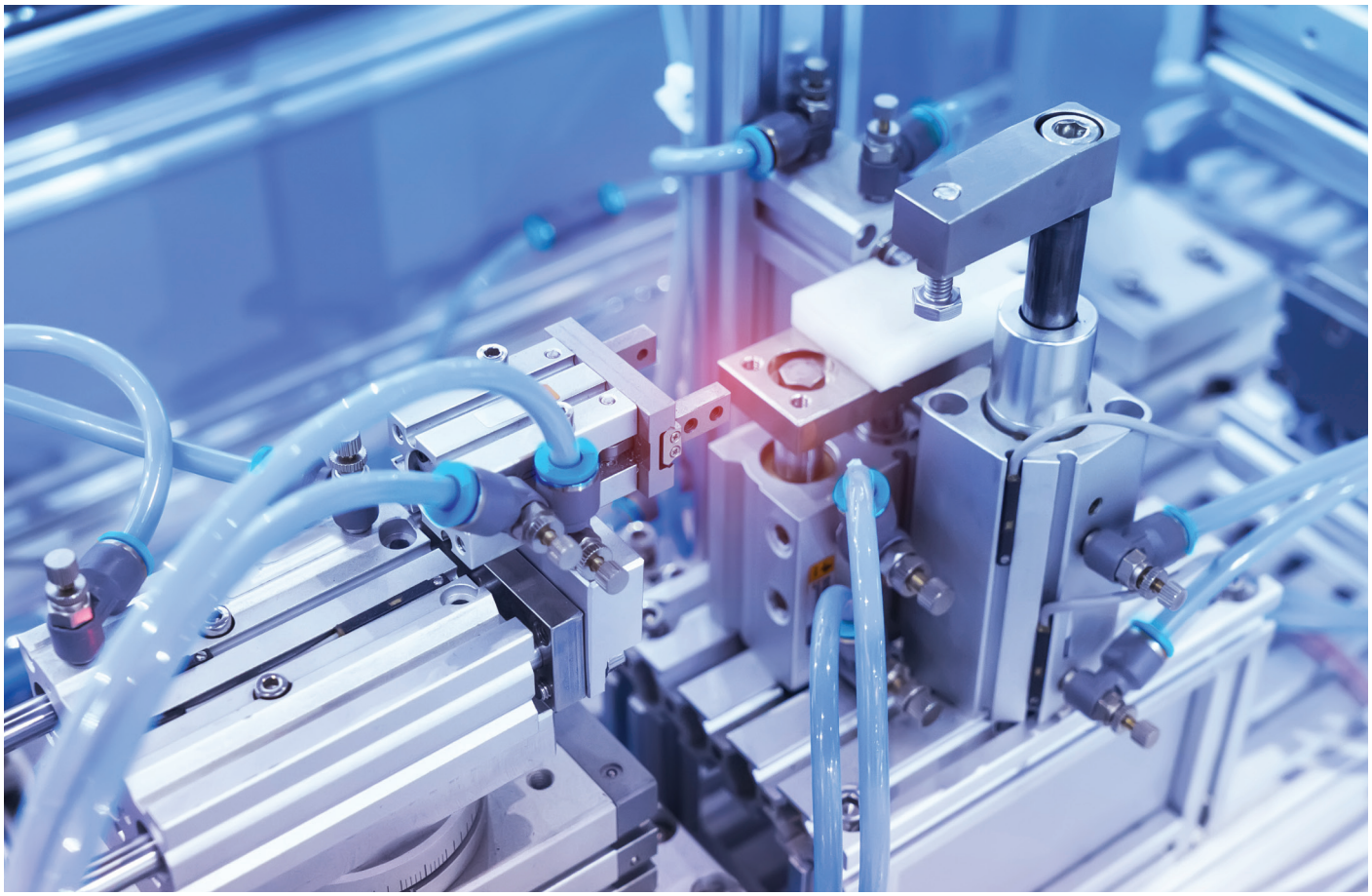
Evite que sus máquinas se vayan por el drenaje

Este libro blanco explora las diversas causas ambientales y mecánicas de las fallas en tuberías neumáticas, que pueden causar tiempo de inactividad y costosas pérdidas de producción.

FESTO



Debido a que la tubería neumática es un componente común en las máquinas, muchos diseñadores no le prestan la atención que merece. Pero la realidad es que elegir la tubería correcta es un aspecto crítico del diseño de la máquina, y su proceso de selección debe considerar factores que se extienden más allá de las condiciones de operación más "obvias". Por ejemplo, si su máquina está ubicada cerca de un equipo de soldadura, entonces es importante comprender si la tubería puede manejar las salpicaduras de soldadura y cómo. Si no puede hacerlo, por ejemplo, debido al grosor de una pared delgada, es probable que su tubería falle prematuramente.

La mayoría de las veces, la falla de la tubería provoca tiempo de inactividad en el equipo al que está conectado, lo que genera costosas pérdidas de producción, así como un gran esfuerzo de ingeniería para encontrar y corregir la causa de la falla. En vista de lo que está en juego, es importante hacer las preguntas correctas sobre el entorno de su máquina durante el proceso de diseño inicial. Comprender tanto las condiciones obvias como las menos

obvias a las que estará expuesta su tubería le permitirá elegir el polímero correcto, ya sea poliuretano (PU), poliamida (PA), polietileno (PE), entre otros.

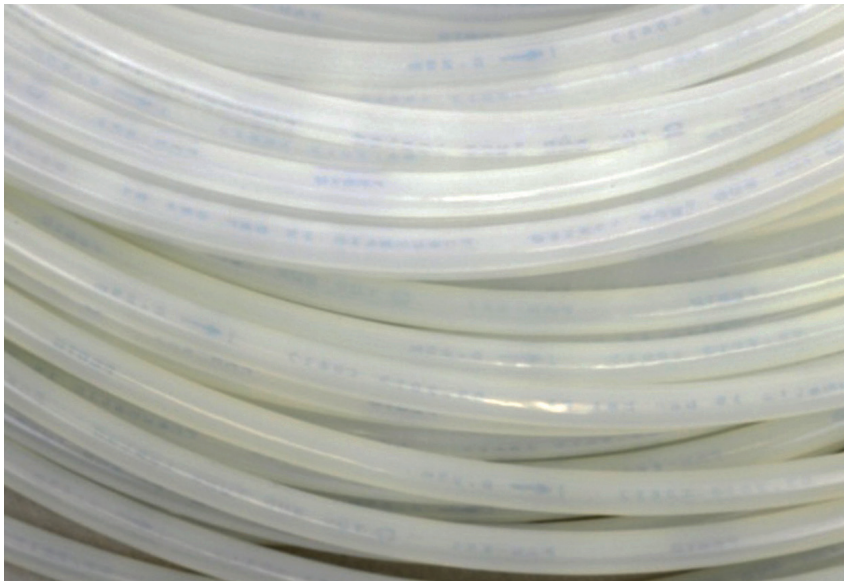
Este libro blanco analizará varias causas comunes de fallas en las tuberías, muchas de las cuales pueden pasarse por alto fácilmente durante el proceso de diseño. También discutiremos varios escenarios que pueden conducir a fallas en la tubería, así como el mecanismo de daño y el modo de falla de varios factores mecánicos y ambientales. Al finalizar, usted debería comprender mejor los tipos de condiciones a considerar al diseñar su máquina, minimizando así el riesgo de que falle la tubería.

Evitar la degradación causada por rayos ultravioleta

Cuando se trata de fallas en las tuberías, el 90 % de las quejas de los clientes son a causa de los daños ambientales, incluidos daños físicos, químicos y microbianos, en comparación con factores mecánicos como el roce o el aplastamiento. La razón de esta disparidad se debe a los peligros imprevistos de ciertos factores ambientales en la tubería hasta que ya es demasiado tarde. Por ejemplo, agregar tubos a una máquina ubicada cerca de ventanas puede exponer el tubo a los dañinos rayos UV de la luz solar. La radiación de alta energía ya sea ultravioleta, rayos X o radiación gamma, hará que las macromoléculas del tubo se dividan y provoquen el deterioro del tubo. Tal descuido es completamente accidental, pero puede tener efectos duraderos no solo en la vida útil de la tubería, sino también en el rendimiento de su máquina.

La energía UV excita los fotones en los plásticos, un proceso que crea radicales libres. En presencia de oxígeno, estos radicales libres forman hidroperóxidos de oxígeno que comprometen la cadena principal y debilitan la estructura, un proceso llamado fotooxidación. La fotooxidación también puede provocar un cambio de color en la superficie de la tubería.

Si bien ciertos polímeros, como el politetrafluoroetileno (PTFE), tienen una excelente resistencia natural a los rayos UV, agregar al plástico ciertos estabilizadores, absorbentes o bloqueadores es una forma eficaz de prevenir la degradación por rayos UV. Por ejemplo, la adición de negro de carbón puede proporcionar una protección suficiente para aplicaciones al aire libre.



Tubería de PA con superficie amarillenta por la luz ultravioleta.

© Copyright 2020, Festo Corp.

Los efectos de la hidrólisis

Además de los rayos ultravioleta, las fuentes naturales y artificiales de agua y humedad son otras causas potenciales de daño ambiental para los tubos. En general, los tubos de PU a base de éster son susceptibles a reacciones de hidrólisis que provocan la degradación de los tubos, mientras que los tubos de PU a base de éter ofrecen una mayor estabilidad hidrolítica, especialmente en ambientes húmedos.

En general, es importante asegurarse de que la tubería que utiliza incorpore aditivos que resistan la radiación UV o la hidrólisis, según sus necesidades. Para obtener más información sobre qué polímeros pueden soportar estas condiciones, consulte el recuadro "Pruebas de intemperismo internas".

Muestra	Resultado	Descripción
PAN	Mal desempeño	El material se vuelve poroso cuando está en contacto con la radiación UV.
PUN	Desempeño medio	La hidrólisis daña los tubos expuestos a ambientes externos a largo plazo.
PUN-H	Buen Desempeño	Sin cambios significativos de características técnicas. Alta resistencia a la hidrólisis.
PLN	El mejor desempeño	Sin cambios significativos de características técnicas. Alta resistencia química y a la hidrólisis (ej., lluvia ácida).

Resultados de las pruebas de intemperismo internas realizadas por Festo.

Pruebas de intemperismo internas

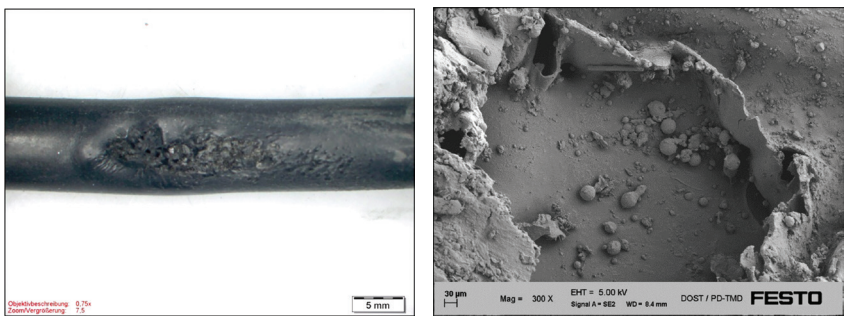
En Festo, realizamos pruebas de daño físico y de intemperismo (rayos UV e hidrólisis) en nuestros tipos de tubos, incluyendo a nuestras líneas de productos PAN (poliamida), PUN (poliuretano a base de éster), PUN-H (poliuretano a base de éter) y PLN (polietileno). Las condiciones, que imitaban cinco años de operación externa, incluían lo siguiente:

- Radiación UV
- Simulación de lluvia
- Temperatura más baja: -20 °C
- Temperatura más alta: +70 °C
- Humedad al 35 %
- Duración: 2,000 horas

Fuentes involuntarias de calor y picos de presión

El calor puede provenir de varias fuentes, algunas de las cuales pueden ser más obvias que otras. Por ejemplo, tal vez necesite pasar un tubo por el motor de un vehículo, en el que ciertos componentes se calentarán más que otros. Agregue un día particularmente cálido a la mezcla y la alta temperatura resultante puede exceder lo que su tubería fue diseñada para soportar inicialmente. Otra fuente de calor común, aunque quizás menos obvia, es la simple fricción. Si la tubería choca contra los componentes de una máquina con altas velocidades de ciclo, por ejemplo, entonces el calor por fricción puede acumularse y hacer que la tubería falle con el tiempo.

Al igual que la temperatura, la presión es una variable que requiere que considere las condiciones que pueden exceder el rango normal de la tubería. Por ejemplo, tal vez la máquina que está diseñando incorpora un regulador que reduce una presión de entrada de 200 PSI a una presión de funcionamiento aceptable de 90 PSI. Si el regulador falla, de repente todo el sistema, incluida la tubería, experimentará un pico de presión perjudicial.



Ejemplos de daños térmicos en una tubería de PAN, que incluyen formación de ampollas (izquierda) y cráteres y perlas de fusión en la superficie.

© Copyright 2020, Festo Corp.

En general, si no diseña alrededor de la temperatura o presión máxima que puede soportar la tubería, cualquier pico en estas condiciones puede causar un "inflado" fatal. Los tubos de PA, también llamados nailon, son ideales para aplicaciones estándar con rangos de presión y temperatura aumentados, y muchos pueden soportar rangos de presión de más de 290 PSI.

Los peligros ocultos de las interacciones químicas

Los ácidos y las bases pueden desencadenar reacciones químicas en el polímero de un tubo, lo que hace que su estructura molecular se divida y produzca grietas radiales. Para evitar esta deformación estructural, es importante seleccionar un polímero que pueda resistir la exposición química, como los perfluoroalcoxi alcanos (PFA), que pueden soportar incluso los ácidos y lejías más agresivos. Quizás la industria más obvia en la que las interacciones químicas son una preocupación es la de alimentos y bebidas, que generalmente utiliza equipos que deben soportar el lavado y otros productos químicos de limpieza cáusticos.

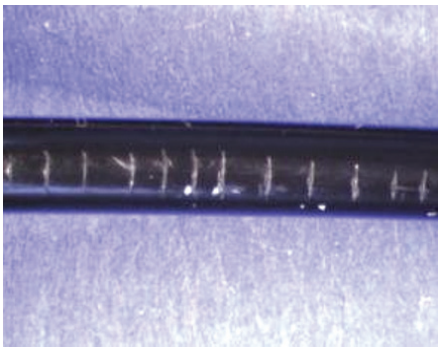
Pero, lamentablemente, no todos los escenarios son tan obvios. Por ejemplo, si está colocando una tubería cerca de una herramienta de mecanizado que corta metal, entonces es importante tener en cuenta el hecho de que algo de refrigerante puede depositarse en la tubería. Si ese es el caso, los productos químicos del refrigerante pueden reaccionar con el material de la tubería y provocar una falla prematura de la tubería.

Daño	Aplicación
Daño químico	Zonas sujetas a limpieza; exposición a medios ácidos o alcalinos, p. ej., detergentes, desinfectantes y agentes de limpieza.
Grietas por estrés	Impresión o entornos estándar; exposición a solventes polares, hidrocarburos, colorantes o lubricantes.
Daño microbiano	Áreas al aire libre o subterráneas (alcantarillas y pozos) o ambientes sucios y húmedos, p. ej., canales de cable.
Daño físico	Áreas al aire libre o áreas con radiación ultravioleta artificial, p. ej., aplicaciones alimentarias.

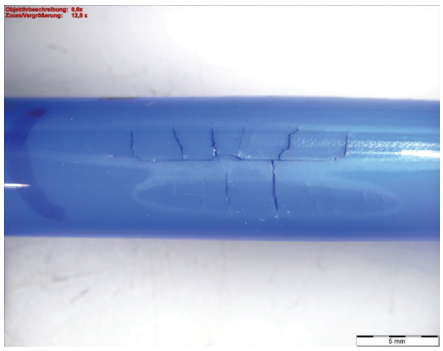
Zonas críticas para la tubería.

Además, los tubos de PU estándar, si se dejan en contacto directo con cables eléctricos o cables de sensores en ambientes oscuros y húmedos, pueden sufrir daños químicos por el ácido fosfórico, que se encuentra en los retardadores de llama a base de fósforo. Durante esta interacción, los ésteres de fósforo se difunden fuera de los alambres o cables, formando posteriormente ácido fosfórico en la superficie del tubo. Esta reacción ocurre a menudo en canales de cable, donde los tubos de PU hacen contacto directo con alambres y cables.

© Copyright 2020, Festo Corp.



Etapa 1:
- Grietas radiales únicas
- Longitud de las grietas <2 mm
- Grietas ubicadas en un lado del tubo



Etapa 2:
- Se forman grietas en la superficie de la manguera principalmente longitudinales y transversales



Etapa 3:
- Explosión de segmentos de tubería

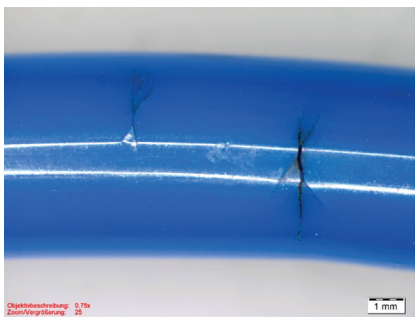
Daño químico de la tubería de PU y alambres/cables eléctricos.

Daño microbiano y grietas por estrés

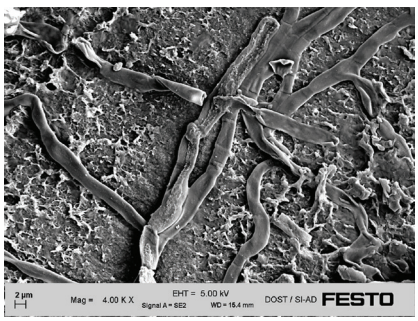
Fuera de la industria de alimentos y bebidas, muchos diseñadores de máquinas podrían no pensar en los peligros de la acumulación de microbios en la superficie de los tubos. Pero los microorganismos y las biopelículas, como las bacterias y los hongos, pueden infligir daños indirectos en los tubos, especialmente los tubos de PU, en forma de productos metabólicos:

- Ataques de ácido
- La degradación enzimática de plastificantes.
- Un aumento en el nivel de agua contenida en el plástico (hidrólisis)
- Degradación microbiana directa

En los tubos, los componentes de un polímero proporcionan una fuente de carbono o nitrógeno para el proceso metabólico, lo que finalmente causa fallas en forma de daño químico o grietas por estrés. Las grietas por estrés también pueden ocurrir debido a la presencia de sustancias orgánicas polares, como alcohol, éter y cetonas. El estrés interno resultante por estas sustancias reduce las fuerzas intermoleculares del polímero debido a la difusión del medio dentro del tubo. Para complicar aún más las cosas, si el contacto de la tubería con el medio que inicialmente causó las grietas por estrés se detiene repentinamente, entonces el medio se difunde fuera del polímero, lo que dificulta descubrir la causa principal de este daño.



Un ejemplo de daño microbiano. A menudo, grietas cruzadas con pequeñas grietas laterales ramificadas en el extremo se hacen visibles macroscópicamente.



Daño microbiano en forma de micelio visible (células fibrosas) por actinobacterias (bacterias largas y ramificadas).

© Copyright 2020, Festo Corp.

Aplicación	Material de la tubería	Descripción
Estándar	PU	Excelentes características de flexibilidad y resistencia a la intemperie.
	PA (Nylon)	Ideal para rangos de presión y temperatura más altos. Puede soportar flexiones repetidas.
	PE	Altos niveles de resistencia a la abrasión en aplicaciones dinámicas.
Altas presiones, temperaturas	PA (Nylon)	Ideal para rangos más amplios de temperatura y presión (hasta 20 bar). Excelente resistencia química y mecánica, incluso a temperaturas bajo cero.
Resistencia química y a la hidrólisis, alimentos seguros	PTFE	Ideal para aplicaciones de laboratorio y alimentos y bebidas. Resistente a productos químicos y agentes de limpieza.
	PU	Resistente a la hidrólisis y apto para salas blancas con la conexión adecuada. Destacada resistencia a gasolina y aceites.
	PFA / PTFE	Excelente resistencia a la temperatura (-200 ° a 500 ° F) y resistente a la corrosión, solventes y ácidos y álcalis agresivos. El PTFE tiene un bajo coeficiente de fricción, lo que lo hace ideal para materiales viscosos y pegajosos.
Antiestático	PU	Antiestático cuando se combina con un accesorio de metal sólido. Proporciona la máxima protección para componentes eléctricos y electrónicos.
Retardante de llama	PU	Seguro para áreas donde existe riesgo de incendio.
Salpicadura de soldadura	PU	Maneja salpicaduras de soldadura con espesores de pared de 2 milímetros.
	PA (Nylon)	Las variantes de doble pared son seguras para las salpicaduras de soldadura cuando se combinan con un accesorio especial.

Elegir la combinación correcta de tubería y conector puede ayudarlo a evitar casi todas las razones por las que se daña la tubería.

Situaciones dinámicas y daño mecánico

Aunque la mayoría de los daños en los tubos son el resultado de influencias ambientales, aún debe tener en cuenta las posibles fuentes de daños mecánicos. Por ejemplo, un error de ingeniería común es asumir que un tubo puede soportar esquinas más afiladas de lo que podría, especialmente en áreas reducidas. Pero si el radio de curvatura del tubo se reduce, incluso en equipos estáticos, el tubo puede doblarse, debilitarse y fallar fácilmente, especialmente si también está presurizado. (Para obtener más información sobre cómo determinamos el radio de curvatura mínimo de un tubo, consulte nuestro recuadro).

Desde el punto de vista del diseño, es importante no asumir que su tubería puede soportar esquinas, sin importar cuán pequeña sea, ya que puede hacer que la tubería se doble o se quede corta. En otros casos, una vez que una máquina comienza a funcionar, la tubería puede engancharse o frotarse contra otro componente o superficie. Para situaciones dinámicas como esta, deberá considerar los materiales de los tubos que son más resistentes a la abrasión, como los tubos de PE.

Determinación del radio de curvatura de un tubo

Para medir el radio de curvatura mínimo de un tubo, los ingenieros fijarán el tubo a una placa base y luego doblarán el tubo hasta que la deformación cree un pliegue. Este valor medido es el radio de curvatura mínimo o Rmin. En general, los tubos de PU son muy flexibles.

Un acto de equilibrio

Cada tipo de tubería neumática tiene sus diferentes fortalezas y debilidades, las cuales deben equilibrarse con las condiciones ambientales y/o mecánicas del tubo. Sin embargo, tenga en cuenta que no todas estas condiciones serán obvias, por lo que es extremadamente importante hacerse las preguntas correctas durante el proceso de diseño inicial de su máquina. Tener en cuenta todos los aspectos del entorno operativo de su tubo le permitirá seleccionar el polímero correcto y evitar con éxito daños en el tubo, tiempo de inactividad y costos innecesarios.

Puede obtener más información sobre tuberías neumáticas en www.festo.com.

Editor / Autor:
Randy DeForge
Gerente de producto - Suministro de aire y accesorios, Festo Corp.
www.festo.com

© Copyright 2020, Festo Corp.