

Impedir el aflojamiento de los elementos de tornillerías

White Paper

Impedir el aflojamiento de los elementos de tornillería

Por Michael Kaas

Equipo de expertos de Bossard,
Bossard Estados Unidos

www.bossard.com

Todos los derechos reservados © 2020 Bossard

Las recomendaciones y consejos mencionados deben ser
adecuadamente comprobados por el lector en el uso práctico
y ser aprobados como adecuados para su aplicación.
Cambios Reservados.



ASSEMBLY
TECHNOLOGY
EXPERT

IMPEDIR EL AFLOJAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE TORNILLERÍA

Introducción

Todos lo hemos experimentado. Los tornillos o las tuercas se están aflojando, ya sea en una bicicleta o en un par de gafas. Entonces, ¿cuál es la causa de esto? ¿Y cómo lo evitamos?

Para ello necesitamos saber más sobre la función de la unión y cómo interactúan los hilos de la rosca de la fijación. También necesitamos analizar las tensiones que se introducen para entender completamente qué causa el aflojamiento. Sólo entonces podremos determinar las mejores soluciones para minimizar o prevenir el aflojamiento. Durante el apriete se introduce fricción en la rosca de la fijación y en las áreas de rodamiento. Es esta fricción la que posteriormente debería evitar que los elementos tensionados se aflojen. Así que, si la fricción debe mantener la unión, ¿por qué sigue aflojándose?

La unión

En el mundo perfecto, la unión en sí misma debe soportar las fuerzas dinámicas e impedir que se afloje. Los elementos de fijación deben ser apretados a la tensión apropiada, y las uniones atornilladas sólo deben ser sometidas a fuerzas de tensión. Las fuerzas dinámicas podrían provocar el aflojamiento. Para evitar que las fijaciones se aflojen, el diseño debe prevenir el deslizamiento de las partes ensambladas debido a las cargas de trabajo laterales. Para ello, la longitud de agarre es importante. Los elementos de fijación con longitudes de agarre inferiores a 5 veces el diámetro del hilo no necesariamente reaccionan de forma elástica. Son muy rígidos y su resistencia a la vibración es pobre. Si es posible, el diseño de la unión debe ser modificado para alcanzar una longitud de agarre de 5 veces el diámetro de la rosca d . Estas uniones ensambladas reaccionan de

una manera mucho más elástica y su resistencia a la vibración es mejor. Pero en muchas aplicaciones esa regla es difícil de conseguir.

Fuerzas externas

Para evitar que se aflojen, el ingeniero de diseño necesita determinar las fuerzas externas. Las fuerzas externas determinarán si la fricción de la articulación es sostenible o si hay que tomar otras precauciones. Esto puede dividirse en dos categorías: fuerzas estáticas y dinámicas.

Las fuerzas dinámicas

La fuerza dinámica puede ser introducida de varias maneras, ya sea en el equipo mismo, en la Madre Naturaleza o en los alrededores. Cuando se introducen las fuerzas dinámicas, la fricción de la rosca y la fricción de la superficie de apoyo ayudan a mantener la unión apretada. En el caso de las roscas de los tornillos de las máquinas estándar, hay fricción sólo en un lado de las roscas, con un hueco en el flanco trasero. Si las fuerzas son lo suficientemente grandes, la fricción en las roscas puede disminuir drásticamente dejando sólo la fricción de la superficie de apoyo de la cabeza del tornillo o la tuerca para evitar que la junta se afloje.

Fuerzas estáticas

Si el diseño de la unión ensamblada sólo se introduce en las fuerzas estáticas, el aflojamiento no es normalmente un problema. Pero a menudo los productos se transportan en buques de carga que van a través del océano y están expuestos a una vibración constante. El pesado motor diésel produce vibraciones que se sienten en toda la bodega de carga del barco. Las uniones fijas pueden por tanto aflojarse. Ensamblajes enteros se han desmoronado porque los tornillos o las tuercas se han aflojado, han girado y finalmente se han perdido.

Fricción

A menudo se define como Coeficiente de Fricción (CoF). La cantidad de fricción introducida depende de los materiales y recubrimientos utilizados. Algunos materiales como el acero inoxidable y el aluminio introducen mucha fricción, mientras que el acero suele tener un acabado adicional que determina su coeficiente de fricción. A menudo se utiliza un modificador de fricción en los recubrimientos para controlar el CoF, con lo que se minimiza la dispersión durante el apriete y se controla posteriormente la carga del apriete. Esto nos deja con un dilema. Usando un modificador de fricción podemos a menudo asegurarnos de alcanzar la carga correcta del apriete recomendado, alcanzando así el máximo potencial de las fijaciones. Pero al mismo tiempo bajamos el CoF aumentando así el riesgo de que la unión se afloje durante las fuerzas dinámicas. Al utilizar todo el potencial de la carga de sujeción del elemento de fijación, introduciendo así tanta fuerza en los flancos de la rosca y en la zona de apoyo como sea posible, la junta puede soportar más fuerzas dinámicas. Pero en algunos casos, el apriete contra materiales más blandos como plásticos, aluminio, etc., no es siempre se puede obtener. Por lo tanto, se necesitan otros medios de seguridad contra el aflojamiento.

IMPEDIR EL AFLOJAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE TORNILLERÍA

Estilo de cabeza

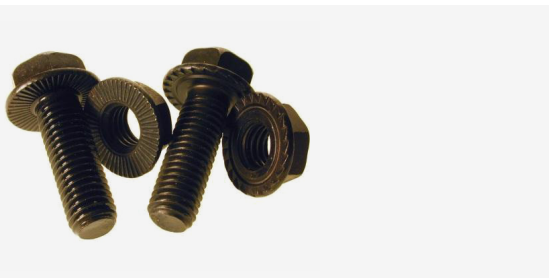
Arandela/cabeza con valona

Al introducir cabezas más grandes como la cabeza con arandela o la cabeza con valona introducimos más fricción entre la cabeza y la superficie de la pieza. Esto también reducirá las áreas de soporte de presión de la superficie, reduciendo así la incrustación, y creará más fricción, asegurándola así más contra las fuerzas dinámicas.

Cabeza con valona dentada/nervada

Introduciendo valonas dentelladas/nervadas en la zona de apoyo de la cabeza de valona, se introduce una característica de bloqueo. Durante el apriete, las estrías/nervios se introducen en las superficies de contacto dejando un alto efecto metálico de bloqueo. El daño a las superficies de contacto puede ser una preocupación con este tipo de bloqueo especialmente si está pintado.

Si se usan estos elementos dentados en un tornillo, también se deben usarlos en la tuerca de acoplamiento para asegurar que se tiene una alta fricción en todas las interfaces conjuntas. Las arandelas tampoco deben usarse con equipos dentados.



Tuercas

Como alternativa a las dentadas que añaden fricción a la superficie de apoyo, se pueden introducir características de bloqueo de rosca en las tuercas. Pero a menudo estas tuercas se usan de forma inapropiada, lo que puede llevar a que se aflojen. "Tuercas de par predominante con inserto metálico o no metálico". El título en sí puede ser engañoso ya

que estas tuercas a menudo se denominan "tuercas de bloqueo". Al introducir el anillo de nylon o una deformación metálica del hilo, se evita la pérdida de la unión por fricción. Pero las tuercas con un elemento de bloqueo en la rosca no son resistentes al aflojamiento por rotación. El elemento de torsión predominante nunca se extiende sobre toda la altura de estas tuercas.



El efecto de gripaje siempre se produce en unos pocos pasos de rosca en la parte superior de la tuerca, mientras que el resto de la rosca de la tuerca es de libre recorrido.

Cuando las fuerzas dinámicas son lo suficientemente grandes como para disminuir la tensión de la unión, la característica de bloqueo evitará la pérdida de la tuerca, pero no impedirá que la tuerca gire ligeramente y siga perdiendo tensión que no puede recuperarse sin volver a apretarla. Esto puede llevar a un desplazamiento de los miembros de la unión y a un eventual fallo por fatiga. También cuando se utilizan tuercas de torsión predominante debe tenerse en cuenta la reutilización, ya que el efecto de bloqueo se debilitará gradualmente con cada reutilización.



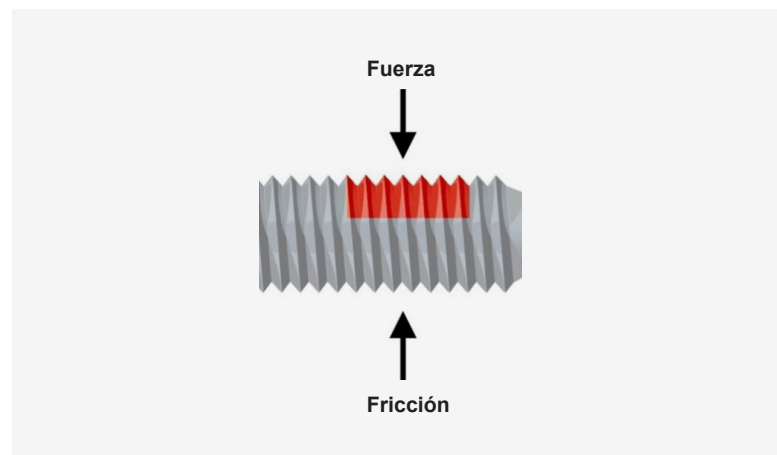
IMPEDIR EL AFLOJAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE TORNILLERÍA

Características de bloqueo de rosca

Parches de polímero

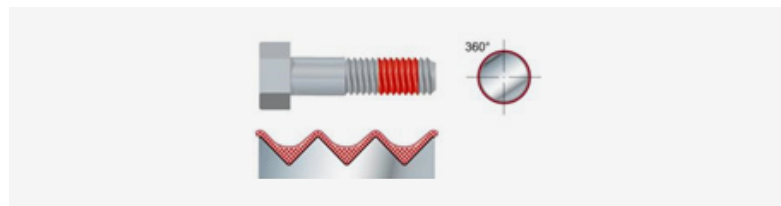
Los elementos de bloqueo de rosca no metálicos están hechos de poliamida. La poliamida es una resina termoplástica que se ablanda por encima de los 120 °C. Este es el rango en el que desaparece el efecto de bloqueo de rosca. El elemento de bloqueo de rosca es normalmente un parche de recubrimiento de poliamida local que se adhiere sobre un área de hilo predeterminada y calentada como un polvo fino. La alta temperatura de la superficie de la rosca permite que una capa del polvo se ablande inmediatamente y se adhiera a la rosca. Finalmente hay un pequeño parche de poliamida suave en el hilo de rosca que se atasca en el hilo de acoplamiento. Un tornillo ya aflojado no continuará su auto-rotación inducida por la vibración.

Si el tornillo gira al aplicar el recubrimiento, se forma un recubrimiento de poliamida de 360°. Esto no sólo se atasca, sino que simultáneamente sella la rosca, lo cual es importante en los tornillos que están diseñados para sellar contenedores. El revestimiento de poliamida puede ser aplicado directamente a la zona donde tiene que ser efectivo, es decir, donde los hilos externos/internos están enganchados. El grosor del parche es ajustable hasta cierto punto, y por consiguiente su efecto de torsión predominante. En general, 2-3 pasos de rosca en el extremo de la rosca se dejan libres de recubrimiento. Por lo tanto, el tornillo puede ser iniciado sin problemas al convertirlo en la rosca de acoplamiento.



Parches adhesivos

El juego entre los tornillos y tuercas normales o roscas internas también puede ser eliminado usando un "parche adhesivo". Durante el montaje, estos productos rellenan los espacios intermedios, se endurecen y evitan que los flancos de la rosca se deslicen unos respecto a otros. La fricción se mantiene y los tornillos/tuercas son resistentes a las vibraciones. El endurecimiento completo puede tomar hasta 72 horas. Pero en la mayoría de los casos la pieza ya está bloqueada después de un corto período de tiempo. Por lo tanto, el ajuste de las fijaciones después del montaje debe evitarse ya que puede dañar el efecto de bloqueo. Por la misma razón las características de bloqueo adhesivo sólo pueden ser utilizadas una vez. Si es necesario desmontarlo, los cierres deben ser desechados. Como estos parches adhesivos siempre se aplican en 360°, esto también beneficiará el efecto de sellado. Hay que tener cuidado, ya que la "fuerza adhesiva" corresponde a la fuerza de las fijaciones. Si el efecto del agarre del parche es "muy fuerte", puede resultar en la rotura de los equipos durante el desmontaje.

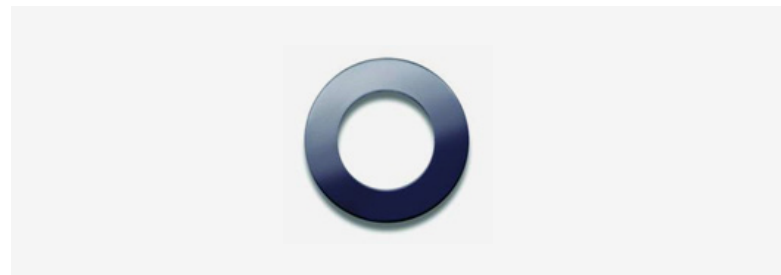


Arandelas

Las arandelas pertenecen a la familia de las fijaciones, sin embargo, no tienen un propósito directo de sujeción. El uso incorrecto de las arandelas se hace en casi todas partes del mundo, y a menudo resulta en la disminución de la fuerza de la unión o el aumento del riesgo de aflojamiento en una articulación dinámica.

Arandelas planas

El objetivo de las arandelas planas puede (si se eligen correctamente) ayudar a reducir la presión de la superficie en los materiales más blandos minimizando así la pérdida de carga de la unión debido a los asientos. El área de rodamiento de la arandela suele ser mayor que el área de rodamiento de un tornillo y/o tuerca. El mayor diámetro del área de contacto produce más resistencia a la fricción. Por lo tanto, la cabeza del tornillo siempre girará sobre la arandela durante el apriete y no sobre la arandela del componente sujetado. Posteriormente, protegerá el material más blando y, por lo tanto, reducirá el riesgo de aflojarse debido a las fuerzas dinámicas. Depen-



diendo de la clase de propiedad de las fijaciones, la dureza correcta de la arandela debe ser seleccionada. Elegir la dureza de la arandela incorrecta puede llevar a un mayor riesgo de aflojamiento también si el material es demasiado blando para soportar la cabeza del tornillo sin incrustaciones..

Arandelas helicoidales de presión

El malentendido general es que se añaden arandelas helicoidales de presión para reducir el riesgo de aflojamiento rotacional. En la mayoría de los casos esa suposición no es correcta. El objetivo de una arandela de bloqueo es reducir la pérdida de carga de la unión debido a la incrustación. Así que si se usa correctamente reducirá el riesgo de aflojamiento debido a las fuerzas dinámicas. Pero la resistencia de este tipo de arandelas es a menudo sobrevalorada por ello lo que resulta en un riesgo mucho mayor de aflojamiento debido a la incrustación y/o a las fuerzas dinámicas.

Este tipo de arandelas, tal como las conocemos, sólo son capaces de soportar las fuerzas de sujeción introducidas por fijaciones hasta la clase de propiedad 5.8 (cuando se utilizan las fijaciones a pleno rendimiento). Cuando se utilizan con estos elementos de sujeción, las arandelas de seguridad reducirán la pérdida de carga de la unión, reduciendo así el riesgo de aflojamiento debido a las fuerzas dinámicas. Además, la mayoría de los bordes de la arandela de seguridad creará un bloqueo mecánico en las superficies blandas que mejorará el efecto de bloqueo.

Es importante comprender que la eficacia de las arandelas helicoidales de presión es muy baja o inexistente cuando se utilizan con fijaciones tratadas térmicamente de 8,8 (grado 5) o más. La velocidad de resorte de la arandela es demasiado baja, y el borde de la arandela no se clava en la superficie dura de la sujeción. Cuando se usan con tornillos de grado superior, en realidad crean un mayor riesgo ya que la arandela puede extenderse y romperse bajo cargas elevadas.



Arandelas dentadas

El título en sí mismo es engañoso. La única función de estas arandelas es promover la conductividad eléctrica. A menudo se utilizan en aplicaciones de puesta a tierra, como para las baterías de los coches. Los dientes retorcidos de la arandela pueden parecer una característica de bloqueo, pero la realidad es que el diseño de la arandela a menudo no puede soportar la presión aplicada durante el montaje. Esto dará lugar a un mayor riesgo de incrustación y, por consiguiente, a un mayor riesgo de aflojamiento. Aunque los dientes deberían aumentar la fricción en los materiales más blandos, la dureza de la superficie de la mayoría de los tornillos (clase de propiedades 8.8 y superiores) es demasiado alta para que sea una característica de bloqueo metálico eficaz. En algunos casos, como en el de los tornillos de hasta la cl. 6.8, se puede lograr algún efecto de bloqueo ya que la presión superficial y la carga de la unión son limitadas.



Arandelas de seguridad nervadas

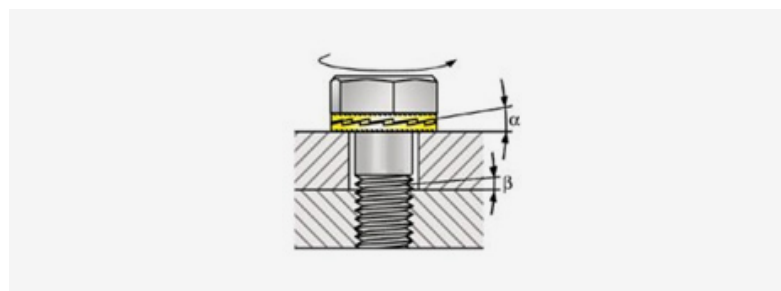
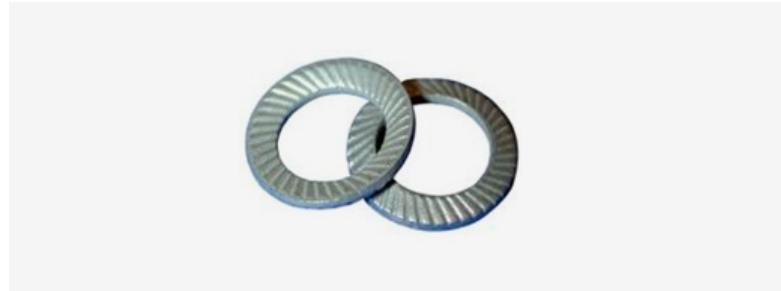
Las arandelas de seguridad nervadas están estriadas al menos en un lado. Junto con la fricción en la rosca, la fricción en la zona de rodamiento evita el aflojamiento rotativo espontáneo de tornillos y/o tuercas, aumentando considerablemente la fricción entre las zonas de rodamiento.

Las crestas (dientes) están diseñadas de tal manera que se anclan en las partes sujetadas, así como en la zona de apoyo del perno o la tuerca, resistiendo así el retroceso. Al igual que la arandela de resorte cónica y la arandela helicoidal de presión, las arandelas de bloqueo nervadas están hechas para reducir el riesgo de incrustación. Al igual que las arandelas planas, hay diferentes tipos de arandelas de seguridad nervadas, que según su forma tienen diferentes funciones. La arandela de resorte nervada tiene un diámetro exterior que es aproximadamente del mismo tamaño que el diámetro del área de rodamiento del tornillo y/o la tuerca. Está nervada en ambos lados.

La arandela de resorte nervada tipo Rip-Lock tiene un diámetro exterior de tamaño mucho mayor. Cubre los grandes agujeros de separación y los agujeros alargados. La cabeza del tornillo o la tuerca siempre se encuentra en la parte superior del lado nervado. La parte inferior de esta arandela no tiene estrías. El gran diámetro de la arandela produce suficiente fricción en la parte sujeta para evitar que la arandela gire.

Nord-lock

Una arandela dentada especial de bloqueo es la arandela Nord-Lock. Estas siempre vienen como 2 arandelas emparejadas para proporcionar el efecto de bloqueo. Las superficies externas son estriadas y morderán incluso los materiales más duros, mientras que las superficies internas tienen rampas de precisión. Cuando se aprieta un tornillo/tuerca, las rampas entre las dos arandelas de bloqueo permanecen cerradas y las 2 arandelas están en contacto firme. Si el tornillo se somete a una vibración y como resultado trata de girar, la arandela superior girará y se separará ligeramente de la inferior. Sin embargo, como el ángulo de la rampa es mayor que el ángulo de la hélice de la rosca, el aflojamiento de la rotación del tornillo se evita de manera fiable ya que la carga de la unión en realidad aumenta ligeramente durante esta rotación. Las arandelas Nord-Lock



pueden ser reutilizadas muchas veces y requieren un par de torsión ligeramente mayor para lograr la carga de la unión requerida. Las recomendaciones se pueden encontrar en el catálogo de Bossard.

La arandela Nord-lock original no impide la relajación como las arandelas cónicas nervadas. Pero recientemente Nord-lock presentó una arandela cónica nervada Nord-Lock que, además de las características normales, también reduce las relajaciones.

Todas las mencionadas arandelas de seguridad nervadas:

- Debe usarse tanto en el lado del perno/tuerca para asegurar el cierre.
- Se puede usar con tornillos endurecidos. Pero sólo la arandela Nord-Lock puede resistir / utilizarse con la clase de propiedad 12.9

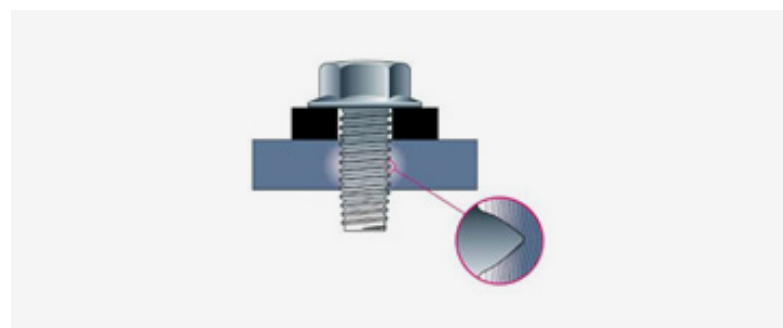
Tornillos autoformantes

Para eliminar el juego en las roscas, los tornillos autoformantes no se aflojarán bajo cargas dinámicas (vibración). Normalmente hay un cierto margen entre las roscas de los tornillos y las tuercas. Los tornillos autoformantes, sin embargo, forman su propia rosca interna de emparejamiento cuando son introducidos en la pieza de trabajo y no tienen ningún juego en la rosca.

Incluso en el caso de vibraciones intensas de las partes ensambladas, los flancos de los hilos no pueden deslizarse uno contra otro. La fricción del hilo existente se mantiene completamente, eliminando así los dispositivos de bloqueo adicionales. La resistencia a la vibración se mantiene incluso después de desmontar y volver a montar. Los tornillos autoformantes siempre se utilizan sin tuercas, ya sea en conjuntos de agujeros ciegos o en conjuntos de agujeros pasantes. Dado que los tornillos autoformantes son tan resistentes a las vibraciones, los ingenieros de diseño los utilizan con mucho éxito en máquinas y equipos expuestos a fuertes sacudidas y vibraciones.

Los tornillos autoformantes pueden utilizarse en acero con bajo contenido de carbono, metales de

aleación ligera y la mayoría de los plásticos, aunque se utilizan diferentes estilos de rosca para cada tipo de material. Véase la sección técnica del catálogo de Bossard para recomendaciones sobre el tamaño del agujero y la interacción de la rosca para asegurar un buen efecto de bloqueo dinámico.



IMPEDIR EL AFLOJAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE TORNILLERÍA

Resumen

No hay una única solución que funcione para todas las uniones ensambladas. El ingeniero de diseño necesita calcular/estimar la posibilidad de aflojarse de esa unión. Dependiendo de factores como las fuerzas, los materiales, la seguridad, el diseño, la reutilización, el ensamblaje, etc. el ingeniero de diseño necesita seleccionar la solución que se ajuste a la aplicación.



Para más información:

spain@bossard.com
www.bossard.es

SC Trade Center
Av. de les Corts Catalanes, 8
08173 Sant Cugat del Vallés
Barcelona