

Pinilla
Hidrostar
Dapel

Grupo Pinilla
HIDRAULICA
NEUMATICA
ESTANQUEIDAD
LUBRICANTES Y GRASAS

FALLOS DE LAS JUNTAS EN APLICACIONES HIDRAULICAS. CAUSAS Y ASPECTOS.

1.- Introducción

En muchos casos, el fallo de un sistema hidráulico va precedido por daños ó disminución de efectividad de las juntas. Aunque las juntas deben ser consideradas como elementos sujetos a desgaste, no significa necesariamente que sean la causa principal del problema.

Como demuestra la experiencia práctica, entre el 70% y el 80% de los fallos de funcionamiento en los sistemas hidráulicos son atribuibles al mal estado de los fluidos hidráulicos. Estas afirmaciones están respaldadas por las investigaciones llevadas a cabo, a principios de los años 70, por el Instituto de Energía de Massachusetts, y fueron confirmadas posteriormente por un exhaustivo estudio de la Asociación Británica de Investigación Hidromecánica. Este estudio, llevado a cabo conjuntamente con el Laboratorio Nacional de Ingeniería, examinó las causas de fallo de 100 sistemas hidráulicos diferentes, mostrando que los contaminantes sólidos eran los responsables de aproximadamente el 50% de los fallos. El presente artículo presta, por tanto, especial atención a esta causa de los fallos.

Además de lo anterior, el aire y el agua deben considerarse también como agentes causantes de daños en el sistema, tal y como veremos más adelante.

La determinación e los criterios de diseño, la selección del material, la observación de las normas de diseño y el conocimiento de las funciones de los componentes y de las influencias relacionadas con su funcionamiento, así como una instalación, puesta en marcha y manejo apropiados, permiten eliminar las posibles causas de fallo en la etapa de proyecto.

En la práctica, los fallos de funcionamiento no son reconocidos en muchos casos, lo suficientemente rápido como ocurre en los sistemas cerrados. Para ser capaces de determinar las causas reales de los fallos de funcionamiento, a menudo es necesario extraer conclusiones de los análisis de elementos de juntas que han fallado y de los elementos circundantes, a fin de llegar a descubrir la causa original del fallo. Antes de poder introducir mejoras concretas, es necesario tener un conocimiento preciso de las causas del fallo.

2.- Resumen de las causas de daños

Como ya se ha señalado, las causas de daños y fallos de funcionamiento tienen una gama muy amplia de posibilidades. Analizar todas ellas quedaría fuera del alcance de este estudio.

La tabla 1 muestra un resumen de las posibles causas de fallos y sus consecuencias, e indica el lugar y momento en que el fallo está predestinado o puede evitarse utilizando la recomendación técnica del fabricante de juntas. Las áreas afectadas principalmente son las siguientes:

- diseño
- elección de juntas
- instalación y puesta en marcha
- manejo y observación de los sistemas

Los modernos elementos de junta, rascador y guiado se conciben, en la actualidad, como elementos mecánicos de alto rendimiento. Si se eligen e instalan adecuadamente, estos elementos aseguran un funcionamiento libre de fallos con buenas expectativas de una larga vida de servicio.

MOTIVO	CAUSA DAÑO	CONSECUENCIA
Diseño	Holgura excesivamente grande	Extrusión en la holgura
	Caida de presión demasiado rápida con gases	Descompresión explosiva
	Dimensiones de instalación y tolerancias incorrectas	Fricción excesiva, baja precarga, efecto "Blow-by"
	Velocidad de fluido demasiado alta	Desgaste por erosión, efecto cavitación de burbujas de aire
	Presión de contacto demasiado grande	Desgaste por adherencia
	Superficies demasiado rugosas	Desgaste de juntas
	Crecimiento de presión entre juntas	Sobrecarga de los elementos de las juntas
	Alojamientos demasiado ajustados	No hay activación de presión, efecto "Blow-by"
	Alojamientos demasiado grandes	Desgaste por fuga a chorro
	Elección de las juntas	Sobrecarga térmica
Sobrecarga química		Hinchamiento, contracción, endurecimiento
Juntas demasiado blandas		Extrusión en la holgura, deformación plástica
Materiales o tipo de junta no apropiados		Efecto "stick-slip", ruidos
Instalación y puesta en marcha	Torsión de la junta tórica: - Debido a la instalación - Debido a una carrera larga	Fugas debidas a la rotura de la junta tórica que se ha retorcido
	Inexistencia de chaflán de entrada	Cortes en la junta
	Sistema sin sangrar	Efecto Diesel, carbonización de la junta
	Pliegues en las esquinas de las juntas	Fugas durante la puesta en marcha
	Herramientas de instalación inapropiadas	Fallo prematuro
Suciedad en el sistema	Rayado de los vástagos debido a partículas de suciedad o defecto de la superficie	Fugas debidas al desgaste de las juntas. Entrada de suciedad a través del rascador, mal funcionamiento debido a desgaste de las guías
	Rayado de los cilindros	Fallo prematuro en las juntas
	Agua en el aceite	Hidrólisis, p.e. del poliuretano
	Partículas sólidas en el sistema	Desgaste por abrasión

Tabla 1. Resumen de las causas de Daños en los Sistemas Hidraulicos

3.- Diseño

El funcionamiento fiable de un sistema se puede determinar, en gran medida, mediante un cuidadoso diseño y elección de sistemas de juntas y de sus materiales.

De entre la amplia gama de posibles fallos de los sistemas hidráulicos relacionados con el diseño, nos centraremos aquí en las causas principales. Son las siguientes:

3.1.- Superficies inapropiadas

La utilización en superficies dinámicas de materiales de juntas no adecuados a las aplicaciones y a las condiciones de funcionamiento, bien en una superficie excesivamente rugosa o con una dureza insuficiente, provocan el desgaste prematuro de la junta y de la superficie de contacto, como consecuencia de la abrasión y la adherencia.

3.2.- Extrusión en la holgura

El material de juntas a base de elastómeros o elementos termoplásticos tiende a deformarse por efecto de la presión

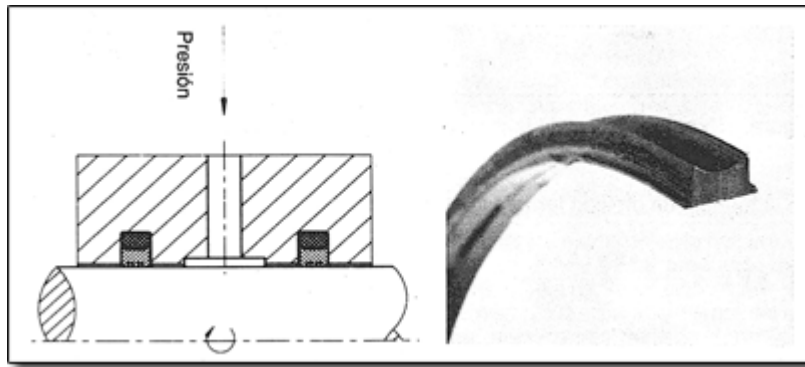


Figura 1. Extrusión en la holgura del elemento de junta rotativa.

Unas holguras excesivamente grandes, no acordes a las presiones, permiten la extrusión del material hacia el interior de la holgura. La figura 1 muestra la extrusión de los labios de un elemento de junta rotativa. La pérdida de material provoca la disminución de la precarga de la junta tórica y, en consecuencia, la aparición de fugas. En esta junta de estanqueidad, usada en una articulación rotativa, los fallos pueden tener varias causas posibles; holgura excesivamente grande, alojamientos demasiado anchos, aumento de presión por acumulación de grasa en la cámara secundaria o sobrecalentamiento debido al funcionamiento en seco.

3.3.- Presión delante de las juntas

Las carreras largas de los cilindros hidráulicos provocan presión entre juntas en las holguras estrechas. Si el medio extraído queda sometido a una estrangulación adicional debido a otra holgura estrecha, por ejemplo la holgura de una segunda junta o del rascador, la presión entre juntas se hace aún mayor por efecto de la excesiva cantidad de fluido. El nivel de esta presión puede sobrepasar el valor de presión del sistema, dando lugar, por ejemplo, a que la junta se gire o incluso que se salga de su alojamiento. La figura 2 muestra un elemento de junta que se ha inclinado debido al crecimiento excesivo de presión y está desgastado. El excesivo aumento de la presión ha forzado al rascador fuera de su alojamiento

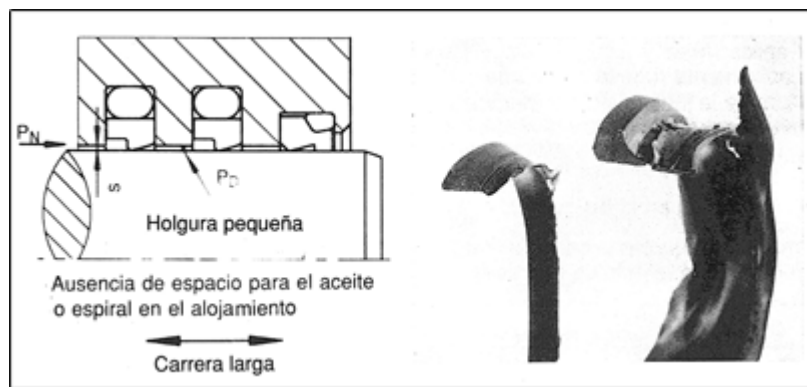


Figura 2. Extrusión debida a la presión formada por arrastre.

En la fórmula de presión formada por arrastre,

$$P_D = P_N + [(6 \cdot v \cdot L_s \cdot \eta) / s^2]$$

podemos ver que la velocidad v , la longitud de holgura L_s , la viscosidad η y, en particular, el tamaño de la holgura s son responsables del aumento de presión.

Dependiendo de cada situación real, el incremento de la presión formada por arrastre P_D puede llegar a alcanzar de 2 a 5 veces el valor de presión nominal P_N .

El aumento de la presión formada por arrastre puede prevenirse durante el diseño y mediante la elección de juntas adecuadas, por ejemplo, con efecto de bombeo de retorno hidrodinámico.

3.4.- Instalación y puesta en marcha

Después de la instalación, generalmente ya no es posible comprobar la posición y el asentamiento exactos de la junta. Por lo tanto, la instalación debe efectuarse poniendo el máximo cuidado, debiendo observarse las normas de diseño establecidas para la instalación de juntas. Siempre que sea necesario deben emplearse útiles de instalación.

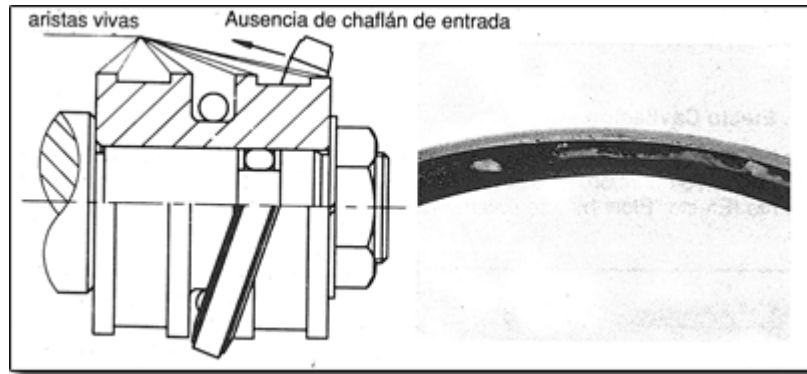


Figura 3. Extrusión y efecto de picado.

Además, las aristas de las juntas, que han sido sometidas a cizallamiento o dañadas, sólo son apreciables durante la puesta en marcha o después de un periodo de funcionamiento por la aparición de fugas, aunque en esta etapa no podrá identificarse la causa de dichas fugas.

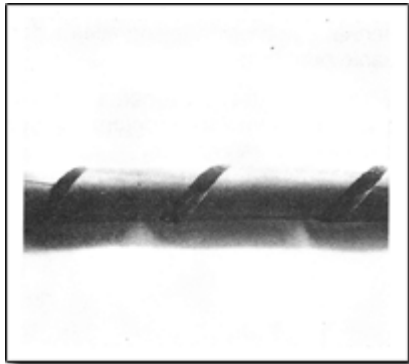


Figura 4. Corte en espiral de la junta tórica.

La figura 3 muestra una junta de pistón con junta tórica como activador, en la que la junta tórica ha quedado totalmente picada debido a la extrusión en la holgura. La razón por la que se ha producido todo esto es la falta de un chaflán de entrada en el pistón. La superficie interior del aro de la junta quedó dañada durante el montaje. A continuación se produjo la extrusión de la junta tórica en el interior de la holgura, entre el aro y el costado del alojamiento, en cada cambio de presión, sufriendo los consiguientes daños.

La junta tórica que se muestra en la Figura 4 se enrolló durante el montaje. Como consecuencia de ello, el cambio de presión dio lugar al corte en espiral que puede observarse en dicha figura.

4.- Contaminantes gaseosos

El aire y los gases pueden demostrar ser importantes factores de problemas en el sistema hidráulico. A presión atmosférica, se puede disolver en aceite hasta un 9 por ciento de aire. A presiones más altas, se puede disolver mucho más aire o gas en el aceite, que se expulsa de nuevo al disminuir la presión.

Los sistemas hidráulicos deben sangrarse con todo cuidado antes de su puesta en marcha. Cualquier cantidad de aire o gas que quede en el sistema puede ser origen de importantes daños.

4.1.- Efecto Cavitación

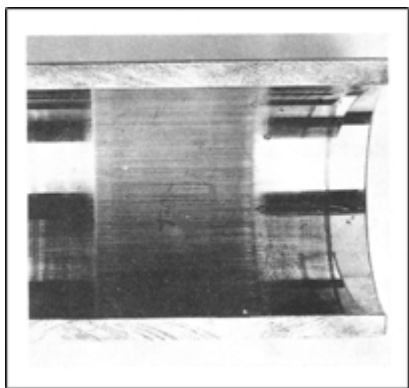


Figura 5. Micro-Cavitación y erosión por chorro de fluido de gran velocidad en el interior del cilindro.

Por Efecto Cavitación entendemos la implosión de burbujas de vapor en el sistema. El aire comprimido, no disuelto en aceite, que pasa a través de la holgura de la junta (Efecto "Blow-by") se expande en el lado de baja presión, con gran energía.

La mayor rugosidad de la superficie intensifica el proceso, produciendo holguras y rayas no sólo en la junta sino afectando también a la superficie metálica adyacente del alojamiento y a la camisa.

Una vez que la superficie de la junta ha sido dañada por picaduras y erosión, el fluido hidráulico circula a gran velocidad y con gran aceleración a través de las rayas longitudinales y produce los patrones de desgaste que se ilustran en la Figura 5.

A primera vista, al analizar una superficie con rayas de este tipo se puede pensar que ha estado sometida a desgaste por abrasión.

Este tipo de fallos pueden ser provocados por vibraciones, deformaciones, presiones altas y vacíos.

4.2.- Efecto Diesel

Una consecuencia adicional de las burbujas de aire en los fluidos hidráulicos es el "Efecto Diesel". Si la presión del sistema se incrementa de una forma brusca, en un corto periodo de tiempo, las burbujas de aire se calienta hasta un punto que se produce un encendido espontáneo de la mezcla aire/gas en las burbujas.

Si, por ejemplo, una burbuja de aire de 25mm de diámetro se comprime desde la presión atmosférica hasta 50 MPa en unos pocos milisegundos, se genera una temperatura de 2.500 °C en el centro de la burbuja.

Si ocurre este efecto en la proximidad de juntas o guías, los aros de guiado y las juntas se carbonizan. Además del posible fallo directo de los elementos, algunas partículas duras, residuos de anillos o juntas pueden causar problemas en el sistema. Por esta razón, se debe prestar especial atención al uso de materiales que no generen residuos de combustión perjudiciales para tales aplicaciones.

La Figura 6 muestra un aro de guía de plástico dañado por el Efecto Diesel. El material usado, PTFE modificado, no produce, sin embargo, residuos de combustión abrasivos que pudieran afectar al funcionamiento.

5.- Contaminantes sólidos en el sistema

Cuando hablamos sobre contaminantes sólidos en sistemas hidráulicos pensamos, en primer lugar y principalmente, en el ensuciamiento de bombas, válvulas, cilindros y otros componentes y nos ocupamos de su comportamiento de desgaste.

Las propias juntas están sujetas, no obstante, a un considerable peligro por efecto de los agentes contaminantes y esto requiere una particular consideración. Son, después de todo, responsables de asegurar que los fluidos del sistema hidráulico permanezcan bajo unas presiones altas y sometidos a unas condiciones duras de trabajo.

El efecto perjudicial de los contaminantes procede general mente de la abrasión debida a las partículas sólidas. Estos sólidos son la causa del desgaste de componentes y juntas. Incluso utilizando técnicas óptimas de filtrado, el operador del sistema asumirá siempre un grado permisible de contaminación en el medio. No obstante, con frecuencia este nivel sólo se alcanza durante el periodo de puesta en marcha y rodaje, es decir, el grado de contaminación inicial es mas alto.

El lubricante nuevo, extraído de bidones o depósitos de aceite, puede tener un nivel de contaminantes sólidos entre 20 y 50 veces mas alto de lo que permite el sistema.

Incluso durante la puesta en marcha del cilindro, se observa a menudo un ligero rayado del vástago, que hace surgir importantes dudas en la mente del operador. Esto es debido, entre otras cosas, a partículas gruesas y duras tales como polvo de rectificado, arena de molde, escamas, puntos de soldadura, etc., que han entrado previamente en el sistema durante la fabricación de las piezas y el montaje de los componentes.

La Figura 7 muestra el diagrama de un sistema hidráulico e indica los posibles puntos débiles. Se ilustran las potenciales localizaciones de los filtros. Todos los sistemas pueden operar bien individualmente, o bien en conjunto. Incluso utilizando un filtro con el elemento mas fino posible, no podrán eliminarse, sin embargo, todas estas partículas del sistema, entre otras razones, debido al hecho de que continuamente se producen nuevas partículas como resultado del desgaste de los componentes mecánicos del sistema.

Por ejemplo, en los bidones o depósitos se forman partículas metálicas o pequeñas escamas, la condensación produce corrosión y las impurezas también pueden introducirse en el sistema a través de la atmósfera.

Es necesario poner especial atención cuando se rellenen los sistemas hidráulicos en unas condiciones de suciedad extremas, por ejemplo en sistemas hidráulicos móviles. En el mismo contenedor pueden formarse sedimentos del fluido. Si el aceite hidráulico no se cambia a intervalos suficientemente cortos o si se sobrecarga, pueden producirse tensiones de cizallamiento que darán lugar a la progresiva degradación del lubricante.

Los riesgos de la suciedad pueden relacionarse directamente con los procesos del sector en el que se utilice el sistema hidráulico, por ejemplo, polvo, escamas o suciedad en fundiciones, trenes de laminación, minas y sistemas hidráulicos móviles. Algunas partículas pueden ser introducidas en el sistema por los filtros de aire o los vástagos.

El sistema de junta y rascador del vástago, en especial, tiene que adaptarse a cada aplicación en particular. En lo referente al rascador, se tiene que llegar a un compromiso de solución del 100% de efecto de rascado - que al mismo tiempo supone un funcionamiento en seco - y el funcionamiento en condiciones óptimas de estanqueidad.

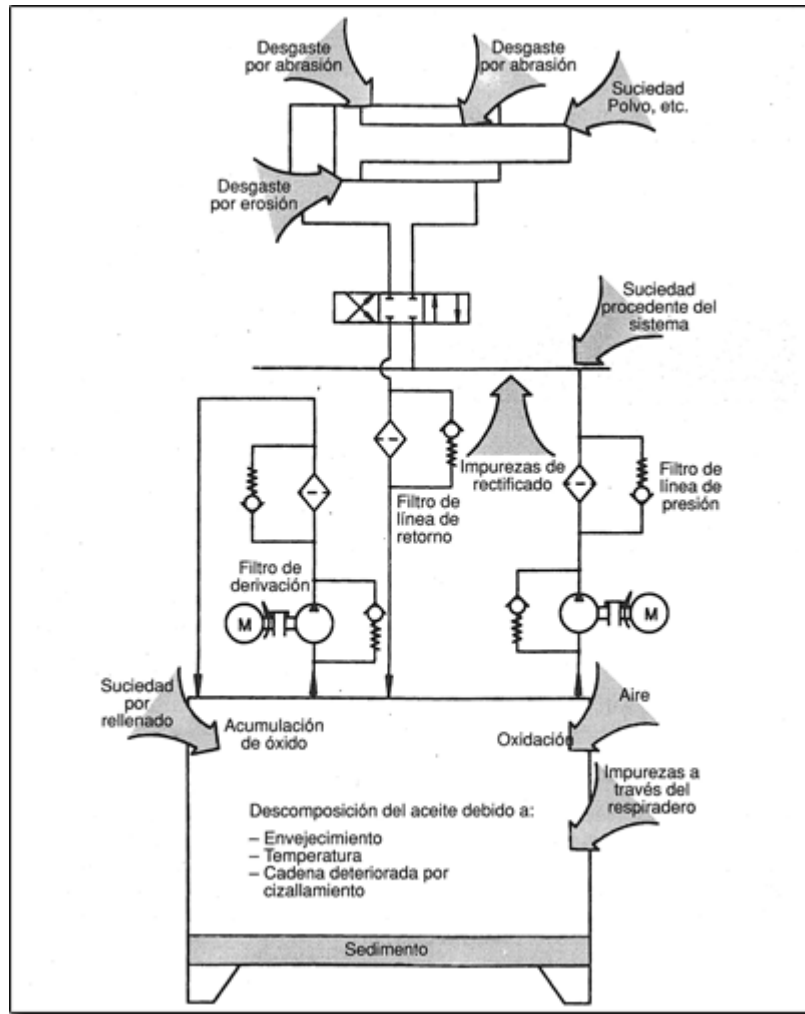


Figura 7. Circuito hidráulico con zonas de peligro debido a impurezas.

6.- Efectos de los contaminantes

Las consecuencias de los contaminantes son el fallo prematuro de las juntas debido al desgaste y la sustitución prematura o la nueva mecanización de las superficies dinámicas.

Estos efectos tienen que considerarse siempre conjuntamente con las fuerzas que actúan en el sistema, tales como fuerzas de fricción, fuerzas de deformación o fuerzas elásticas y con las influencias de las condiciones de trabajo tales como presión, temperatura, medio, frecuencia, factor de duración cíclica, etc.

6.1.- Desgaste debido a la abrasión

El desgaste por abrasión se produce entre piezas que tienen un movimiento relativo entre sí. Cuando no hay suficiente lubricación entre la junta y la superficie dinámica, nos encontramos con que existe una gran superficie de contacto. Las estructuras superficiales de calidad inferior a la óptima, en particular aquellas con picos debidos a una mecanización pobre, darán lugar a que se desprendan partículas de la superficie metálica o cromada. Estas partículas se incrustan en el material más blando de la junta y producen un desgaste abrasivo de la superficie dinámica, aunque está sea de mayor dureza. Esto puede poner en marcha un mecanismo de desgaste que ya no se puede atajar, tal y como se muestra en la figura 8. Las partículas que entran en la holgura, desde fuera, aceleran aún más este proceso.

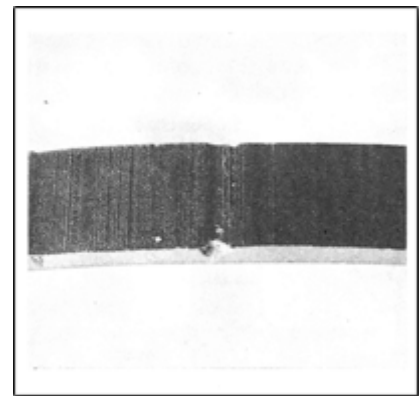


Figura 8. Desgaste debido a la abrasión sobre un aro guía.

6.2.- Desgaste debido a la erosión

Este tipo de desgaste ocurre cuando las partículas golpean a gran velocidad la superficie de las juntas, guías y componentes. Este es el caso, por ejemplo, que tiene lugar cuando un fluido contaminado por partículas abrasivas circula a gran velocidad a través de una holgura pequeña. Las altas velocidades de flujo son debidas, generalmente, a la presencia de grandes diferencias de presión y pequeñas secciones transversales de paso.

7.- Influencia del acabado de la superficie

La fiabilidad funcional y la vida de servicio de una junta depende, en gran parte, de la calidad y acabado de la superficie de contacto a estanqueizar. Esto puede ser también importante en el fallo de una junta dinámica.

Las rayas, rascaduras, poros y marcas de mecanizado concéntricas o espirales no son permitidas. Se debe ser más exigente con el acabado de las superficies de contacto dinámicas que en las superficies de contacto estáticas.

Las características más habituales para describir el microacabado de la superficie R_a , R_z y $R_{máx.}$ están definidas en DIN 4762/ISO 4287/1 y DIN 4768. Estas características no son suficientes, sin embargo, para valorar la adaptabilidad en ingeniería de estanqueidad.

Además, el área de sustentación M_r (anteriormente el porcentaje del área de contacto t_p), debería ser exigido, de acuerdo con DIN 4762/ISO 4287/1. El significado de esta especificación de la superficie se ilustra en la Figura 9. Se muestra claramente que la sola especificación de R_a y R_z no describe con precisión la forma del perfil y, por esto, no es suficiente para determinar la adaptabilidad en ingeniería de estanqueidad. La proporción del área de sustentación M_r es esencial para determinar las superficies, ya que este parámetro se determina por la forma específica del perfil. Esto depende, a su vez, directamente del proceso de mecanizado empleado.

La proporción del área de sustentación M_r debería ser aprox. del 50 al 70 %, determinado por una sección de la profundidad del corte $c = 0.25 \times R_z$, relativa a una línea de referencia de $C_{ref.} 5 \%$.


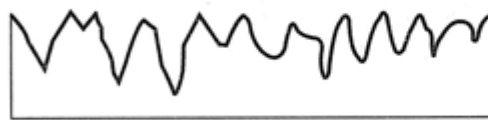
Perfiles de superficie	R_a	R_z	M_r
	0.2	1.0	70%
	0.2	1.0	15%

Figura 9. Formas de perfil de las superficies.

En la Figura 10 se da una recomendación general para los acabados de la superficie de juntas alternativas.

Rugosidad de la superficie μm			
Microacabado de la superficie	Superficie de contacto		Alojamiento
	Material a base de PTFE	Caucho y Poliuretano	
$R_{máx.}$	0,63 - 2,50	1,00 - 4,00	< 10,0
R_z DIN	0,40 - 1,60	0,63 - 2,50	< 6,3
R_a	0,05 - 0,20	0,10 - 0,40	< 1,6

Figura 10. Acabados de superficie.

8.- Evaluación de fallos en las juntas

Como causa y efecto (patrón de daños) están en muchos casos separados, cada observación efectuada durante el desmontaje del sistema es de la mayor importancia.

Se tiene que hacer una separación, especialmente, de las partículas extrañas. Incluso las partículas

incrustadas en el material de las juntas deben someterse a una prueba de material. El análisis químico de las partículas permite extraer luego conclusiones relativas a su origen. La detección de partículas de silicona, por ejemplo, indicaría el uso no permitido de un cortador radial en las proximidades del cilindro durante el montaje.

El análisis de la muestra de aceite suministra información adicional sobre el grado de contaminación, tamaño de las partículas y composición del material. Los exámenes químicos y físicos dan indicaciones de posibles cambios en los materiales de las juntas, y estos cambios indican a su vez, determinadas condiciones químicas o térmicas.

Una excesiva limpieza hace a veces difícil, o incluso imposible, un análisis de las causas de daños. Las pruebas más importantes se destruyen con el trapo de la limpieza.

El especialista debe estar presente -siempre que sea posible- durante el desmontaje de las juntas. Sólo de esta forma se puede descubrir, analizar o reconstruir una instalación incorrecta o la presencia de fuentes de problemas.

Encontrar el remedio apropiado sin un exacto conocimiento de la causa del daño, es simplemente un juego de azar.

Referencias

- Dr. E. Rabinowicz "The Loss of Usefulness of Components in Hydraulic and Lubrication Systems", Vortrag zum Workshop "Bearings" of the American Society of Lubrication Engineers, 1971
- Department of Industry "Research Programme on Contamination Control on Fluid Power System 1980-1983" Volume I "Field Studies", Volume V "Filter Behaviour" DIT, National Engineering Laboratory, East Kilbride, Glasgow, UK, 1983
- H. Essers Ölpflege mit System Paper for 9. Fachtagung Hydraulik und Pneumatik, September 1993, Dresden

.: Grupo Pinilla :.

© J. Pinilla Uson S.L.U - © Hidrostática Aragonesa S.A.U - © Dapel S.L.U

Pinilla - Tel. +34 976 570 500 - Fax +34 976 571 403

Hidrostar - Tel. +34 976 574 551 - Fax +34 976 571 714

Dapel - Tel. +34 976 573 500 - Fax +34 976 573 007

Correo Electrónico: web@pinilla.com