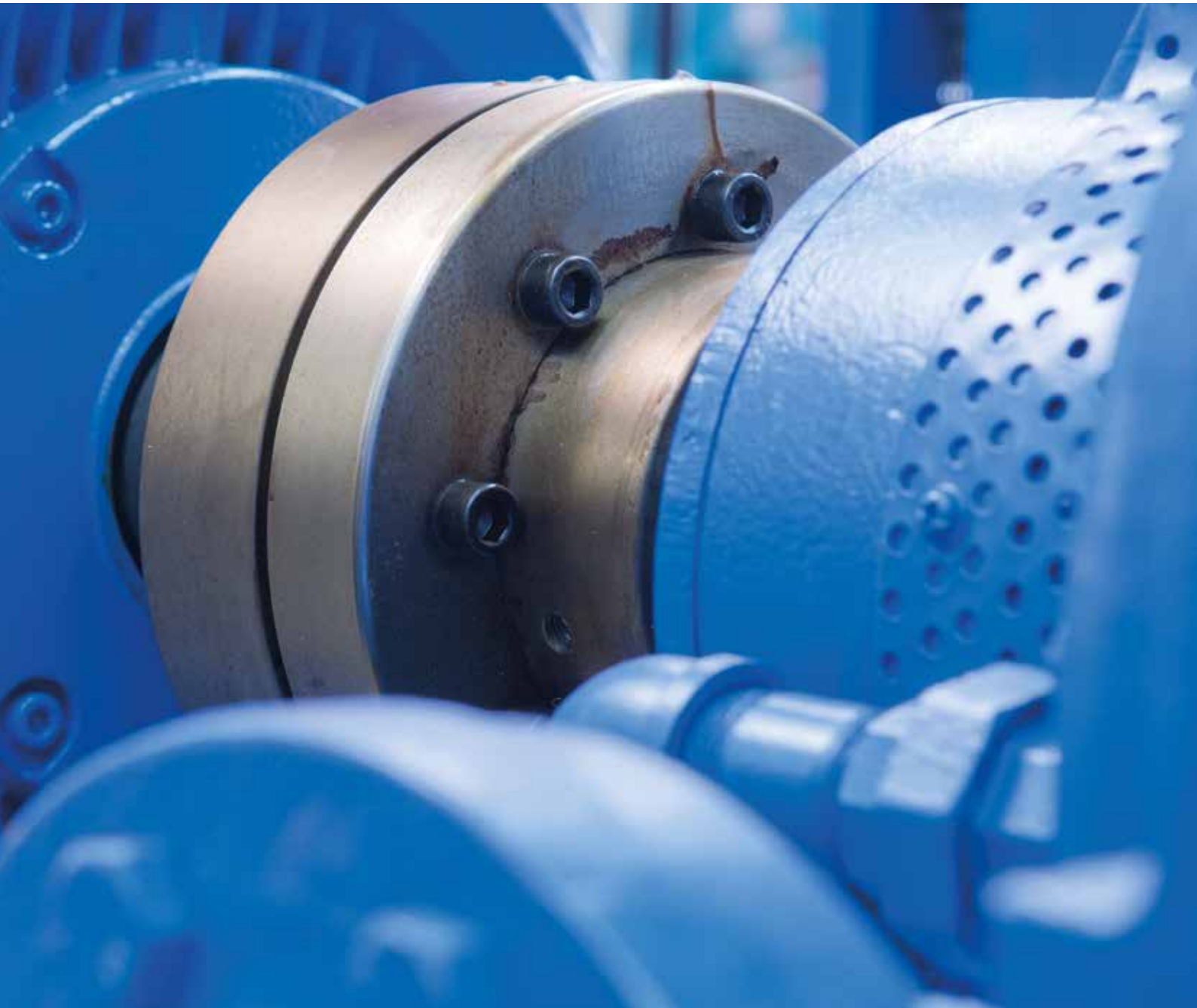


UN DERROCHE DE ENERGÍA EQUIVALE A UN DERROCHE DE DINERO

CÓMO PUEDEN REDUCIRSE LOS COSTES ENERGÉTICOS
MEDIANTE UNA ALINEACIÓN RIGUROSA



CÓMO PUEDEN REDUCIRSE LOS COSTES ENERGÉTICOS MEDIANTE UNA ALINEACIÓN RIGUROSA

La energía eléctrica representa una parte sustancial de los gastos industriales de explotación. Es un coste inevitable de las actividades empresariales, que con demasiada frecuencia parece resistirse al control y la moderación. Sin embargo, PRUFTECHNIK, el inventor de la alineación láser de ejes, tiene una solución para ese problema. Valiéndose de más de 40 años de experiencia en alineación industrial, PRUFTECHNIK demuestra cómo pueden reducirse los costes mediante una alineación rigurosa.

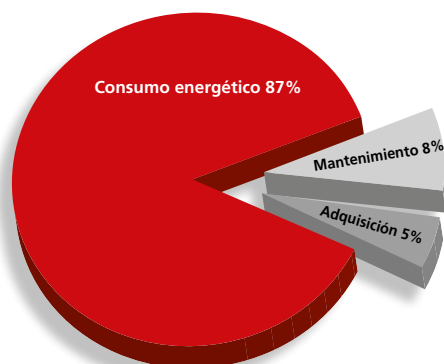
La idea es simple. Un consumo energético reducido se traduce en unos costes energéticos reducidos. Al ahorrar energía con una alineación rigurosa, también se ahorra dinero. Para entender las razones por las que dicha idea es simple, debemos saber en qué consiste una alineación rigurosa y qué importancia tiene la precisión.

Un derroche de energía equivale a un derroche de dinero

Los costes energéticos pueden suponer una partida importante de los gastos asociados a los equipos de fabricación. Con maquinaria pesada, los costes energéticos a menudo reducen el precio de compraventa y los gastos de mantenimiento.

De hecho, el consumo energético puede aproximarse al 90% del coste de propiedad y explotación correspondiente a la vida útil de los equipos de una línea de producción.

Por lo tanto, reducir el consumo de energía se sitúa a la cabeza de todos los esfuerzos para disminuir los costes de las operaciones industriales.



El consumo de energía eléctrica representa una gran parte del coste de una bomba a lo largo de su vida útil.

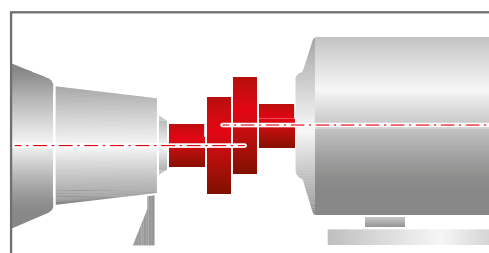
Costes de propiedad y explotación de equipos industriales

A menudo se ignoran los ahorros que pueden acumularse gracias a una alineación precisa. La energía representa cientos de miles de euros en gastos de explotación. Sin embargo, una parte significativa de dichos gastos es puro desperdicio. La desalineación de máquinas acopladas provoca el despilfarro de una valiosa cantidad de dinero gastado en energía. Se ha demostrado que una alineación rigurosa de los ejes de las máquinas recorta los costes energéticos en hasta un 10%. Asimismo, los estados evitables de desalineación también suponen una limitación de la vida útil de las máquinas, un incremento de las averías, una merma en la

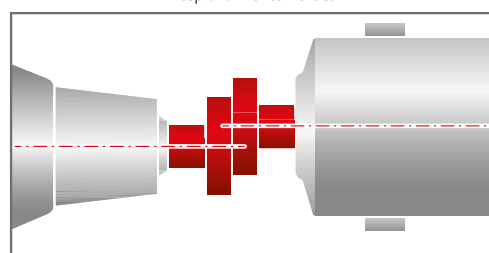
calidad del producto y, además, provocan paradas de trabajo y desaceleración en la planta industrial. La desalineación es cara e innecesaria. Una alineación precisa de las máquinas acopladas reduce el tiempo medio entre averías y disminuye drásticamente el consumo de energía. Un programa de alineación láser rigurosa puede traducirse en un ahorro de miles de euros a lo largo de la vida de una sola máquina.

¿A qué nos referimos con alineación rigurosa?

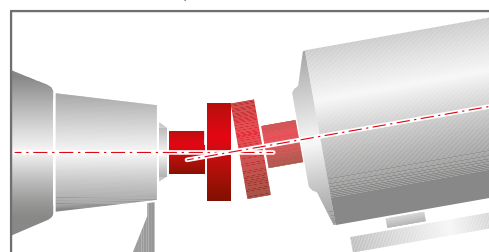
La "alineación" consiste en colocar dos o más máquinas de manera que puedan transferir la energía de una a otra con eficacia. En el caso de los equipos rotativos como, por ejemplo, una combinación de un motor y una bomba, las máquinas están instaladas de manera que sus ejes sean colineales. Dicho de otro modo, dichas máquinas están colocadas de manera que sus respectivos ejes de rotación giren conjuntamente y con precisión a lo largo de una línea única unificada. Resulta importante que su posición sea precisa, ya que cuanto mejor alineadas estén las máquinas, más eficiente será la transferencia de la energía rotacional.



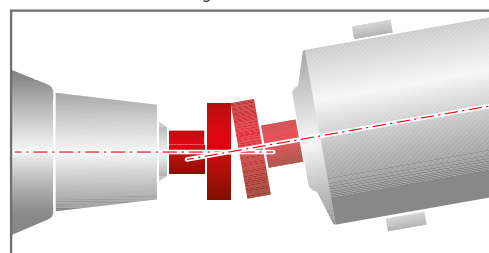
Desplazamiento vertical



Desplazamiento horizontal



Angularidad vertical



Angularidad horizontal

La alineación está definida por dos condiciones importantes: la apertura, también llamada angularidad, y el desplazamiento. Dichas condiciones describen la relación que existe entre los ejes centrales de las máquinas cuando éstas se encuentran acopladas. La desalineación se produce cuando los ejes acoplados están colocados de manera que presentan aperturas y desplazamientos fuera de los límites aceptables.

Una alineación adecuada requiere comprender más que simplemente la posición estática de las máquinas. Una serie de factores influye en la alineación y crea diferencias entre una máquina en funcionamiento y una máquina que está en reposo o “fría”.

Entre los factores importantes a considerar, se encuentran los siguientes:

- ▶ arcos catenarios (combamiento normal debido al peso de los ejes)
- ▶ condiciones de funcionamiento, como la dilatación térmica de las máquinas en funcionamiento
- ▶ la influencia del par motor
- ▶ la estabilidad de los pies de la máquina
- ▶ la presión de las tuberías adjuntas o de otros equipos
- ▶ holgura o poca rigidez en los cojinetes
- ▶ rpm en funcionamiento (revoluciones por minuto)

Todo ello debe tenerse en cuenta, ajustándose la alineación en función de dichos factores. Por ello, los valores de alineación operativos o “en tiempo real” de una máquina en condiciones normales de funcionamiento pueden ser distintos de aquéllos de una máquina estática o fría.

Una alineación rigurosa consiste en reducir las angularidades y desplazamientos medidos hasta situarlos dentro de los límites aceptables, con el fin de conseguir una transferencia energética de eje a eje con la mayor eficiencia posible cuando la máquina está en funcionamiento.

Una alineación precisa reduce las cargas sobre los ejes y las vibraciones destructivas; limita los sobrecalentamientos; ralentiza el desgaste en los cojinetes, juntas y ejes; reduce las averías y tareas de mantenimiento no planificadas; mejora la calidad del producto; y ahorra una cantidad significativa de energía.

¿Por qué es importante la precisión?

Diversos factores se combinan para determinar las tolerancias aceptables de la alineación de los ejes. Los límites que definen una alineación adecuada están sujetos a la influencia de factores como el tipo de acoplamiento utilizado, la potencia nominal de los equipos, las revoluciones por minuto esperadas, la longitud de los acoplamientos espaciadores y la vida útil de las máquinas. A menudo, la diferencia entre una alineación aceptable y fuera

de las tolerancias es una cuestión de centésimas de milímetro. La diferencia entre 0,05 y 0,06 milímetros puede no parecer grande, pero estos valores de desalineación aparentemente pequeños tienen un impacto enorme en el funcionamiento eficiente de la máquina y su ahorro energético.

Sin embargo, a pesar de su importancia, la desalineación de máquinas acopladas es algo común. Algunos estudios demuestran que más del 90% de los equipos industriales tiene problemas de desalineación. Un estudio realizado por una organización líder en servicios para equipos rotativos reveló que la gran mayoría de las máquinas industriales funcionan fuera de las tolerancias adecuadas de alineación. De 160 máquinas acopladas operando a 3600 rpm y seleccionadas al azar para realizar ensayos, sólo un 7% de las mismas estaban alineadas dentro de unos límites industriales generalmente aceptados.

Desplazamiento (mm)	Máquinas medidas (%)	
0,00 - 0,05	7%	Alineación aceptable
0,06 - 0,10	10%	fuera de tolerancia
0,11 - 0,20	23%	
0,21 - 0,50	31%	
0,51 - 1,00	18%	
>1,00	11%	

Datos estadísticos por cortesía de una importante compañía química del Reino Unido

Son varias las razones por las que las máquinas acopladas podrían estar desalineadas. Antes de que PRUFTECHNIK introdujera sus innovadores sistemas de alineación láser de precisión, la alineación de máquinas era poco menos que asistemática. Tradicionalmente, las máquinas se alineaban con frecuencia empleando el ojo humano o colocando una regla biselada a lo largo de la parte superior de los acoplamientos. Este tipo de alineación de acoplamientos no era adecuado, ya que no consistía en medir la alineación en el punto donde se transfiere la energía sobre los ejes, sino que dicha medición se llevaba a cabo en acoplamientos que, a menudo, apenas estaban mecanizados. En algunas ocasiones, se abordaba la alineación utilizando un calibre nonio o una galga, pero, una vez más, con este método tan sólo se lograba alinear los acoplamientos, pero no los ejes de rotación. Utilizando los métodos anteriores no es posible conseguir una alineación rigurosa. Además, dichos métodos se basan en la capacidad del ojo humano. Por maravillosos que sean, los ojos humanos no poseen la resolución necesaria para una alineación precisa de la maquinaria moderna, con sus limitadas tolerancias de alineación.

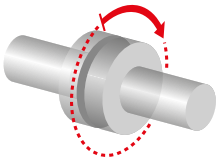
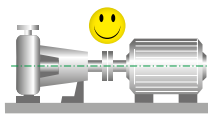
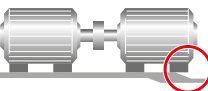
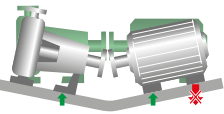
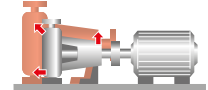
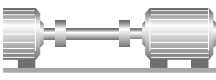
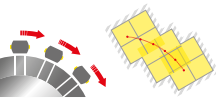
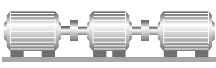
Con frecuencia, intentar conseguir una alineación más precisa utilizando métodos convencionales deriva en unos resultados pobres. Aparatos como los relojes comparadores son empleados en ocasiones por responsables de mantenimiento para lograr una mejor alineación. Sin embargo, el uso de relojes comparadores requiere unos cálculos complicados, así como unos usuarios cui-

dadosos y con una amplia experiencia. Los relojes comparadores exigen una preparación minuciosa, tediosa y lenta, y una comprobación y recomprobación meticulosa de las conexiones mecánicas, colocación, perpendicularidad y cuadratura. Todo ello supone un trabajo que fácilmente puede resultar abrumador e infructuoso por culpa de una manecilla que se atasca o una resolución demasiado baja. Un uso competente de este tipo de metros puede verse afectada con facilidad por factores humanos. Unos simples errores de lectura o la más mínima imprecisión en la fase de preparación o ajuste pueden hacer que resulte imposible obtener unos resultados precisos.

En la actualidad, los avances logrados en la tecnología de alineación descartan los errores inherentes a los anticuados relojes comparadores. Los sistemas láser de alineación de ejes toman mediciones sin errores y exactas con una resolución tan precisa como un micrómetro (0,001 mm).

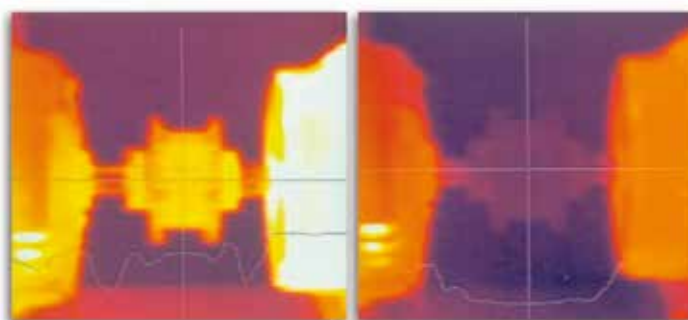
Las lecturas pueden tomarse en cualquier posición, eliminando los problemas derivados de soportes combados, ejes torcidos, conexiones sueltas y errores humanos. Con la alineación láser, se elimina la necesidad de desarmar los acoplamientos o de tomar lecturas en ubicaciones fijas y predeterminadas. El sistema láser arroja unos resultados fácilmente repetibles y mide la alineación tanto en vertical como horizontal de una sola pasada. Asimismo, los láseres pueden utilizarse para evaluar la alineación de una máquina mientras ésta se encuentra en funcionamiento. Una evaluación en tiempo real significa que las condiciones verdaderas de funcionamiento pueden medirse y ajustarse con precisión y exactitud.

¿Cuán precisas son las lecturas de un reloj comparador?	
	<p>Combamiento de los soportes del comparador</p> <p>El combamiento o deflexión debe medirse siempre antes de tomar las lecturas de alineación reales, independientemente de lo sólido que parezca el soporte.</p>
	<p>Baja resolución</p> <p>Se puede producir un error de redondeo de hasta 0,005 mm con cada lectura, lo que fácilmente se traduce en un error de hasta 0,04 mm en los resultados calculados.</p>
	<p>Manecillas del comparador atascadas/vibrando</p> <p>A veces es necesario golpear el comparador para que la manecilla se sitúe en su valor final.</p>
	<p>Holgura en las uniones mecánicas</p> <p>Las pequeñas holguras pueden no ser advertidas, pero producen errores considerables en los resultados.</p>
	<p>Errores de lectura</p> <p>Se producen errores humanos muy a menudo cuando se deben leer comparadores bajo condiciones de falta de espacio, poca iluminación y poco tiempo.</p>
	<p>Reloj comparador torcido</p> <p>El comparador puede que no esté montado perpendicularmente a la superficie de medición, perdiendo de esta manera parte de la lectura del desplazamiento.</p>
	<p>Holgura en el eje axial</p> <p>Esto puede afectar a las lecturas tomadas para medir la angularidad, a menos que se usen dos comparadores montados axialmente.</p>

Beneficios de los sistemas de alineación láser precisa	
	<p>Modo de barrido continuo</p> <p>Los datos de medición son recopilados de forma automática y continua desde cualquier posición inicial mientras los ejes giran, capturando un gran número de puntos de medición para determinar con precisión el estado de alineación.</p>
	<p>Tolerancias (TolChek®)</p> <p>Evitar los movimientos innecesarios evaluando automáticamente el estado de alineación respecto a las tolerancias usando la "carita sonriente", que también está activa durante la corrección de la máquina en tiempo real.</p>
	<p>Pie cojo</p> <p>Para conseguir una buena alineación es necesario eliminar la condición de pie cojo. Los pies de la máquina deben descansar correctamente sobre la base. A continuación se mide, se corrige y se documenta la condición de pie cojo.</p>
	<p>Fijación a una base o fijación con pernos</p> <p>Los problemas que surgen por la fijación de los pies a una base o con pernos se resuelven redefiniendo los pies fijos/móviles.</p>
	<p>Crecimiento térmico y objetivos de acoplamiento</p> <p>Pueden introducirse especificaciones para tener en cuenta el cambio posicional previsto de la máquina durante el funcionamiento.</p>
	<p>Selección del tipo de acoplamiento</p> <p>Se pueden seleccionar acoplamientos flexibles cortos, de plano único, cardán o espaciadores para aplicar la tolerancia correcta y mostrar los criterios de sus máquinas.</p>
	<p>InfiniRange®</p> <p>El rango de medición del detector se puede ampliar infinitamente para abarcar grandes desalineaciones. Esto es ideal para llevar a cabo y documentar la alineación aproximada inicial y manejar fácilmente grandes distancias a lo largo de ejes espaciadores.</p>
	<p>Alineación de tren de máquinas</p> <p>Medición y visualización del estado de alineación general del tren de máquinas, permitiendo al usuario realizar el ajuste óptimo de éstas.</p>

Señales que advierten sobre una desalineación

No siempre resulta fácil detectar una desalineación en las máquinas que se encuentran en funcionamiento. Una buena opción para explorar dicha posibilidad consiste en emplear análisis de equipos que midan vibraciones o incrementos de temperatura. La monitorización de vibraciones y la termografía pueden ayudar a descubrir un estado de desalineación antes de que se produzca un desgaste o daño.



Termografía mostrando calor excesivo en el acoplamiento (lado izquierdo)

Sin unos instrumentos técnicos avanzados, pueden apreciarse señales que indican que los equipos necesitan una inmediata y urgente alineación láser. Entre dichas señales se encuentran las siguientes:

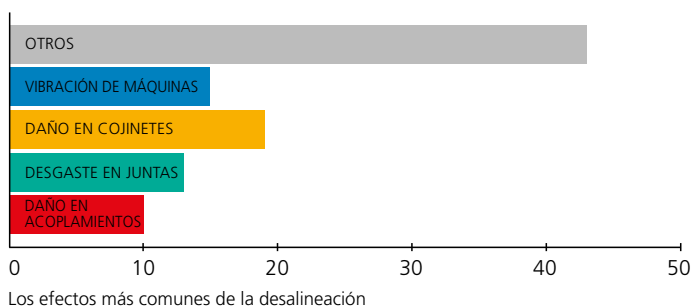
- ▶ Vibración excesiva
- ▶ Aumento de la temperatura —especialmente en uniones de importancia crítica
- ▶ Pernos de acoplamiento sueltos o rotos
- ▶ Placas de ajuste o pasadores guía sueltos
- ▶ Fuga excesiva de aceite en las juntas de los cojinetes
- ▶ Desgaste excesivo o averías de los cojinetes
- ▶ Ejes rotos o fisuras próximas a cojinetes o bujes de acoplamientos
- ▶ Indicadores de los acoplamientos, como la formación de polvo de caucho dentro de las carcasas de los mismos
- ▶ Menor vida útil de la máquina

Si se observan cualquiera de estas condiciones, significa que las máquinas afectadas no funcionan con la suficiente eficacia o eficiencia, y que se ha excedido el plazo de inspección.

Costes ocultos de la desalineación

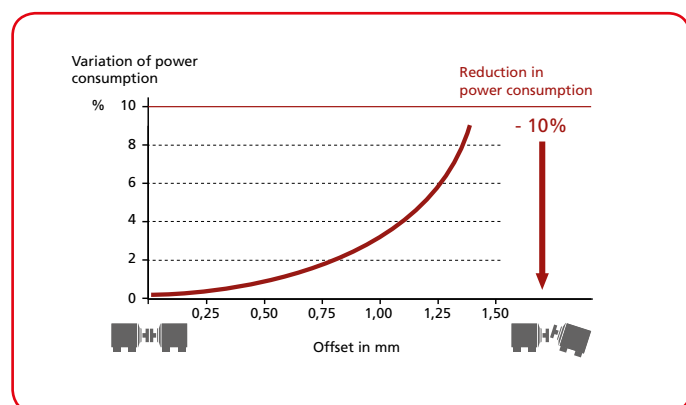
Puede que los gastos en energía sean al mismo tiempo los costes más significativos e ignorados de la desalineación.

La desalineación es cara. De hecho, la desalineación puede llegar a costar millones. Diferentes indicios sugieren que más del 50% de las averías en maquinaria se deben directamente a la desalineación. Vibraciones excesivas, cojinetes desgastados o dañados, juntas con fugas o fisuras, daño en los acoplamientos o los ejes, aumento de las cargas sobre los cojinetes —todo ello puede estar asociado a una desalineación y provoca paradas de trabajo no planificadas, retrasos y pérdidas de producción. Dichos problemas suponen un derroche de la vida útil de las máquinas, las horas de mano de obra y de dinero. Asimismo, acortan la vida útil de la máquina y reducen la calidad. Además, tienen como consecuencia un desperdicio de la energía. Puede que los gastos en energía sean al mismo tiempo los costes más significativos e ignorados de la desalineación.



Una alineación rigurosa supone un ahorro energético

La desalineación de ejes tiene un impacto sorprendentemente amplio en el consumo energético. Algunos estudios independientes han demostrado que la desalineación puede aumentar considerablemente el uso y coste de la energía.



Consumo energético en relación con el desplazamiento. Cortesía de © ICI PLC

En un estudio académico realizado a lo largo de un periodo de seis semanas de funcionamiento normal, los investigadores evaluaron la influencia que tiene la alineación en el consumo de la energía eléctrica en una planta de procesamiento de productos químicos. En las fases iniciales del estudio, dichos investigadores utilizaron cojinetes nuevos para alinear las máquinas con precisión, equilibrarlas con cuidado y para reacondicionarlas. Controlando el tipo de acoplamiento, los investigadores se dedicaron a ajustar la alineación de las máquinas objeto de estudio en intervalos establecidos. La desalineación aumentó de manera gradual, registrándose el correspondiente impacto en el uso de la energía. Con el fin de simular unas condiciones normales de funcionamiento, el estudio monitorizó la cantidad de energía consumida por cada conjunto a lo largo de muchos días. Los resultados de este estudio demostraron que, dentro de unos parámetros normales de funcionamiento, el consumo energético aumentaba de manera directamente proporcional al grado de alineación de las máquinas. Los investigadores descubrieron que utilizando un sistema de alineación láser para alinear las máquinas dentro de unas tolerancias precisas en toda la planta se reduciría el consumo de energía hasta un 10% y —siendo conservadores— se ahorrarían más de 100.000 euros al año.

Existe una serie de factores a considerar para calcular el ahorro energético que se deriva de una alineación rigurosa. El uso de la energía se ve influido por el grado inicial de desalineación, el número y vataje de las máquinas alineadas, la cantidad de horas de funcionamiento al año, el tipo de acoplamiento y el coste de la energía. A modo de ejemplo, algunos estudios afirman que una sola bomba de circulación con un motor de 75 kW funcionando a 3000 rpm y operando con una desalineación de desplazamiento típica de 0,75 mm empleará un 1,68% más de energía que esa misma bomba alineada con precisión dentro de un límite de 0,05 mm.

Dicho de otro modo, la bomba desalineada está empleando más energía de la que debería. Podemos calcular el ahorro teniendo en cuenta el coste de la energía malgastada. Es cierto que los precios de la energía varían mucho, pero si consideramos un precio mundial de nivel medio de aproximadamente \$0,16 por kW, podremos calcular que una alineación precisa de una única bomba puede suponer un ahorro inmediato de casi 1700 euros al año. La alineación de muchas máquinas o de maquinaria de gran tamaño se traduce en una reducción sustancial de los costes de explotación.

Para examinar el ahorro energético que se deriva de las diferentes combinaciones de los distintos tamaños de las máquinas e índices de uso eléctrico, el siguiente sitio web dispone de una calculadora en línea: http://www.pruftechnik.com/roi_us.

Un programa de alineación rigurosa: Retorno de la inversión

Con una alineación láser precisa, los ahorros empezarán a acumularse en cuanto comience el programa de alineación, ya sea durante la puesta en marcha inicial de los equipos o después de que las máquinas ya estén en servicio. Los gastos del programa pueden recuperarse rápidamente. Por ejemplo, considerando únicamente los costes de explotación, un programa de alineación que incluya sólo cinco máquinas de 200 kW podría cubrir el gasto que conlleva introducir alineaciones de precisión en tan sólo un año.

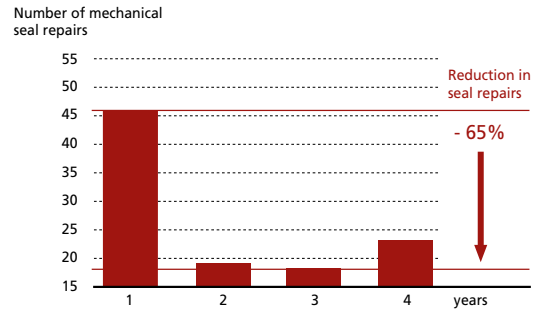
Los programas de alineación se benefician de las economías de escala: cuanto mayor sea el número de máquinas alineadas, antes se recuperará el coste de adquisición de los equipos de alineación.

En aquellas industrias donde las máquinas rotativas constituyen una gran parte de los equipos operativos, los costes del programa se recuperan casi de inmediato.

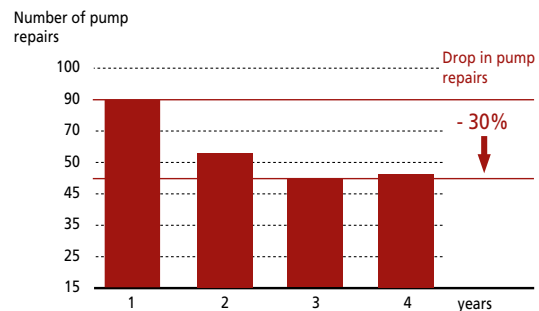
Además de los beneficios derivados del ahorro inmediato de energía, una alineación rigurosa aporta otros beneficios. La implementación regular de un programa de alineación rigurosa supone una disminución de las reparaciones de juntas mecánicas de hasta un 65%; las reparaciones de bombas pueden caer un 30%; y la vida útil esperada de los cojinetes puede incrementarse hasta un 50%.

Cuando en el cálculo se incluyen ahorros en costes de mantenimiento como los indicados anteriormente, un programa de alineación rigurosa puede lograr un retorno de la inversión casi inmediato.

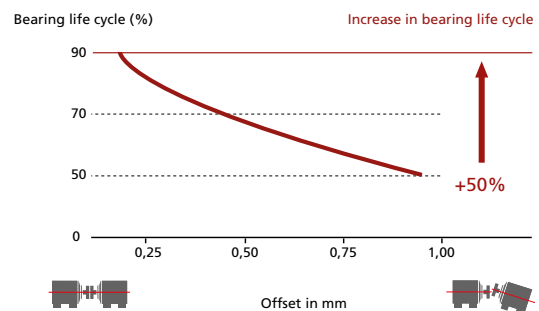
Los beneficios garantizados que conlleva una alineación precisa hacen que el establecimiento de un programa de alineación láser sea esencial; las innovadoras tecnologías láser desarrolladas por PRUFTECHNIK lo hacen posible. Los instrumentos de alineación láser y monitorización de condiciones de PRUFTECHNIK están diseñados para ser intuitivos y fáciles de manejar. Pueden adquirirse soportes resistentes al combamiento para cualquier tipo de eje o acoplamiento, y pueden instalarse rápidamente, incluso en espacios estrechos o de difícil acceso. Los sencillos asistentes en pantalla facilitan la introducción de los datos de máquina requeridos. El sistema láser de precisión de PRUFTECHNIK puede comprobar la alineación mientras las máquinas se encuentran en funcionamiento, mostrando a lo largo del tiempo el verdadero estado de alineación de una máquina "en tiempo real".



Cortesía de HEOCHST AG Gendorf, Alemania



Cortesía de HEOCHST AG Gendorf, Alemania



Cortesía de la University of Tennessee

La clave consiste en establecer un programa de alineación

El software de alineación permite presentar gráficamente los datos de alineación en la forma de una línea o cuadro de tendencias, con el fin de monitorizar el estado de alineación a lo largo del tiempo y de ayudar a detectar los problemas subyacentes de la maquinaria. Con una resolución de 1 micrómetro (0,001 mm), los valores precisos de la alineación y las comprobaciones de las tolerancias garantizan un ahorro preciso del dinero. Desde los instrumentos de alineación se generan informes de conformidad con los requisitos ISO, y pueden enviarse mediante conexiones inalámbricas a cualquier lugar del mundo.

Cuando sufrimos unos costes energéticos que se disparan, una alineación rigurosa puede ser un modo sencillo de enfrentarnos a ellos. Para empresas que utilizan equipos rotativos, un programa integral de alineación puede ahorrar millones de kilovatios y decenas, o incluso cientos de miles de euros en costes energéticos. Los beneficios añadidos que aportan la fiabilidad de la maquinaria y la mejora de la producción hacen que sea esencial la implementación de un programa de alineación rigurosa. Los sistemas de alineación de PRUFTECHNIK y sus ingenieros expertos en alineación proporcionan los productos, servicios y asistencia que suministran las soluciones de alineación precisa a nivel mundial.



PRUFTECHNIK Dieter Busch AG
Oskar-Messter-Str. 19-21
85737 Ismaning
Germany
Tel.: +49 89 99616-0
Fax: +49 89 99616-200
info@pruftechnik.com
www.pruftechnik.com

A member of the PRUFTECHNIK-Group