente del problema es el goteo de los inyectores, incorrecta sincronización de la inyección y/o excesiva tolerancia en los anillos, esto causará elevados niveles de hollín que afectan la dispersancia del aceite. El tamaño de la gota y la fluorescencia del mismo serán proporcionales a la cantidad de diésel diluido en el aceite. La presencia de anillos internos bien definidos en el papel es indicativo de que al menos un cilindro está operando fuera de balance.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/efectos-de-una-perdida-de-dispersancia/>



Pruebas de análisis de aceite para detectar contaminación con glicol

“Nuestros resultados recientes del análisis de lubricante mostraron altos niveles de potasio en el aceite de motor, por lo que supusimos que habría sido causado por ingreso de glicol. Sin embargo, después de una intensa investigación, descubrimos que no había fugas de anticongelante o glicol. Además de glicol, qué más podría estar causando un alto contenido de potasio en el aceite de motor? ¿Hay alguna otra fuente potencial?”

La presencia de potasio generalmente está vinculada al glicol (el componente principal del anticongelante) junto con otros elementos como sodio, boro, cromo, fósforo y silicio. Si bien muchos de estos elementos pueden haberse originado de otras fuentes, el potasio se encuentra casi exclusivamente debido a la contaminación con glicol.

Cabe señalar que el potasio podría provenir de contaminantes en el aire como cenizas en el aire, polvo de fábricas de papel, polvo de carretera y granito, e incluso encontrarse en el combustible en muy pequeñas cantidades. Su entorno puede ayudarle a determinar qué tipo de contaminante en el aire podría estar causando el problema. Sin embargo, si sospecha que hay contaminación con glicol como resultado de una fuga de refrigerante, debe realizar pruebas de análisis de aceite adicionales para confirmarlo. Estas pruebas incluirían la espectrometría infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR, por sus siglas en inglés), la cromatografía de gases (GC, por sus siglas en inglés), el método de reactivo de Schiff y la prueba de la gota de aceite.

De la misma manera que los lubricantes son una formulación de aceites base y aditivos, el anticongelante está formulado con aditivos que tienen varias funciones. Uno de estos aditivos contiene potasio. Este elemento (junto con el sodio) se convierte en un indicador común de la contaminación por glicol en el aceite del motor porque es uno de los elementos más estables dentro del glicol. Para verificar si el glicol es el contribuyente al potasio en el aceite, se debe realizar una de las pruebas anteriores.

FTIR analiza moléculas en lugar de elementos utilizando una técnica de espectrometría infrarroja. El espectro reportado puede mostrar aumentos y disminuciones de moléculas en bandas de absorción específicas, incluido el glicol. Este método de prueba puede proporcionar una amplia gama de indicadores potenciales, pero a menudo se ve desafiado con interferencias de otros contaminantes y propiedades. Tampoco puede indicar contaminación por glicol hasta que alcanza al menos 1,000 partes por millón.

La cromatografía de gases es un medio mucho más preciso para medir el glicol en un aceite de motor. Este método emplea el centrifugado para separar el glicol.

Luego se genera un cromatograma para indicar compuestos polares. Aunque esta prueba tiene limitaciones que podrían conducir a falsos positivos o negativos, un laboratorio experimentado que utilice la técnica adecuada debería ser capaz de proporcionar los resultados necesarios para confirmar la contaminación con glicol.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/como-la-contaminacion-con-glicol-afecta-al-aceite-de-motor/>



Punto de inflamación

La prueba de punto de inflamación se remonta a mediados del siglo XIX como uno de los primeros identificadores de las propiedades físicas de un aceite. Originalmente se utilizó para determinar los riesgos de incendio de los combustibles y aceites durante su almacenamiento y transportación.

La prueba de punto de inflamación mide la tendencia de un aceite a formar una mezcla inflamable con el aire. Una vez que la muestra de aceite se calienta, se expone a una llama en el espacio superior. La ignición es el punto determinante. La temperatura más baja medida a la cual se encenderá o destellará el aceite se registra como su punto de inflamación. Si la prueba se realiza durante un período de tiempo más largo, se puede obtener el punto de fuego del aceite. El punto de fuego es cuando la ignición se mantiene durante cinco segundos.

Se pueden emplear varios métodos para determinar el punto de inflamación de un aceite. Cada uno varía según la viscosidad del fluido y la técnica seleccionada. Entre las pruebas de ASTM que están disponibles se incluyen ASTM D56, punto de inflamación en copa cerrada Tag , utilizado para viscosidades por debajo de 5.5 centistokes (cSt) a 40 °C (104 °F), así como para viscosidades por debajo de 9.5 cSt a 25 °C (77 °F) y puntos de inflamación por debajo de 93 °C (220 °F) .

La norma ASTM D93, punto de inflamación en copa cerrada Pensky-Martens se usa para productos derivados del petróleo con un rango de temperatura de 40 a 360 °C (104 a 680 °F) y biodiesel con un rango de temperatura de 60 a 190 °C (140 a 374 °F).

ASTM D92, punto de inflamación y punto de fuego en copa abierta de Cleveland, es otra opción para obtener el punto de inflamación del aceite.

Aunque la tecnología ha evolucionado, las pruebas de copa abierta y cerrada de hoy se parecen mucho a las prácticas de hace más de 100 años. Aunque a menudo se considera una prueba previa para aceite nuevo, el punto de inflamación también se puede utilizar en el análisis de aceite usado para detectar la dilución con combustible, la degradación térmica de la base lubricante y la contaminación.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/por-que-disminuye-el-punto-de-inflacion-de-los-aceites/>



Mecanismos básicos de desgaste

Este artículo nos suministra la definición y el concepto básico de los principales modos o mecanismos de desgaste basados en la norma ISO 15243:2004, clasificación de modo de falla de rodamientos. Otros mecanismos de desgaste que ocurren en engranajes, chumaceras, bombas y pistones hidráulicos – que no ocurren en los rodamientos – serán analizados en este artículo.

La norma ISO establece los mecanismos de desgaste en 6 categorías principales y 15 subcategorías.

Fatiga

- 1.1 Sub-superficie
- 1.2 Iniciado en la superficie

Desgaste

- 2.1 Abrasivo
- 2.2 Adhesivo

Corrosión

- 3.1 Humedad
- 3.2 Fricción
 - 3.2.1 Corrosión por rozamiento
 - 3.2.2 Falso Brinelling

Erosión Eléctrica

- 4.1 Voltaje Excesivo
- 4.2 Fugas de Corriente

Deformación Plástica

- 5.1 Sobrecarga (Brinelling verdadero)
- 5.2 Dentado por partículas
- 5.3 Dentado por manejo inadecuado

Fractura

- 6.1 Fractura Forzada
- 6.2 Fractura por Fatiga
- 6.3 Fractura Térmica

La clasificación ISO no contempla el desgaste por erosión por partículas ni la cavitación.

Se puede pensar que los mecanismos de desgaste también pueden ocurrir de dos maneras diferentes, por contacto y no contacto. El desgaste por contacto requiere que los componentes entren en contacto directo metal-metal para que se genere el desgaste. En el modo de no contacto, no se requiere que las superficies entren en contacto directo para que se desgasten, en otras palabras, existe una película fluida gruesa de lubricante entre las superficies.

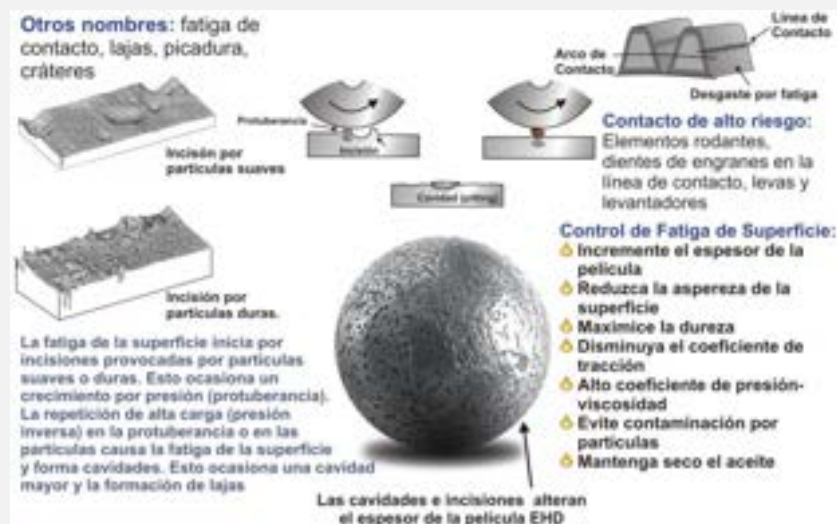
Fatiga en Sub-superficie

La fatiga en Sub-superficie es una forma de desgaste que ocurre después de muchos ciclos de altos esfuerzos de carga flexionando sobre el metal. Esto causa grietas en la sub-superficie del metal, que luego se propagan hacia la superficie resultando en la remoción de un pedazo de metal de la superficie.

Comienza con inclusiones o defectos en el metal del rodamiento debajo de la superficie. Se forman micro grietas en la sub-superficie debido a la repetición por largo tiempo de cargas y esfuerzos cíclicos (500 000 psi) causando una deformación elástica (flexión) del metal. Esto es típico en los elementos y pistas de los rodamientos, dientes de engranajes, y todo lo que opere en un régimen de lubricación elastohidrodinámica (EHD). El esfuerzo de contacto está concentrado en un punto por debajo de la superficie del metal.

Estas micro grietas normalmente se propagan hacia la superficie lo que eventualmente resulta en el desprendimiento de material o delaminación. Aparecen como daños a la superficie o desgaste (grandes picaduras) conocidas como desconchado. Otros términos usados para fatiga en la sub-superficie son hojuelas, pelado y picaduras mecánicas. Si existe una película de lubricante gruesa donde no haya contacto metal-metal, la superficie no se desgasta. La fatiga de superficie no es una preocupación común si se utilizan metales de buena calidad en la fabricación de rodamientos. La mayoría fallará primero por otros mecanismos que por fatiga de la sub-superficie.

La falla por fatiga de la sub-superficie es el resultado de un rodamiento operando fuera del alcance de sus condiciones normales basadas en carga, velocidad y espesor de la película lubricante a las cuales está expuesto. El factor de vida por fatiga de un rodamiento L10 es el tiempo promedio (en horas o ciclos) para que falle el 10 por ciento de un juego de rodamientos idénticos bajo ciertas condiciones. Un estimado del L10 puede ser calculado, si se suministra el valor nominal de vida de un rodamiento.



Fatiga Iniciada en Superficie

Esta comienza con la reducción del régimen de lubricación y una pérdida de la película normal de lubricante. La película de lubricante disminuye de fluida a límite o mixta. Entonces ocurre el contacto el metal-metal o una fricción por deslizamiento. Se genera daño sobre la superficie. Los puntos más elevados de las asperezas en la superficie del metal se eliminan lo que en principio da la apariencia de una superficie mate o esmerilada. Esto no es un desplazamiento, como en adhesión (se analizará más adelante). Este tipo de daño de la superficie es generalmente visible magnificándola de tres a cinco veces.

El daño a la superficie es acompañado con la carga cíclica de los elementos rodantes sobre la pista. Esto crea micro grietas ásperas y micro-desconchado. Las grietas comienzan en la superficie y migran hacia abajo dentro del metal. Una pestaña de metal es creada en la superficie la cual flexiona en el borde de la superficie de la grieta. Esto crea un borde mecanizado en frío de un color más claro. La grieta se propaga y puede interceptar con el metal, liberando un pedazo de metal de la superficie. Desgaste en hojuelas, picado mecánico y micro-picado son otros nombres usados para describir el desconchado.

La fatiga de la superficie también puede ocurrir como resultado de una deformación plástica (descrita más abajo). Las partículas contaminantes en el aceite entran en el área de contacto rodante de mayor carga entre el rodamiento y la pista, o entre los dientes de los engranajes causando alguna forma de daño a la superficie, como por ejemplo una hendidura. Un manejo inadecuado de los rodamientos puede causar un daño superficial similar.

Estas hendiduras de fondo redondeado a menudo tienen como una especie de pestaña levantada alrededor de sus bordes. Esta pestaña de metal actúa como un punto donde se incrementa la carga y el esfuerzo, o crea un régimen reducido de lubricación (mixta o límite), lo que conduce a una disminución de la vida útil de la superficie por fatiga. Mejoras en el proceso de filtración reducen la deformación plástica, y de ahí que indirectamente reduzcan la ocurrencia de falla por fatiga.

Es de hacer notar que el término “contacto por fatiga” no es usado por ISO. Este es un término vago algunas veces usado para describir ambas formas de fatiga. No especifica si el daño por flexión del metal comienza en la sub-superficie o por algún daño inicial en la superficie. Abarca cualquier cambio en la estructura del metal causada por la repetición de cargas concentradas a escala microscópica en la zona de contacto entre los elementos rodantes y la pista, y entre los dientes de los engranajes.

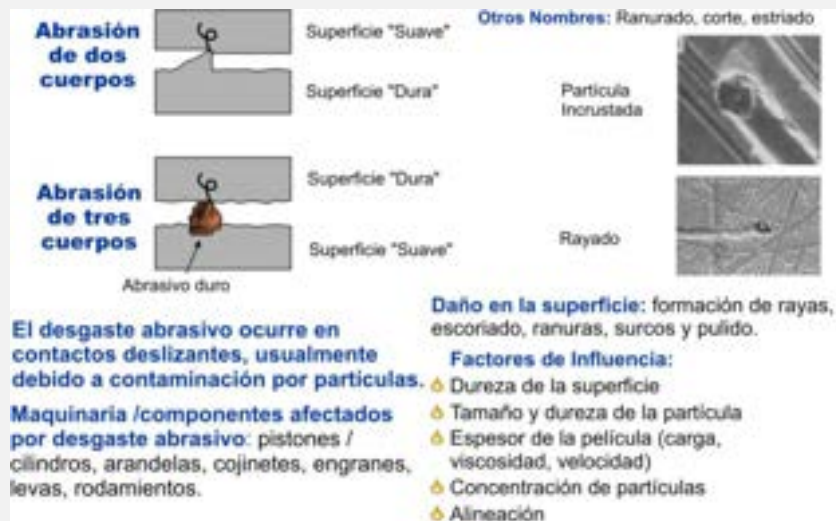
Desgaste Abrasivo

Se estima que el desgaste abrasivo es la forma más común de desgaste en las maquinas lubricadas. La contaminación con partículas y la rugosidad de las superficies causan cortes y daños a dos superficies que están en movimiento relativo una con respecto a la otra.

La Abrasión de Tres Cuerpos ocurre cuando un contaminante relativamente duro (partícula de polvo o de desgaste) y de un tamaño cercano a los claros dinámicos (espesor de la película lubricante) es embebida en una de las superficies y comprimida entre las dos superficies, que se encuentran en movimiento relativo.

Cuando el tamaño de la partícula es superior al espesor de la película lubricante, ocurre un arañado, arado o ranurado en la superficie. Esto crea surcos paralelos en la dirección del movimiento, parecido a un lijado. Una abrasión suave con partículas finas puede causar un pulido satinado, con apariencia mate o pulida. Esto se puede evitar con una mejora en filtración, lavado y sello para evitar el ingreso de partículas pequeñas.

La Abrasión de dos cuerpos ocurre cuando las asperezas del metal (rugosidad, picos) de una superficie penetran directamente sobre el metal de una segunda superficie. No hay presencia directa de una partícula contaminante. El contacto ocurre en un régimen de lubricación límite debido a una inadecuada lubricación o una excesiva rugosidad de la superficie la cual pudo haber sido causada por alguna otra forma de desgaste. Alta viscosidad del aceite, incremento en la dureza de las superficies y la desmagnetización de los rodamientos después de inducir calentamiento durante su instalación, pueden ayudar a reducir la abrasión de dos cuerpos.



Desgaste Adhesivo

El desgaste adhesivo es la transferencia de metal de una superficie en contacto hacia otra. Ocurre cuando altas cargas, alta temperatura o alta presión hacen que las asperezas de las dos superficies metálicas, en movimiento relativo, entren en contacto, se suelden e inmediatamente se separen, rompiendo el metal en pequeñas y minúsculas secciones.

La superficie puede quedar áspera y dentada o relativamente suave debido al desplazamiento/deformación del metal. El metal es transferido de una superficie a otra. La adhesión ocurre en los regímenes de lubricación mixta o límite debido al poco abastecimiento de aceite, a una viscosidad inadecuada, a unas incorrectas tolerancias internas, a una instalación incorrecta o a desalineación. Esto puede ocurrir en anillos y cilindros, cojinetes y engranajes.

El desgaste durante el periodo inicial de asentamiento es una forma de desgaste suave, como hojuelas. El rayado generalmente se refiere como un desgaste adhesivo moderado, mientras que el raspado, desplazado y agarrotado resultan de una adhesión severa. La adhesión puede ser prevenida disminuyendo las cargas, evitando las cargas de choque y asegurando que se esté utilizando el aceite con el grado de viscosidad correcto. Si es necesario, se pueden utilizar aceites con aditivos extrema presión (EP) y antidesgaste (AD o AW) para reducir el daño a las superficies.



Corrosión

La Corrosión Húmeda comprende la pérdida o remoción de material por una reacción química oxidativa de la superficie del metal en presencia de humedad (agua). Es la disolución de un metal en un líquido eléctricamente conductivo de bajo amperaje y que también puede deberse a un debilitamiento y posterior fractura por hidrógeno. Se acelera, como todas las reacciones químicas, por incrementos en temperatura. No se requiere de un contacto metal-metal para que se genere. Puede ocurrir hasta en presencia una lubricación a película gruesa.

La corrosión es a menudo causada por la contaminación o degradación del aceite en servicio. La mayoría de los lubricantes contienen inhibidores de corrosión para proteger contra este tipo de ataque. Cuando el aditivo en el lubricante comienza a agotarse debido a un servicio prolongado o a una excesiva contaminación con agua, con gases de combustión u otros gases o con fluidos de proceso, el inhibidor de corrosión pierde la capacidad de continuar protegiendo la superficie contra la acidez (o basicidad) corrosiva del fluido, ocurriendo entonces picadura inducida por corrosión. Las picaduras aparecen sobre la superficie del metal que está expuesto a dicho ambiente corrosivo.

Estas pueden estar sobre toda la superficie del metal o justo en la porción más baja del metal que puede haber estado sumergida en agua que no ha sido drenada del depósito de aceite, o en los puntos de contacto de los elementos rodantes y la pista. Leves formas de corrosión por humedad resultan en un manchado o grabado de la superficie. Las formas más severas se definen como picado por corrosión, electro-corrosión, desconchado por corrosión o herrumbre.

La corrosión por fricción es una forma general de desgaste causada por micro-movimientos cargados o vibración entre partes en contacto, sin que la contaminación con agua este presente, a pesar de que la presencia de humedad es necesaria. También se conoce como corrosión por rozamiento.

Esto incluye tanto la corrosión por rozamiento como la de falsa fractura Brinell (apariencia de desgaste por sobrecargas), la cual, en el pasado, fue a menudo considerada como generada por el mismo mecanismo.

Corrosión por Rozamiento es el desgaste mecánico causado por el rozamiento de las asperezas de la superficie acompañado y acelerado por corrosión, principalmente por oxidación con aire húmedo. Ocurre debido a muchos micro-movimientos oscilantes entre las interfaces en contacto de las superficies cargadas y adheridas, en las cuales el lubricante no ha sido repuesto (un contacto no lubricado). Ocurre entonces la adhesión y esta es generalmente considerada más severa que la falsa fractura Brinell.

Por lo general aparece como un óxido de color marrón (café) rojizo (herrumbre sin la presencia de agua) sobre acero y negro sobre el aluminio. Se generan o desprenden virutas de desgaste en forma de hojuelas.

La corrosión por rozamiento ocurre sobre muchos dispositivos mecánicos tales como dientes de engranajes y acoples estriados (chavetas) y no solo en elementos rodantes, y puede ocurrir sobre superficies diferentes a las de contacto por rodamiento. En rodamientos, está asociada con el ajuste del rodamiento sobre el eje y el alojamiento. Esto ocurre cuando no hay un gran movimiento relativo entre las partes adheridas tal como entre el eje y la pista interior y entre el alojamiento

y la pista exterior. La corrosión por rozamiento puede ocurrir sobre los materiales que no se oxidan.

Falso Brinell (falsa sobrecarga) ocurre debido micro-movimientos bajo vibraciones cíclicas en contactos estáticos o rotativos en condiciones de lubricación limítrofe. Ocurre una adhesión ligera de las asperezas del metal. Se generan ligeras depresiones o hendiduras en el lugar donde las marcas originales de mecanizado se han desgastado y que ya no son visibles debido al daño causado por el desgaste del metal. La falsa fractura Brinell (falsa sobrecarga) ocurre en los elementos rodantes y en las pistas, muy parecida a deformaciones plásticas a pequeña escala o brienlling (sobrecargas) (ver abajo) y de ahí provienen el nombre de “falsa fractura Brinell (falsa sobrecarga)”.

La falsa fractura Brinell (falsa sobrecarga) es usualmente asociada con equipos estáticos no rotativos, donde el desgaste aparece en los contactos rodantes con el mismo espaciado exacto de los rodillos. Las hendiduras en el metal pueden aparecer brillantes con virutas negras de desgaste alrededor de los bordes. Si el equipo está rotando, el desgaste aparece de un color gris, en forma ondulada como la de una tabla de lavar en la superficie de la pista. Esto reduce la vida del rodamiento y al final puede ocurrir una falla, que en algunas oportunidades puede resultar catastrófica, mediante la fatiga de la superficie, la cual se ha iniciado en las capas dañadas de dichas superficies.

Un ejemplo de falso Brinell (falsa sobrecarga) ocurre en motores eléctricos y bombas (y otros) de respaldo, los cuales se mantienen en mínimo (ralentí) por periodos de tiempo, estando sujetos a vibraciones a través del piso de la planta llegando a través de los elementos rodantes cargados de los rodamientos. El uso de aditivos antidesgaste puede ser beneficioso en reducir este tipo de desgaste.

 Ataque uniforme	 Ataque intergranular	La tasa de corrosión (herrumbre) se duplica por cada 10°C (18°F) de incremento de temperatura.
 Ataque por picado	 Ataque de sub-superficie	
Otros nombres: fatiga por corrosión, corrosión por rozamiento, corrosión por cavitación, corrosión erosiva, corrosión por estrés, corrosión galvánica, etc. Desgaste corrosivo es un daño a la superficie, como resultado de su exposición a ambientes reactivos (ej. atmósfera, acumulación de humedad, bacterias, ácidos, electrolitos, químicos del proceso o sub-productos de degradación del aceite)		Técnicas para reducir la corrosión: ⚙ Metalurgia resistente a la corrosión ⚙ Control de contaminación de fluidos (calor, humedad, agua, ácidos, bacterias) ⚙ Barreras protectoras (recubrimientos, tratamientos en superficies, etc.) ⚙ Aditivos inhibidores de corrosión (inhibidores de herrumbre, desactivadores de metales, aditivos alcalinos, etc.)

Erosión Eléctrica

Este tipo de desgaste ocurre cuando la corriente eléctrica pasa entre dos superficies metálicas (por ejemplo, el elemento rodante y la pista) a través de la película lubricante de aceite o grasa. Se subdivide basada en la severidad del desgaste. La erosión eléctrica no debe ser confundida con la erosión causada por partículas (analizada más abajo).

Voltaje Excesivo (picadura eléctrica) es causado por una elevada corriente eléctrica o amperaje que pasa a través de alguna de las asperezas de la superficie del metal. La elevación del voltaje origina arcos, que causan calor/fundición y vaporización en áreas localizadas en la superficie del metal. Esto causa cráteres grandes y profundos o picaduras en la superficie del metal, que pueden ser equivalentes al espacio entre los elementos rodantes de los rodamientos. Esto es posible debido a soldaduras en el área y a un inadecuado aislamiento o aterramiento. También se conoce como picaduras, arcos o chispas.

Fugas de corriente (acanalado eléctrico) es una forma menos severa de daño causado por una corriente continua de baja intensidad. El daño puede ser en forma de cráteres superficiales estrechamente colocados y de una coloración gris oscura. Si la descarga eléctrica ocurre mientras el rodamiento está en movimiento, con una lubricación a película gruesa, el efecto de tabla para lavar u ondulaciones aparece en el total de la pista del rodamiento y es llamado acanalado o tela tipo corduroy (pana).

Deformación Plástica

Estas son las incisiones, hendiduras o depresiones en la pista o elementos rodantes causadas por impacto o sobrecargas. La superficie del metal fluye, causando una deformación irreversible (no desgaste). Las marcas del maquinado de la pieza están aún visibles en el fondo de la incisión. Estas a menudo tienen una especie de labio levantado el cual incrementa el esfuerzo lo que conlleva a una fatiga iniciada en la superficie (grieta superficial) y a una eventual formación de picadura o desgaste adhesivo. La deformación plástica tiene tres categorías:

Sobrecarga o Brinelling verdadero - caracterizado por cargas estáticas o de choque, o impactos por un abuso operacional que causa incisiones permanentes en el metal sin la presencia de cortes o soldaduras. Un ejemplo es lo que ocurre en los rodamientos de rodillos cuando cargas de impacto causan que se formen una serie de incisiones en la superficie de la pista a intervalos que corresponden exactamente al espaciado entre los rodillos. Algunas personas consideran como sobrecarga las incisiones que se producen por el impacto de martillar sobre los rodamientos, otras consideran esto como hendiduras por mala manipulación del rodamiento.

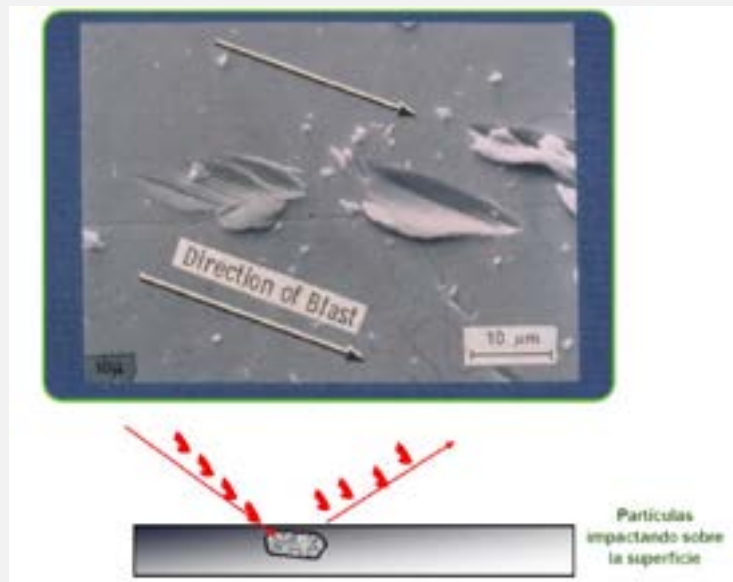
Dentado por partículas es una forma de deformación plástica que es causada por una partícula que ha sido atrapada entre los claros dinámicos de dos elementos de máquina y sometida a un proceso de sobre-laminado. La fuerza causa una incisión con el fondo redondeado en la pista o en el elemento rodante. Las grietas se propagan hacia abajo dentro del metal.

Dentado por manejo inadecuado tiene la forma similar a la hendidura por virutas pero con la atenuante de que este resulta por dejar caer o martillar el rodamiento causando sobrecargas puntuales. También puede deberse a golpes o mellas ocasionada con objetos duros o puntiagudos. Es común encontrar erosión causada por partículas o cavitación, a pesar de que estas formas de desgaste no están incluidas en los estándares ISO para rodamiento.

Erosión

La erosión puede ser considerada como una forma de desgaste abrasivo. Ocurre principalmente a alta velocidad, donde las partículas sólidas en la corriente y que han entrado al fluido (aceite), golpean sobre la superficie, erosionándola. Los sistemas hidráulicos son un buen ejemplo donde podemos encontrar este tipo de desgaste. La velocidad del fluido tiene una significativa influencia en esta tasa de desgaste, la cual es proporcional al menos al cuadrado de la velocidad del fluido. La erosión típicamente ocurre en bombas, válvulas y toberas (boquillas). No ocurre un contacto metal-metal. El mecanismo de erosión tiene sus ventajas en el maquinado de piezas por chorro de agua a presión.

Desgaste Erosivo



Cavitación

Esta es una forma especial de erosión en la cual burbujas de vapor formadas en el fluido en las regiones de baja presión, colapsan (implotan) cuando entran en las zonas de alta presión en los sistemas de lubricación. La implosión puede ser tan poderosa que puede crear huecos o picaduras, aun en metales endurecidos si esta implosión ocurre sobre la superficie del metal. Este tipo de desgaste es muy común en bombas hidráulicas, especialmente aquellas en las cuales existen restricciones en la entrada del fluido o están operando en alturas elevadas.

Restringiendo la entrada de aceite en la succión de la bomba se disminuye la presión sobre el aceite generando así una mayor formación de burbujas de vapor. La cavitación también puede ocurrir en chumaceras, donde la presión del fluido se incrementa en la zona de carga del cojinete. No se necesita que exista un contacto metal-metal para que se presente cavitación.

Para estar claros, picadura es un término general usado en análisis de fallas para describir casi cualquier hoyo circular o fondo áspero, por pequeño, ubicado en la superficie del metal. Las picaduras pueden ser causadas por efecto mecánico (fatiga o cavitación), por efecto químico (corrosión) o por efecto eléctrico (arco o chispa), los cuales fueron descritos anteriormente.

El análisis de falla se usa para asignar un mecanismo de desgaste a una falla específica. Si se llega a determinar el mecanismo de desgaste, entonces se pueden tomar acciones correctivas que pueden ser implementadas para prevenir la recurrencia de dichas fallas. A menudo, es útil en el proceso de eliminación para determinar cuál mecanismo de desgaste no se ha producido y así reducir el número de los posibles mecanismos. Desafortunadamente, existen combinaciones de mecanismos de desgaste en la mayoría de las situaciones, complicando de esta manera la selección del mejor sistema para la resistencia contra el desgaste.



Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/prueba-rapida-para-detectar-particulas-de-desgaste-en-el-aceite/>



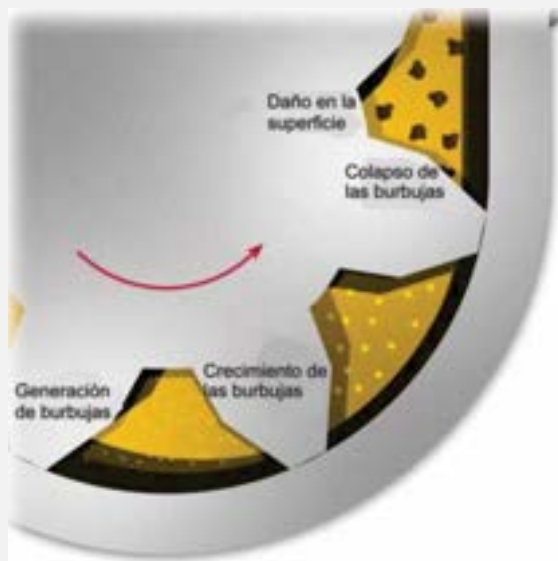
3 formas para detectar desgaste por cavitación en sistemas hidráulicos

3 formas para detectar desgaste por cavitación en sistemas hidráulicos

"Creemos que se está presentando desgaste por cavitación en nuestros sistemas hidráulicos, pero no estamos seguros. ¿Hay alguna forma de detectarlo?"

La cavitación puede ser determinada por medio de tres formas fáciles: ruido anormal, alta temperatura del fluido y operación lenta del sistema.

El ruido anormal proviene de dos fuentes: aireación y cavitación. La aireación es la más peligrosa de las dos. Algunas veces es llamada "martilleo", y ocurre cuando el aire queda atrapado en el sistema. Burbujas grandes de aire se comprimen y descomprimen, dando como resultado un ruido como de "disparos". En casos severos, conlleva a la falla de la tubería y del equipo. Puede además ser confirmada por la formación de espuma y una operación errática de los actuadores hidráulicos.



En la cavitación, la presión absoluta del sistema cae por debajo de la presión de vapor del fluido, produciendo burbujas de vapor. Estas burbujas de vapor implotan, ocasionando un sonido como de golpeteo. Puede ser identificado por sensores de vibración o equipos ultrasónicos. Posteriormente, al incrementarse, puede llegar a escucharse. La fuente de este ruido es la implosión y el micro-jet que se forma golpeando la superficie del sistema. Imagínense un pequeño chorro de agua cortando la superficie del sistema. Este sonido es similar a gruñidos o traqueteos en el sistema.

La alta temperatura es el resultado de la compresión de las burbujas de aire o de gases atrapados en el fluido, o cuando el fluido pasa de una zona de alta presión a una de baja presión sin desarrollar un trabajo útil. Esto tiene lugar cuando existen fugas internas del fluido en la zona pistón/cilindro o cuando hay un ajuste inadecuado en la válvula de alivio.

Si el calor no se disipa, puede haber un efecto en la viscosidad del fluido, lo que impacta en la lubricación del sistema y sus componentes, así como otros problemas que incrementan la probabilidad de generar cavitación. Trabajos de investigación han demostrado que mientras mayor sea la viscosidad, menor será el impacto y la probabilidad de generar cavitación. Lo contrario también es cierto, en la medida en que la viscosidad disminuye, se incrementa la probabilidad de originar cavitación.

Una operación lenta y ciclos de trabajo más largos son usualmente la primera indicación de que hay un problema. Recuerde que la operación de un sistema hidráulico depende del fluido. Si hay una pérdida de velocidad en sus actuadores, existe la posibilidad de que haya una pérdida de fluido en alguna parte del sistema. Esto generalmente es causado por fugas en mangueras rotas, sellos dañados, juntas sueltas o flojas, etc. Por supuesto, estas son obvias y fáciles de reparar.

Las fugas internas son más difíciles de identificar, pero no imposibles. Cuando un fluido pasa de una zona de alta presión a una de baja sin producir trabajo, se genera calor. Esto se puede verificar con termómetros infrarrojos, conjuntamente con medidores de flujo.

Resumiendo, el ruido, la temperatura y los ciclos de trabajo son una buena indicación de que existe cavitación en sus sistemas hidráulicos. Así como todo lo demás, la detección temprana es la mejor forma de prevenir fallas en los equipos y el subsecuente paro de producción. Sea proactivo y observe estos indicadores. Estas fallas pueden causar un gran impacto en las utilidades de su planta.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/particulas-virgenes-y-senales-debiles-en-busca-del-significado-en-el-desgaste/>



Equipos para determinar densidad ferrosa



Los componentes lubricados fallan por diversas razones, las cuales se pueden clasificar en función del tipo de falla, específicamente en fallas tempranas, fallas aleatorias o dependientes de eventos y fallas basadas en la condición.

Un evento de falla temprana puede ser el resultado de una lubricación inadecuada. Cuando un sistema está en reposo, a menos que el rodamiento tenga lubricación hidrostática aplicada, las superficies deslizantes estarán en contacto.

A medida que los componentes comienzan a girar, las superficies permanecen en contacto hasta que se forma la película lubricante. Durante este tiempo, persiste la mayor incidencia de falla. Conforme se forma una película y los aditivos tensoactivos comienzan a proteger, se establece un régimen de lubricación. Antes de que esto ocurra, las asperezas de la superficie y las partículas contribuirán al desgaste de la superficie y la posible falla del componente.

Cuando hay un desbalanceo o tolerancias no uniformes entre las superficies de las piezas, o se utilizan materiales o componentes incorrectos, existe la posibilidad de un desgaste prematuro. Las malas prácticas de mantenimiento, mano de obra e instalación pueden conducir a un evento de falla temprana. Varias partículas pueden indicar estos escenarios.

Otra clase de falla es la aleatoria o dependiente de un evento. Estos tipos de fallas pueden ocurrir en cualquier momento durante el ciclo de vida del sistema. Son causadas por exceso de velocidad o por sobrecargar un componente. A medida que aumentan la velocidad y la carga, existe la posibilidad de que las superficies de deslizamiento o rodadura entren en contacto y generen calor, así como también que las partículas entren en contacto con las superficies. En ambas situaciones, las superficies y las partículas producen desgaste.

Las fallas basadas en la condición se deben principalmente a la contaminación, generada tanto internamente por partículas de desgaste (normales o aceleradas) como por fuentes externas, como suciedad o producto del proceso.

La contaminación también puede ser líquida o gaseosa. Los gases, como el sulfuro de hidrógeno u oxígeno puro, pueden producir corrosión severa, que genera partículas de desgaste. Los líquidos como el combustible y los refrigerantes contribuirán a fallas del sistema en los motores de combustión interna.

El agua es el contaminante que con más frecuencia causa la oxidación del metal y la degradación del lubricante en sistemas lubricados por aceite. Estos fluidos comprometen la viscosidad del aceite, lo que da como resultado el contacto con la superficie o desarrollo de oxidación. Esto lleva a un aumento en la probabilidad de falla.

Cuando ocurre una falla temprana

Cada activo tiene una vida útil. A menudo no es hasta que ocurre una falla prematura que se producirá una investigación a fondo. Si la culpa es por lubricación inadecuada, defectos en los componentes o malas prácticas de mantenimiento, el análisis de aceite de rutina combinado con el análisis de partículas de desgaste puede indicar una falla en proceso.

Aunque no es realista realizar un análisis de partículas de desgaste en cada activo, es razonable analizar regularmente los activos críticos para detectar partículas de desgaste. También se recomienda realizar un análisis de partículas de desgaste al comenzar un programa de análisis de aceite. Esto ayudará a establecer qué activos pueden ser más vulnerables a fallas.

Cuándo realizar un análisis de partículas de desgaste

vibración y la alta presión del sistema. Estos pueden indicar si el aceite debe analizarse en busca de partículas de desgaste.

Una vez que se analiza una muestra de aceite, ciertos indicadores alentarán el uso del análisis de partículas de desgaste. La primera indicación será un aumento en el desgaste de metales como el hierro, el aluminio y el cobre. En seguida, verifique si ha habido un aumento en el índice cuantificador de partículas (PQI, por sus siglas en inglés). El PQI es una prueba que mide la distorsión de un campo magnético aplicado a una muestra de aceite mientras está dentro de la botella y se utiliza para cuantificar las partículas ferrosas en la muestra. Es beneficioso cuando se utiliza junto con la concentración de metal de desgaste. La prueba tiene limitaciones, ya que no mide metales no ferrosos, y una sola partícula grande se lee como muchas partículas más pequeñas. Cuando el PQI es más bajo que los niveles de hierro, es probable que no haya partículas mayores de 10 micrones.

Si el PQI aumenta dramáticamente mientras los niveles de hierro permanecen constantes o disminuyen, puede haber partículas ferrosas más grandes. Esta tendencia creciente indica que debe efectuar una ferrografía o análisis de partículas de desgaste.

Análisis de partículas de desgaste

La ferrografía puede ser de lectura directa o analítica. En la ferrografía de lectura directa, un sensor magnético mide partículas ferrosas de hasta 200 micrones. Los resultados se informan en DS (partículas chicas, menores de 5 micrones) y DL (partículas grandes, mayores de 5 micrones). La relación entre los dos indica la gravedad del desgaste.



La ferrografía de lectura directa es excelente para llevar la tendencia de las partículas de desgaste ferroso y a menudo se usa como una herramienta de detección para la ferrografía analítica, que explora la forma y el tamaño de las partículas capturadas.

La medición de partículas se expresa como un valor o índice de concentración de partículas de desgaste (WPC, por sus siglas en inglés) sin unidades y un porcentaje de partículas pequeñas a grandes. Si aumenta la proporción de partículas grandes (DL) contra las partículas pequeñas (DS), sugiere una mayor generación de partículas grandes.

En la ferrografía analítica, se produce una placa con la ayuda de imanes para separar las partículas de desgaste y organizarlas según el tamaño. Se usa un microscopio para identificar el tipo de desgaste generado con base en la forma y el tamaño de la partícula.

La muestra de aceite se diluye para mejorar el flujo por la placa de vidrio (portaobjetos). La placa descansa sobre un cilindro magnético, que atrae las partículas ferrosas, las cuales se alinean, quedando depositadas las partículas más grandes en el punto de entrada. Las partículas no ferrosas fluyen hacia abajo y se depositan al azar. Se agrega solvente a la muestra restante. Después de que el solvente se evapora, quedan solamente las partículas en el portaobjetos. Posteriormente se analiza la placa por un técnico capacitado.

Desgaste por partículas o fluidos	Desgaste por deslizamiento, rodamiento, impacto	Desgaste químico
Abrasivo	Adhesión	Corrosión
Erosivo	Fatiga/desconchado	Electro corrosión
Cavitación	Picado	Descarga eléctrica
Pulido	Rozamiento (corrosión)	

Tabla 1. Tres categorías de partículas de desgaste

Hay tres categorías principales de partículas de desgaste: desgaste por fluidos o partículas, desgaste por deslizamiento/rodamiento/impacto y desgaste químico. La Tabla 1 resume estas categorías y enumera los mecanismos de cada una.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/determinacion-de-hierro-en-muestras-de-aceite/>



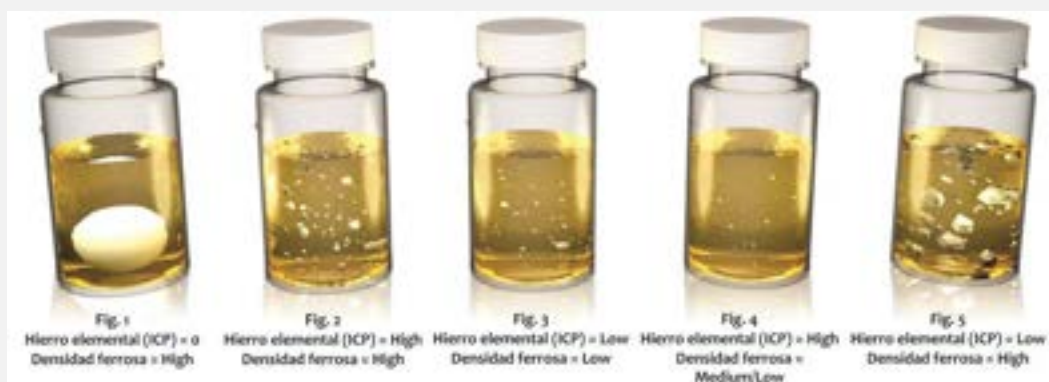
Fundamentos de densidad ferrosa

Explicación de la prueba

La densidad ferrosa es la densidad de hierro, o más correctamente, de las partículas ferromagnéticas distribuidas en el lubricante. Los otros elementos ferromagnéticos que uno podría encontrar en componentes lubricados son el níquel y el cobalto, pero en la práctica, estos elementos es muy probable que se encuentren, comparativamente, en pequeñas cantidades. Por lo tanto, lo que estamos midiendo efectivamente es la concentración de aleaciones de acero magnéticas.

No hay una sola forma de llevar a cabo un análisis de densidad ferrosa. Hay muchas formas de realizar esta esencial prueba. Quizás las más comunes sean la ferrografía de lectura directa (DRF), una prueba en la cual se analiza la luz bloqueada por las partículas depositadas en un portaobjeto; y la inducción electromagnética, la cual mide el voltaje inducido en una bobina transportadora de corriente en presencia de un material ferromagnético.

Estas pruebas reportan la concentración de partículas ferrosas en una muestra. Si bien no se reportan unidades (los números generados son índices), es posible conceptualizar los resultados como la masa de partículas de hierro por la masa de aceite – algo así como gramos de acero por kilogramo de aceite. El índice de concentración no nos dice nada en cuanto a la distribución de partículas por tamaño; pero en la práctica, la prueba está sesgada hacia las partículas grandes.



En cuáles sistemas es aplicable

La densidad ferrosa es adecuada para sistemas con depósitos de aceite pequeños en los cuales la mayoría de los componentes susceptibles al desgaste están fabricados con hierro, donde no hay un sistema de filtración o al menos un sistema de filtración externo. Buenos candidatos son los motores de combustión interna,

componentes de equipos pesados, como la mayoría de las transmisiones y engranajes automotrices y las cajas de engranajes industriales. Normalmente se recomienda incluir la prueba de densidad ferrosa como prueba rutinaria en estos equipos.

Los sistemas que tienen grandes volúmenes de aceite y una filtración fina, como las turbinas y los sistemas hidráulicos, no son buenos candidatos para esta prueba, al menos no mediante el uso de la muestra de aceite. Es más útil realizar una prueba de densidad ferrosa a las partículas obtenidas después de lavar una sección de la media filtrante.

En el caso de la prueba por inducción electromagnética, es posible realizar la prueba de densidad ferrosa sobre un filtrograma producido bien sea del aceite o de las partículas del filtro. En estos sistemas, se recomienda realizar la densidad ferrosa sobre las partículas del filtro bien sea suspendidas en el aceite o depositadas sobre una membrana. Como siempre, asegúrese de que el procedimiento de la prueba sea reproducido correctamente cada vez que se realice a fin de asegurar resultados que permitan diagnosticar en función de una tendencia.

La densidad ferrosa tampoco es útil en sistemas que tienen comparativamente una composición ferrosa pequeña, como los engranajes tipo sin fin los cuales utilizan una aleación a base de cobre en la corona.

Una prueba de densidad ferrosa cuyos resultados estén en el rango anormal, debe ser objeto de un análisis microscópico, como una ferrografía analítica o una microscopía de membrana.

Comparación con el análisis espectrométrico de hierro

Todos los probadores de densidad ferrosa producen al menos un índice de contaminación el cual es proporcional a la densidad de partículas ferrosas en el aceite. Usaremos este índice para la siguiente discusión. Existen varias formas para determinar el contenido de hierro elemental en una muestra de aceite; sin embargo limitaremos esta discusión a la espectrometría de emisión atómica por plasma inductivamente acoplada (AES-ICP), ya que esta es la metodología más utilizada para la evaluación de elementos metálicos en lubricantes.

Para resaltar las diferencias entre densidad ferrosa y análisis de elementos metálicos, se presentan a continuación dos situaciones teóricas. La primera se ilustra en la Figura 1.

Una muestra ha sido preparada tomando la bola de un rodamiento y colocándola dentro de la muestra de aceite. Si usted fuese a analizar la muestra tanto para hierro

y para densidad ferrosa, el resultado de densidad ferrosa sería, como es lógico, alto, y el contenido de hierro elemental cero. Esto guarda relación con la limitación, en cuanto al tamaño de partícula, que pueden ser analizadas por un espectrómetro de ICP. El límite superior suele establecerse en cinco micrones.

Si tomamos la misma bola y la convertimos en un polvo muy fino (Figura 2), la densidad ferrosa sería la misma que la de la Figura 1 (la concentración de hierro no cambia). Sin embargo, la lectura de hierro sería ahora alta, ya que las partículas se han llevado al tamaño que el espectrómetro es capaz de detectar.

Las Figuras 3, 4 y 5 representan situaciones de la vida real.

La Figura 3 ilustra una situación de desgaste normal, predominantemente partículas de desgaste por rozamiento (adhesivo). Hay muy pocas partículas pequeñas suspendidas en el aceite. En este caso, como era de esperarse, tanto la densidad ferrosa como el contenido de hierro están bajos.

La Figura 4 ilustra un desgaste por corrosión. Durante las reacciones de corrosión, las partículas generadas son extremadamente pequeñas, normalmente por debajo del micrón (llamadas partículas sub-micrón) y completamente disueltas en el aceite. En este caso la concentración de partículas ferrosas será baja, pero el nivel de hierro será alto ya que, virtualmente, todas las partículas pueden ser detectadas por el espectrómetro de ICP.

La Figura 5 representa una muestra tomada de un sistema que se encuentra en la etapa final de falla por fatiga – aquí la distribución de las partículas de desgaste se caracteriza por pocas partículas pequeñas y muchas astillas grandes. La lectura de densidad ferrosa será alta, mientras que la del hierro será baja, debido principalmente a las pocas partículas pequeñas que el espectrómetro puede procesar con precisión.

Conclusiones

El análisis de densidad ferrosa presenta una imagen rápida y de gran alcance de la situación general de desgaste de los componentes. Comparando los índices de concentración de partículas ferrosas con el análisis de hierro le dará más información del tipo de desgaste que está ocurriendo y de la distribución por tamaño de las partículas de desgaste.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/interpretando-resultados-del-analisis-de-aceite/>



Qué significa un cambio en el color del aceite

Qué significa un cambio en el color del aceite

Análisis de lubricantes

“Durante las inspecciones de rutina de nuestros equipos, hemos notado que nuestro aceite lubricante parece más oscuro. ¿Es esto motivo de preocupación? De ser así, ¿cuáles deberían ser nuestros próximos pasos?”



Un cambio de color del lubricante puede ser motivo de preocupación, ya que a menudo indica que se ha modificado la composición química del aceite. Primero debe considerar el color original del lubricante. Los lubricantes nuevos suelen tener un color relacionado con su viscosidad y fórmula. En general, los lubricantes de baja viscosidad, como los aceites

de turbina y los fluidos hidráulicos, tienen un color más claro que los lubricantes de mayor viscosidad, como los aceites de circulación o los lubricantes para engranajes ISO VG 320.

Además, ciertos aditivos y colorantes pueden afectar el color original. El color del aceite nuevo también puede cambiar si la fórmula ha sido modificada o si alguna de las materias primas ha sido sustituida. Este tipo de cambio de color generalmente no afecta el desempeño o la especificación del lubricante, pero asegúrese de confirmarlo con el fabricante del lubricante.

Tenga en cuenta que un aceite se oscurece naturalmente a medida que se oxida durante el servicio debido a la combinación de la temperatura de operación y la exposición al oxígeno en el aire. Cuanto mayor es la temperatura, más rápido es el proceso de oxidación y más corta es la vida del lubricante. El oscurecimiento es una señal de oxidación del lubricante. Si su aceite se oscurece más rápido de lo esperado, verifique si las temperaturas de funcionamiento están anormalmente altas. Las temperaturas excesivas pueden tener diversas causas raíz, por lo que es importante investigar el origen.

La contaminación es otra razón común por la cual un lubricante cambia de color. Un aceite puede oscurecerse si hay contaminación cruzada de lubricantes o presencia de partículas sólidas del medio ambiente. Cuando se produce un cambio anormal de color, se debe explorar la presencia de contaminantes. Si este es el caso, la solución más probable sería cambiar el aceite. Dependiendo de la gravedad, también se puede requerir un lavado del sistema.

Si se usa el mismo lubricante en varias máquinas y todas muestran un cambio progresivo en el color del aceite, esto probablemente sería una indicación del

envejecimiento natural del lubricante. Por otro lado, si solo unas pocas máquinas tienen decoloración de lubricante, sería necesario identificar el origen del cambio de color.

Finalmente, siempre que se sospeche una condición anormal, es mejor realizar un análisis de aceite para determinar la salud del lubricante, así como para verificar la presencia de contaminantes. Puede ser necesario un cambio de aceite o filtración adicional si se ha presentado contaminación.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/interpretando-resultados-del-analisis-de-aceite/>



Análisis de aceite en la mirilla de nivel

Hace varios años, cuando mi hijo era un Boy Scout, su tropa realizó una caminata nocturna en nuestro santuario de vida silvestre local. Él y yo fuimos juntos a esta excursión. Fuimos guiados por una guía profesional de la naturaleza que trabajaba a tiempo completo en el santuario. Yo no esperaba mucho de esta caminata; después de todo, ¿qué se puede ver en el bosque cuando todo está oscuro?



No pasó mucho tiempo para que me diera cuenta de que no era más que un bebé en el bosque. Mientras me concentraba en mi camino a lo largo del sendero, nuestra guía señalaba todo, desde los débiles olores de los insectos hasta los luminiscentes grupos de orugas en las ramas de los árboles. Para ella, el bosque era una orquesta de vistas, sonidos y olores. Usando solo sus sentidos, nombró a innumerables especies de aves, mamíferos y reptiles que encontramos en el camino. Ella estaba en su elemento... una

verdadera profesional en sintonía con su entorno. Yo estaba impresionado.

¿Cómo se relaciona esta experiencia con el aceite? Déjeme hacerle la pregunta obvia: usando solo sus sentidos, ¿qué tan sintonizado está con las propiedades de sus lubricantes? Por ejemplo, ¿puede identificar la presencia de ciertos contaminantes en un fluido hidráulico? ¿Puede reconocer una grasa incorrecta por su color, textura o consistencia? ¿Está atento a los leves sonidos que se producen al operar la maquinaria con un lubricante degradado?

En ediciones anteriores de la revista Machinery Lubrication, hemos abordado muchos temas relacionados con las inspecciones sensoriales a los lubricantes. Seguiremos publicando estos artículos porque estas inspecciones son vitales para la confiabilidad de la maquinaria.

Puede que piense que esto no tiene importancia para usted porque su empresa hace rutinariamente análisis de aceite en laboratorio... ¿verdad? Antes de que me conteste, déjeme preguntarle cuántas veces al día toma muestras de aceite en equipos críticos. Así es, ¿cuántas veces por día?

¿Sabía que cada vez que inspecciona visualmente el aceite en una mirilla, está tomando muestras y analizánsolas al mismo tiempo? Si sus operadores hacen esto una vez por turno, están tomando y analizando muestras tres veces por día. La práctica se llama análisis de aceite en la mirilla.

Sin embargo, funciona solo si usted es una guía natural de la lubricación. Afortunadamente, la mayoría de las habilidades son bastante fáciles de adquirir. En realidad, la regla 80-20 probablemente sea aplicable; en otras palabras, solo necesita alrededor del 20 por ciento del conocimiento para obtener el 80 por ciento del beneficio disponible.

Muchos programas de capacitación en análisis de lubricantes, incluyendo los seminarios ofrecidos por Noria Latin América, incluyen temas de inspecciones sensoriales. Los ingenieros de campo que trabajan para los proveedores de lubricantes a menudo poseen un arsenal de información acerca de las propiedades de los lubricantes en servicio.

Algunas cosas a buscar relacionadas con el análisis de aceite en la mirilla son:

1. La importancia de una marca tipo bañera, espuma, barniz o turbidez en la mirilla de inspección de nivel.
2. La causa de la presencia de sedimentos, línea de lodo, línea de emulsión línea de suciedad en un visor de sedimentos del fondo y agua (BS&W, por sus siglas en inglés).
3. Cómo utilizar un apuntador láser para identificar sólidos en suspensión y emulsiones de aceite/agua.
4. Maneras fáciles de evaluar los cambios leves del color del aceite y lo que estos cambios podrían significar.

Después de todo, si el análisis del aceite en la mirilla de su compresor revela un líquido claro, brillante, de color limón, usted sabe que aunque hay una larga lista de cosas malas que podrían estarle ocurriendo a su aceite, al menos por ahora no están sucediendo. El análisis de aceite en la mirilla no es de ninguna manera un reemplazo para el análisis de rutina en el laboratorio, pero es una herramienta poderosa.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/como-usar-las-mirillas-y-los-indicadores-de-nivel-de-lubricante/>



La nariz sabe – Uso del olor como prueba de campo del análisis de lubricante

¿Alguna vez ha tomado una muestra de aceite de su máquina y se ha echado para atrás debido a que de la botella sale un olor nauseabundo, parecido al de un animal muerto? ¿Qué hizo? ¿Siguió con sus actividades como si nada hubiera pasado y no volvió a pensar en ello? ¿O reconoció el olor de una contaminación con bacterias y extrajo otra muestra para efectuar pruebas adicionales?

Olores típicos de:

Oxidación – olor ácido o picante, huevos podridos, olor a queso rancio

Falla térmica – olor a comida quemada

Bacterias – olor desagradable, olor a animal muerto

Alta temperatura de operación - sin olor

Contaminantes - solventes, refrigerantes, desengrasantes, sulfuro de hidrógeno, gasolina, diésel, queroseno y químicos de proceso

Aminoácidos – olor a pescado

Compuestos nitrosos – olor a esencia de almendras

Esteres y cetonas (lubricantes sintéticos) – olor a perfume

El olor, como el color, la claridad, la presencia de espuma y otras características del aceite, pueden evaluarse empleando los sentidos, para identificar eficazmente síntomas de la degradación o contaminación de los lubricantes. Tan simple como parece, olfatear sus lubricantes debe ser una parte regular de su proceso de inspección rutinaria de las máquinas. Se debe tener mucha precaución al oler una muestra de aceite. No coloque el frasco directamente debajo de la nariz – recuerde que puede haber sustancias químicas tóxicas en la muestra. Más bien, mueva la mano por encima de la boca de la botella para hacer que suba el olor hacia su cara. A veces es útil calentar un poco el aceite, lo que aumenta la probabilidad de detectar ciertos contaminantes y subproductos de la degradación.

Los científicos están avanzando en el desarrollo de la “nariz artificial” para crear sensores que pueden detectar miles de olores en diferentes ambientes, como en aplicaciones médicas, de alimentos e industriales. Algunas narices artificiales son chips sensores, de pequeñas dimensiones, que convierten los olores en imágenes en una pantalla de computadora.

Estos chips utilizan fibra óptica para crear una “imagen”, basada en una firma asignada a los vapores de gases y olores. En la pantalla de la computadora, la retroalimentación de estos sensores se presenta como un conjunto de círculos, cada uno representa la fluorescencia de los olores individuales. Se ha reportado que estos sensores pueden detectar actualmente docenas de olores individuales.

Ya está disponible una tecnología relacionada con el análisis de lubricantes, llamada “Fuel Sniffer (olfateador de combustible)” fabricada por Spectro Incorporated, que se utiliza para detectar la dilución por combustible en los aceites de motor. Esta técnica, originalmente desarrollada por la Marina de los Estados Unidos, emplea un micro-sensor de vapor de onda acústica superficial (SAW). Cuando

hay combustible presente en la muestra, se emiten vapores de hidrocarburo en mayor concentración. El olfateador de combustible emplea un sensor de materiales que absorbe los vapores. La presencia de estas moléculas en el sensor cambia la frecuencia SAW, que es medible y comparable con una curva de calibración para determinar el porcentaje de combustible en el lubricante.

Los comparadores de olor pueden ayudar a mejorar la eficacia de la nariz humana. Estas son muestras especiales que se sabe contienen ciertos contaminantes o productos de degradación del aceite. Cada botella está marcada para identificar su material de referencia y se almacena para consultarla posteriormente. Cuando se sospecha que un aceite usado contiene cierto problema, se compara su olor contra el estándar de referencia para ver si hay alguna coincidencia.

Quizás en el futuro entrenaremos a los perros para olfatear lubricantes contaminados o degradados, ya que tienen por lo menos 20 veces más células receptoras de olor que los seres humanos. ¡Tal vez podamos enseñarles a ladrar una vez por bacterias, dos veces para la oxidación y dos ladridos largos seguidos de uno corto para indicar agotamiento de aditivos!

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/analisis-de-lubricante-en-sitio-antidoto-para-las-fallas/>



La importancia de la demulsibilidad en el aceite

"¿Qué significa la demulsibilidad y cómo se relaciona con el aceite?"



La demulsibilidad es la capacidad de un fluido para separarse rápidamente del agua. Es una característica muy importante cuando el equipo está operando en climas húmedos o en una planta cuya atmósfera está mojada o húmeda. En las fábricas de papel, las fábricas de acero y las operaciones de procesamiento de alimentos los fluidos tienen una alta exposición a procesos donde se utiliza agua como parte de los mismos.

Dado que el aceite es higroscópico, lo que significa que absorbe agua, parecería que el agua está destinada a mezclarse con el aceite. El agua entra a través de la respiración por expansión térmica (sistemas hidráulicos y sistemas mecánicos que se calientan y enfrían), por las tareas de limpieza que se efectúan con agua a alta presión, a través del asentamiento por condensación, por aspersión indirecta de agua, y por cualquier cantidad de maneras que

pasan desapercibidas. Cualquiera que sea el caso, el agua debe removerse. Por lo general, se asentará si el depósito es lo suficientemente grande y el ciclo de flujo es lo suficientemente lento.

Cuando se pierde la demulsibilidad, el aceite adquiere una apariencia turbia o puede formar espuma, lo que hace que los componentes que soportan la carga se desgasten más rápidamente. Si la planta opera sin la presencia de agua y en un clima controlado, entonces puede ser que la demulsibilidad no sea un factor determinante. Si el agua está presente, entonces esta propiedad debe monitorearse.

Si usted tiene tiempo, su laboratorio puede efectuar un ensayo específico para medir la demulsibilidad potencial restante del aceite.

Un ensayo rápido del tipo pasa/no-pasa consiste en medir una cantidad igual de aceite nuevo y agua (por ejemplo 1 litro) , calentarlos a 38°C (100° F) o a una temperatura que se aproxime a la temperatura de operación del depósito de aceite y a continuación colocarlos en una licuadora o batidora y mezclar el aceite con el agua. Se deja reposar y se mide el tiempo necesario para que se separen el agua y el aceite y se mide el volumen de la mezcla que no se separa (emulsión). A continuación repita el mismo procedimiento pero con el lubricante usado.

Si el tiempo que tarda en separar el agua el aceite usado supera en más de un 20 por ciento al del aceite nuevo, considere la posibilidad de enviar una muestra a un laboratorio para realizar el ensayo de acuerdo con el procedimiento normalizado. Si los resultados indican que la capacidad de demulsibilidad se ha visto disminuida, entonces busque la mejor manera de afrontar el problema, particularmente si el tanque es propenso a la contaminación por agua.

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/como-afecta-el-agua-los-lubricantes-sinteticos/>



**Monitoree el agua en aceite
con la prueba de crepitación**

La humedad en fluidos hidráulicos y aceites lubricantes tiene un efecto degradante tanto en el lubricante como en la máquina. Mientras que algunos aditivos se adhieren al agua y se eliminan cuando el agua se separa del aceite (lavado con agua), otros se destruyen por reacciones químicas inducidas por el agua (oxidación e hidrólisis).

El agua también promueve la oxidación del básico, aumentando el riesgo de formación de lodos y barnices. El agua también provoca la oxidación y la corrosión de las superficies de la máquina y reduce, el soporte de carga y la resistencia de la película. El agua representa un riesgo real para el equipo y debe controlarse agresivamente.

El agua coexiste con el aceite en estado disuelto, emulsionado o libre. El agua libre y emulsionada representa el mayor riesgo para la máquina y el lubricante, y deben monitorearse y controlarse cuidadosamente.

Hay varias formas de medir la presencia de agua en el lubricante. Sin embargo, la mayoría de ellas son complicadas, caras o difíciles de usar en el campo porque emplean química húmeda. Una manera fácil de detectar la presencia de agua libre y emulsionada en el aceite es con la prueba de crepitación de plancha caliente. Este método simple y probado alerta al usuario sobre la presencia de agua libre.

Durante años, los laboratorios de análisis de aceite han analizado muestras con la prueba de crepitación, realizando análisis más costosos solo cuando la prueba de crepitación es positiva. En condiciones de laboratorio cuidadosamente controladas, la prueba de crepitación es sensible a alrededor de 500 ppm (0.05 por ciento) de agua en aceite dependiendo del tipo de aceite.

En esta aplicación, la prueba de crepitación se ha utilizado como un indicador confiable de agua libre y emulsionada, como una prueba de "pasa / no pasa". Sin embargo, con práctica y ojos y oídos entusiastas, el procedimiento puede avanzar considerablemente y hacerse más cuantitativo.

En lugar de simplemente escuchar la crepitación (centelleo), agregar una observación visual y clasificar el número y el tamaño de las burbujas de vapor producidas permite una indicación aproximada de la cantidad de humedad presente que se obtendrá.

El método revisado se conoce como la crepitación visual. El éxito en el uso del procedimiento depende de la práctica con concentraciones variables de humedad en diferentes fluidos comunes y de mantener una temperatura constante en la placa caliente alrededor de 320 °F (160 °C). Una jeringa de laboratorio y un agitador de pintura pueden ayudar a crear una suspensión más homogénea, lo que resulta en resultados más consistentes.

Si bien la crepitación visual no reemplaza la necesidad de otras técnicas más precisas, sí proporciona información vital cuando y donde la necesite. Pruebas en el sitio simples y económicas como esta pueden hacer una diferencia real en la efectividad del análisis de aceite y el control de la contaminación.

Método

La prueba de crepitación es una prueba simple para identificar la presencia de agua libre y emulsionada suspendida en el aceite, siempre que se sigan algunas reglas simples.

1. Eleve la temperatura de la placa caliente a 320 ° F (160 ° C). Siempre use la misma temperatura.
2. Agite violentamente la muestra de aceite para lograr una suspensión homogénea de agua en aceite.

Con un gotero limpio, coloque una gota de aceite en la placa caliente.



Observaciones

1. Si no se producen burbujas crepitantes o de vapor después de unos segundos, no hay agua libre o emulsionada.
2. Si se producen burbujas muy pequeñas (0,5 mm) pero desaparecen rápidamente, está presente aproximadamente del 0,05 al 0,10 por ciento de agua.
3. Si se producen burbujas de aproximadamente 2 mm, reunirse en el centro de la mancha de aceite, agrandar hasta unos 4 mm, luego desaparecer, aproximadamente 0.1 a 0.2 por ciento de agua está presente.

4. Para niveles de humedad superiores al 0,2 por ciento, las burbujas pueden comenzar alrededor de 2 a 3 mm y luego crecer hasta 4 mm, y el proceso se repite una o dos veces. Para niveles de humedad aún más altos, pueden producirse burbujas violentas y crepitaciones audibles.
5. Tenga cuidado con la presencia de gases disueltos, combustible, refrigerantes y solventes volátiles, que pueden causar falsos positivos.

Limitaciones

Aunque generalmente es aplicable, la prueba de crepitación tiene algunas limitaciones:

1. El método no es cuantitativo.
2. Las temperaturas de la placa caliente por encima de 320 ° F (160 ° C) inducen un centelleo rápido que puede ser indetectable.
3. El método no mide la presencia de agua químicamente disuelta.

Consideraciones de seguridad

Tenga mucho cuidado al realizar la prueba de crepitación en aceites que pueden contener gases peligrosos o volátiles de bajo punto de ebullición (como los aceites de compresores de amoníaco), que pueden producir humos y vapores que presentan inhalación y / o lesiones graves en la piel o los ojos al contacto. Al evaluar estos aceites, la placa caliente debe permanecer debajo de una campana de ventilación que permita al analista realizar la prueba sin entrar en contacto con humos o vapores.

1. Use gafas protectoras y mangas largas.
2. Realice la prueba en un área bien ventilada.

Equipamiento requerido

La prueba de crepitación se puede realizar con un mínimo de inversión utilizando el siguiente equipo:

1. Placa caliente capaz de alcanzar y mantener una temperatura superficial de 320 ° F (160 ° C).
2. Agitador de pintura (o equivalente) para agitación de aceite.
3. Tubo cuentagotas de aceite o jeringa de laboratorio

Otros artículos de interés

<https://noria.mx/lublearn/prueba-rapida-de-crepitacion-en-campo/>



Noria Latín América - Paseo de los Insurgentes 2430
Col. El Mirador Campestre, León, Gto., México, C.P. 37156