



Belt Technologies ayuda a las empresas de nuestros clientes a conseguir un rendimiento óptimo de su maquinaria para operaciones de posicionamiento, temporización, transmisión, transmisión de energía, embalaje y fabricación automatizada. Durante más de 25 años, hemos proporcionado un recurso completo para diseños de aplicaciones específicas y fabricación de correas, cintas y poleas de metal.

Las correas metálicas poseen numerosas propiedades exclusivas que como resultado una precisión y control superiores, y una mayor longevidad y rentabilidad. En muchos casos, son preferibles a otros tipos de correas (como por ejemplo, de goma o de fibra de cristal) y a otros componentes de transmisión de energía o control de movimiento (como actuadores lineales, tornillos guía y cadenas). Frecuentemente son la única opción de diseño.

Para poner en práctica las ventajas de los sistemas de correas metálicas, Belt Technologies ofrece unas amplias facilidades en sus propias instalaciones:

- Ayuda técnica y de diseño.
- Consultoría metalúrgica.
- Fabricación de hiperenergéticos.
- Diseño y fabricación completos de herramental.

Nuestras instalaciones climatizadas están equipadas para producir correas metálicas, cintas de arrastre y poleas complementarias, ya sean prototipos o en cantidades de alto volumen de producción.

Este documento está preparado como guía informativa y de referencia. Se trata de una guía de diseño, no de un libro de texto de diseño. Belt Technologies no acepta ningún tipo de responsabilidad por los diseños reales creados utilizando este manual como guía. Los lectores podrán ponerse en contacto con nuestro personal técnico si necesitan más información o asesoría sobre aplicaciones anormalmente complicadas.



Belt Technologies ha producido esta Guía de Diseño para dar a los ingenieros una publicación de referencia detallando los principios fundamentales del diseño y aplicación de las correas metálicas, incluyendo los siguientes temas:

- Por qué considerar las correas de metal para su aplicación.
- Correas, cintas de arrastre y aplicaciones de metal
 - Poleas
 - Tratamientos de superficie
 - Consideraciones de diseño
- Duración de vida de las correas
- Materiales de las correas de metal (Apéndice)

Esperamos que esta información le ayude a entender los numerosos beneficios de las correas de metal y le dé el conocimiento que necesita para especificar las correas metálicas con confianza.

Como no hay dos clientes que tengan las mismas necesidades, Belt Technologies diseña cada producto según las especificaciones exclusivas. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que esta Guía de Diseño no puede incluir cada posible aplicación. Puede haber excelentes aplicaciones para las correas de metal, quizás la suya, que no están aquí descritas.

Le invitamos a ponerse en contacto con Belt Technologies para discutir sus ideas con un miembro de nuestro personal técnico. Por favor, utilice la lista de chequeo de diseño en el interior de la contraportada para ayudarnos a entender mejor su proyecto. El éxito a largo plazo de nuestra compañía se debe en gran medida a nuestra habilidad de mejorar continuamente la ciencia de las correas de metal y desarrollar nuevas soluciones.

CONTENIDO

3 POR QUÉ CONSIDERA LAS CORREAS DE METAL PARA SU APLICACIÓN

4 CORREAS, CINTAS DE ARRASTRE Y APLICACIONES DE METAL

5 - 6

POLEAS

- Diseños
- Materiales
- Tolerancias
- Tipos de Poleas

7

TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE

- Teflón
- Neopreno o uretano
- Silicona
- Anodización de revestimiento duro
- Opciones

8 - 14

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- Pautas de diseño del sistema
- Carga
- Precisión
- Precisión de posicionamiento
- Repetibilidad
- Compensación de la correa
- Temporización
- Tensión
- Rígidez de la estructura del sistema
- Flexiones alternas
- Ejes en voladizo
- Permeabilidad magnética
- Comba de la correa
- Temperaturas elevadas
- Resbalamiento gradual de la correa
- Restricciones impuestas por el diseño
- Duración de uso de la correa

15

APÉNDICE:

MATERIALES

LISTA DE CHEQUEO DE DISEÑO DE LA CORREA DE METAL

Interior de la contraportada

Los ingenieros que especifican las correas metálicas tienen varias opciones disponibles que no tienen cuando utilizan otros productos o materiales. Algunos de los dispositivos y beneficios se tratan a continuación.

• ALTA PROPORCIÓN RESISTENCIA-PESO: Prácticamente, esto es una ventaja en todas las aplicaciones en las que una alta resistencia, un ligero peso, o ambos, sean importantes.

• DURABILIDAD: Las correas metálicas pueden soportar una exposición sostenida a extremos de temperatura, entornos hostiles y al vacío. Se puede utilizar toda una variedad de aleaciones, cada una de ellas con su propia resistencia a productos químicos, humedad y corrosión. Por lo general, los ingenieros seleccionan un material para la correa basándose en las propiedades físicas, disponibilidad y coste.

• SIN NECESIDAD DE LUBRICACIÓN: Al contrario que con los eslabones de una cadena, una correa de metal es un elemento único y, por lo tanto, no genera ninguna fricción entre sus componentes que requiera lubricación.

• NO DILATABLES: Los aceros para resortes con un alto módulo de elasticidad hacen que las correas metálicas sean virtualmente "no-dilatables" en comparación con otros tipos de correas y cadenas. Esto las hace ideales para aplicaciones de alto rendimiento para posicionamiento de precisión.

• OPERACIÓN FLUIDA: Las correas de metal están libres de la pulsación de la acción de saltos y tirones, con frecuencia presentes en otros tipos de correas y en las cadenas. Esto da como resultado una traducción precisa del perfil del movimiento del sistema de control.

• PRECISAS Y REPETIBLES: Las correas de temporización metálicas pueden fabricarse con una precisión de distancia entre puntos de ± 0.013 mm (0.0005 pulgadas) de señal a señal. Este alto grado de precisión es extremadamente valioso a la hora de diseñar equipos de indexación, posicionamiento o procesado.

• BUENA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y ELÉCTRICA: Las correas metálicas pueden transmitir energía en la forma de calor, frío y electricidad.

• SIN ACUMULACIÓN ESTÁTICA Las correas metálicas descargan la electricidad estática, una característica crucial en la fabricación de componentes electrónicos, tales como circuitos integrados y dispositivos de montaje de superficie

• LIMPIAS: Al contrario que las correas de HTD o de neopreno plano, las correas metálicas no generan partículas y son ideales para el procesado de alimentos y productos farmacéuticos.

• COMPATIBLES CON SALAS ESTÉRILES: Las correas de metal no requieren lubricantes y no generarán polvo, lo que introduciría partículas extrañas en los entornos de las salas estériles. Adicionalmente, pueden esterilizarse en un autoclave

• CONSTRUCCIÓN PRECISA: Los bordes son suaves y las dimensiones tienen una tolerancia extremadamente precisa.



Ribera Redonda, 34
 35202 Yago
 T: +34 98247750
 www.iberacero.es
 info@iberacero.es

Ribera de Eorneta, 5
 42005 Silvan
 T: +34 94745444
 www.iberacero.es
 info@iberacero.es

Move

Visita nuestra página web



CORREAS LISAS:

Las correas metálicas lisas se crean soldando dos extremos de una plancha de metal para formar una correa sin fin. Unas técnicas de soldadura de haz de alta energía, utilizadas por primera vez en el programa espacial, forman una soldadura a tope de alta integridad que es extremadamente fuerte y lisa. Algunas aplicaciones típicas de correas metálicas lisas incluyen:

- Transmisión
- Termosellado
- Fundición
- Formación de imágenes

CORREAS PERFORADAS:

Las correas perforadas son correas metálicas lisas fabricadas con perforaciones de precisión, que pueden producirse mecánicamente o utilizando otros métodos de 'no-impacto'. Se utilizan en aplicaciones tales como:

- Temporización
- Posicionamiento de carros
- Transmisión en vacío
- Transmisión por bobinas
- Indexación

Figura 1. Correas lisas

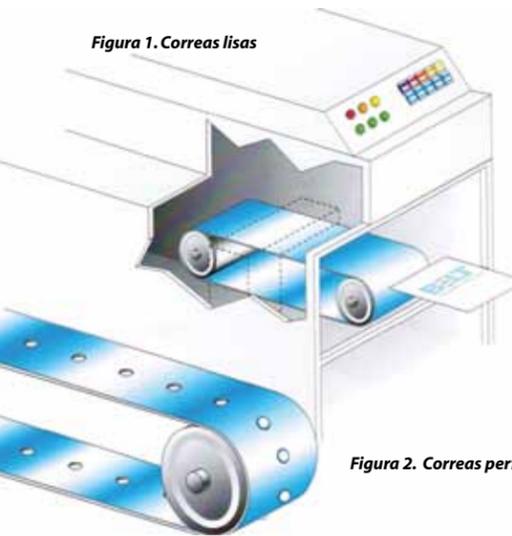


Figura 2. Correas perforadas

**CORREAS CON ACCESORIOS:**

Las correas metálicas perforadas pueden acoplarse también con accesorios de precisión mecanizados, fundidos o moldeados para proporcionar una precisión y repetitividad posicionales insuperables, para actuar como un dispositivo de transporte de productos, o para controlar las etapas específicas de un proceso de fabricación. Las aplicaciones incluyen:

- Indexación de precisión de posición para unidades automatizadas
- Unidades de transmisión de bastidores de conductores
- Líneas de transferencia cíclica
- Sistemas de envasado

CINTAS DE ARRASTRE

Las cintas de arrastre de metal están fabricadas del mismo material de alta calidad que las correas de metal, pero, al contrario que éstas, las cintas de arrastre no son continuas. Las cintas de arrastre están acopladas con accesorios finales especializados o perforaciones. Pueden funcionar sin problemas con un desajuste cero o casi cero en aplicaciones que incluyen

- Posicionamiento del carro
- Trazadoras
- Brazos de robot
- Posicionamiento de cabezales de lectura / escritura
- Unidades de arrastre

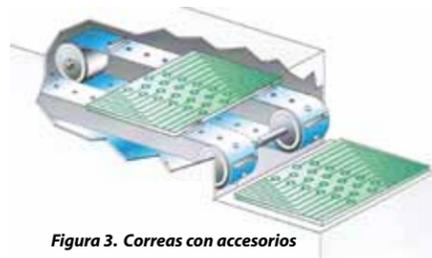


Figura 3. Correas con accesorios

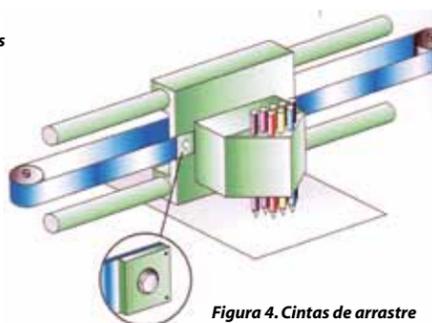


Figura 4. Cintas de arrastre

CORREAS / CINTAS DE COMBINACIÓN:

Con frecuencia, se requieren opciones de combinación de correas para satisfacer los objetivos del sistema. Podrán utilizarse accesorios o cavidades para localizar los componentes, al mismo tiempo que se emplea la vacuo embutición a través de la perforación de la correa para asegurar el componente en su posición durante el transporte. Se pueden desarrollar unas geometrías de borde específicas para conformarse a los perfiles de los componentes, al mismo tiempo que los accesorios pasantes localizan los componentes y satisfacen los requerimientos de temporización. Las aplicaciones incluyen:

- Encajado de piezas temporizadas
- Transmisión y orientación de componentes
- Inspección automatizada dimensional / eléctrica
- Envasado de alta velocidad

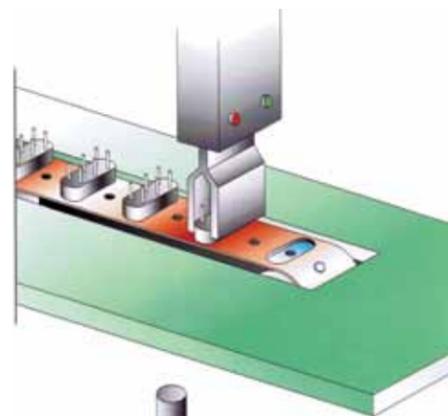
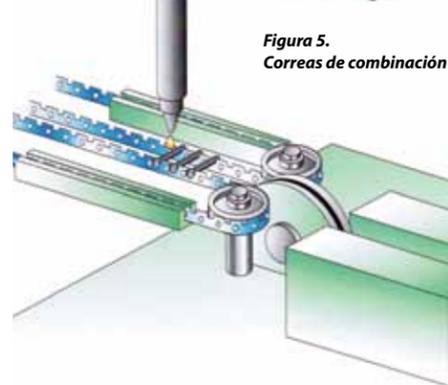


Figura 5. Correas de combinación



Todas las correas metálicas y cintas de arrastre circulan alrededor de las poleas. Belt Technologies diseña y fabrica poleas a medida que optimizan las exclusivas características de las correas metálicas.

DISEÑOS:

La mayoría de poleas para los sistemas de correas adoptan una de tres formas: redondas, de viga doble T o de tubo bombeado. Cualquiera de estos tipos de polea pueden diseñarse con cavidades temporizadoras de orejetas de transmisión, canales de alivio, dientes de temporizadores tradicionales o dientes temporizadores de cojinetes de bolas patentados por Belt Technologies.

Poleas redondas

Debido a su costo relativamente bajo, las poleas redondas se incorporan a la mayoría de los diseños de sistemas. Normalmente, las poleas redondas se utilizan en tamaños de hasta 152 mm (6 pulgadas) de diámetro exterior con anchuras de hasta 102 mm (4 pulgadas).

Poleas de viga doble T

A medida que el diámetro y la anchura se incrementan, las consideraciones de la inercia de rotación pueden requerir una polea con una sección transversal en viga doble T. Se mecaniza un perfil de viga doble T en una polea redonda de forma que mantenga la integridad estructural de la polea, al mismo tiempo que elimina cantidades substanciales de peso, reduciendo así los efectos de la inercia de rotación. Unos agujeros mecanizados en la polea reducen aún más su peso.

Tubo bombeado

Estas poleas emplean capacetes acoplados a los extremos de la polea redonda con suficiente grosor de pared para asegurar la resistencia adecuada. La unidad bombeada se mecaniza, entonces, para satisfacer las rígidas especificaciones de redondez y concentricidad. Una vez más, es crucial reducir el peso sin poner en peligro su resistencia.

MATERIALES:

Para satisfacer las necesidades de sus aplicaciones específicas, se pueden fabricar las poleas de toda una gama de materiales.

Aluminio

El aluminio con una anodización de revestimiento duro es una frecuente elección. La combinación es resistente, ligera de peso, dura y rentable. Sin embargo, los extremos de temperatura pueden ser un factor restrictivo y la desgasificación puede ser un problema en entornos de vacío.

Acero inoxidable

En entornos operativos corrosivos, el acero inoxidable es una buena elección. El acero inoxidable ofrece también unas excelentes características de desgaste y resistencia.

Existen numerosas aleaciones diferentes a disposición, cada una de ellas con sus ventajas especiales.

No metales

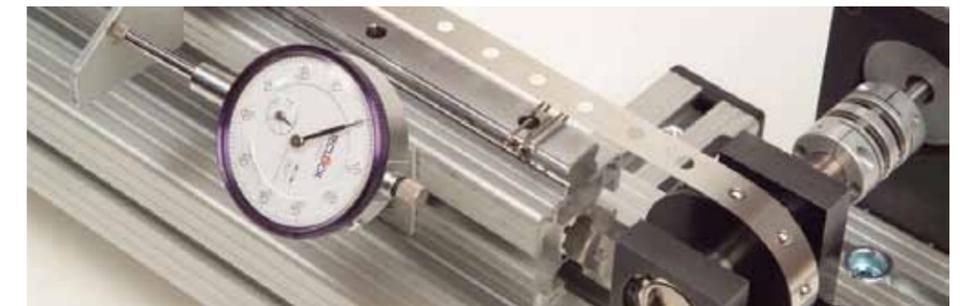
Ciertos plásticos pueden ofrecer unas excelentes características de desgaste y resistencia. En algunas aplicaciones y en altos volúmenes, el plástico puede ser menos costoso que las poleas metálicas.

TOLERANCIAS:

La Tabla 1 muestra las tolerancias típicas para las dimensiones del diseño primario de las poleas de temporización y de transmisión por fricción. Estas tolerancias son aplicables a los tres diseños del cuerpo de la polea: redondas, de viga doble T o de tubo bombeado.

Tabla 1. Tolerancias de poleas hasta 355 mm (14 pulgadas) de diámetros

	POLEA DE TEMPORIZACIÓN pulgadas (mm)	POLEA DE FRICCIÓN pulgadas (mm)
Diámetro de soporte de la cinta (diámetro exterior)	±.0015" (.025)	± .002 (.051)
Anchura de la cara	±.010" (.127)	±.010" (.127)
Diámetro Interior	+.001"/-0.0000" (+.025/-0.00)	+.002"/-0.0000" (+.051/-0.00)
Concentricidad	.002" (.025)	.002" (.025)
Localización de temporización	±10 arc seconds	N/A



TIPOS DE POLEA:

Incluso con todas las variaciones en las características de forma, material y diseño, las poleas sirven generalmente para uno de estos dos propósitos: transmisión por fricción o temporización.

Figura 6.
Poleas de cavidades y de cojinetes de bolas



Poleas de transmisión por fricción

Las poleas de transmisión por fricción son generalmente de cara plana sin ningún elemento de temporización.

Por lo general, no se recomienda bombear las caras de las poleas. Para discutir las razones del por qué, póngase en contacto con un ingeniero de Belt Technologies que esté familiarizado con la dinámica de las correas metálicas. Cuando el bombeo sea apropiado, se podrán utilizar dos geometrías: radio completo o trapezoidal. Un bombeo de radio completo produce menos tensión en la correa, pero es más difícil de mecanizar y, por lo tanto, más costoso. El bombeo trapezoidal es más rentable y funciona mejor, pero debería evitarse en aplicaciones que tengan altas cargas de tracción de correa debido a los realces de tracción en los puntos de transición del bombeo entre caras anguladas. El tangente amiento de estos puntos puede ayudar, pero no elimina los realces de alta tensión.

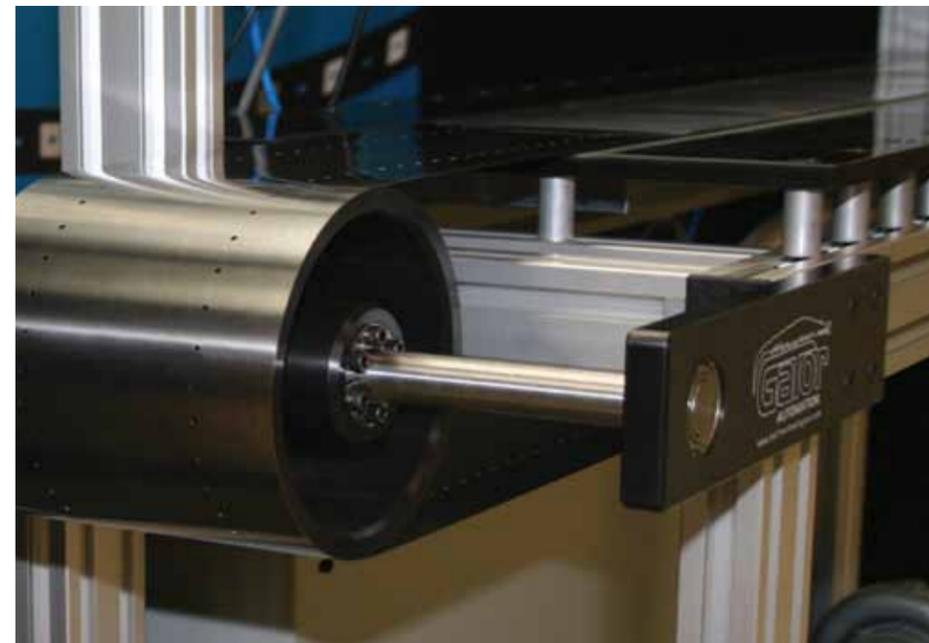
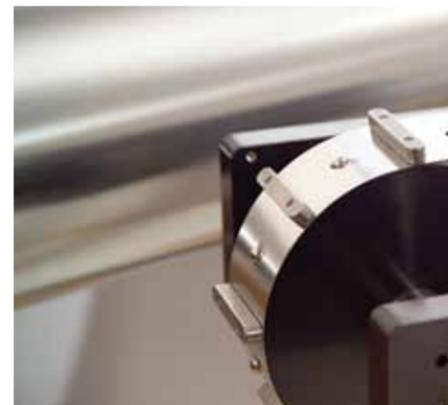
Poleas de Temporización

Las poleas de temporización tienen dientes o cavidades, situados radialmente alrededor del diámetro exterior del cuerpo de la polea. Los dientes se engranan en los agujeros de temporización de la correa metálica; las cavidades se engranan en las orejetas de arrastre en la circunferencia interior de la correa. Se debería notar que, incluso en estas poleas, la tracción se consigue por medio de fuerzas de fricción generadas entre la correa plana y las superficies de las poleas. Los dientes o cavidades se utilizan sólo para la temporización, no para la transmisión de energía.

Los elementos de temporización, especialmente los dientes de temporización, deberán ser duros. La dureza es esencial para asegurar un desgaste mínimo de engranajes sucesivos de la correa y la polea. Por poner un ejemplo, la polea patentada de Belt Technologies utiliza unos cojinetes de bolas endurecidos como dientes.

Al diseñar un sistema de temporización de dos poleas, la polea de arrastre debería estar temporizada, mientras que la polea loca, o la polea arrastrada, debería ser una polea de arrastre por fricción con canales de alivio para orejetas, si fuera necesario.

NOTA: Tanto las poleas de fricción como las de temporización pueden diseñarse como rodillos de cuerpo estrecho. Esencialmente, el rodillo de cuerpo estrecho es una polea cuya anchura es más estrecha que la de la correa que se mueve sobre ella. Pueden hacer el seguimiento de la correa más fácil y reducir el peso total de la correa, además del coste. La cara de la polea no será, por lo general, inferior a la mitad de la anchura de la correa.



Los tratamientos de las superficies dan a los ingenieros la oportunidad de alterar las propiedades de la superficie natural de una correa, cinta o polea metálicas. Los tratamientos de las superficies pueden aplicarse a una o a las dos superficies de una correa o cinta, o a una polea. Los métodos de aplicación incluyen revestimiento, enchapado, laminado y adhesión.

Dependiendo del método seleccionado, el grosor del tratamiento de una superficie puede ser incluso de una cantidad tan pequeña como 0.025 mm (0.002 pulgadas). La superficie puede ser uniforme o, para proporcionar cavidades en la superficie de la correa para transportar pequeños componentes, pueden ser horadadas o troqueladas. Los agujeros de vacío se pueden combinar con cavidades para proporcionar una orientación y retención más positivas de las piezas delicadas durante el transporte.

Para las características mecánicas y físicas primarias de los tratamientos más populares de superficies, véase la Tabla 2.



Figura 7.
Tratamientos de superficies

TEFLON®:

Teflón se ha convertido en un término casero como revestimiento antiadherente para cazuelas y sartenes. En realidad, Teflón se comercializa en toda una variedad de formulaciones, cada una de ellas con unas propiedades operativas distintivas en relación con la característica de liberación, lubricidad, resistencia a la abrasión, gama de temperatura y color.

ECLIPSE®:

FDA compatible con revestimientos de Eclipse son versión alta y recubrimientos extremadamente resistente al desgaste. Es la única cura tres-escudo, alta, superficie internamente reforzada y no-stick ofrece resistencia a la abrasión más de 10 veces la de teflón. Es resistente a químicos de productos en hogares y características de altas anti-adherente propiedades, tinción de resistencia y rendimiento a altas temperaturas. Es diferente de todos los

otros revestimientos anti-adherente en que el basecoat contiene una combinación cuidadosamente elegida y mezcla de resinas. Midcoat, (en realidad un basecoat usado en otros sistemas reforzadas), también contiene el elemento de refuerzo especial, mientras que el uretano es rico en fluoropolymers y está dedicada enteramente a liberar las propiedades (carácter no-stick).

URETANO O NEOPRENO:

Tanto el uretano como el neopreno de células abiertas o cerradas cambian el coeficiente superficial de fricción de una correa metálica y también pueden actuar como un nido para piezas delicadas. Estos materiales están adheridos con seguridad a una correa metálica. Antes de la adhesión, podrán troquelarse cuando la geometría específica de las cavidades sea importante.

SILICONA:

Cuando el entorno no sea apropiado para otros revestimientos, la silicona puede ser una buena opción. La silicona tiene unas propiedades exclusivas incluyendo una superficie de alta fricción, unas excelentes propiedades de liberación, la habilidad de soportar elevadas temperaturas, y una extrema flexibilidad. La adhesión de la silicona a las correas de meta puede ser difícil, pero existen soluciones prácticas.

ANODIZACIÓN DE REVESTIMIENTO DURO:

La anodización de revestimiento duro es un proceso electroquímico utilizado para incrementar las características de dureza y desgaste, así como las propiedades de resistencia a la corrosión de las poleas de aluminio. El proceso forma una capa de óxido de aluminio que se convierte en parte integral del metal, no sólo penetrando sino también reforzando las superficies de la polea. El grosor del revestimiento es uniforme y refleja la precisión de la propia polea.

OPCIONES:

La gama de opciones para los tratamientos de superficies es tan grande que no puede documentarse exhaustivamente en esta guía. Los tratamientos inusuales de superficies han incluido compuestos de fluorocarbono, revestimientos de cobre, chapado dorado y adhesión por diamante en polvo. Las especificaciones apropiadas estarán en función de la aplicación y la metodología.

El personal técnico de Belt Technologies estará encantado de discutir con Vd. los temas relacionados con sus necesidades específicas.

Tabla 2. Características de tratamientos superficies

MATERIAL DE REVESTIMIENTO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	TEMPERATURA OPERATIVA	GROSOR (pulgada (mm))	COLOR
TEFLON® TFE	Antiadherente	hasta 600° F hasta 315° C	.001" (.025)	Negro Verde
TEFLON® FEP	Resistencia a la Corrosión. Baja temperatura	hasta 428° F hasta 220° C abajo de -328° F abajo de -200° C	.001" to .030" (.025 to .75)	Metálico Gris
TEFLON® SILVERSTONE	Aprobado para contacto con alimentos	hasta 600° F hasta 315° C	.001" to .006" (.025 to 0.15)	Metálico Gris
TEFLON® 550	Teflon duro para resistencia a la abrasion	hasta 446° F hasta 230° C	.001" to .0015" (.025 to .038)	Negro
GOMA DE SILICONA	Excelente liberacion Alta fricción	hasta 392° F hasta 200° C	.004" (0.10)	Varios
POLIURETANO Moldeable	Alta fricción	hasta 158° F hasta 70° C	.008" to .125" (.203 to 3.175)	Varios
GOMA DE NEOPRENO	Compresibilidad Cavidades troqueladas	hasta 158° F hasta 70° C	.016" to .250" (.40 to 6.4)	Negro

NOTA AL DISEÑADOR:

Con la información de las secciones anteriores, puede ser que ya haya empezado Vd. a pensar en el diseño de su correa de metal. Esta sección amplía las secciones anteriores incorporando elementos que le ayudarán a optimizar el rendimiento de su sistema. Como cada diseño es único, no es posible discutir todas y cada una de las consideraciones de diseño. Le invitamos a revisar sus ideas de diseño, números y métodos con un ingeniero de Belt Technologies.



Figure 8. Loading Stress

1. Determinar la Carga de trabajo (F_w) sobre la correa

La carga de trabajo puede determinarse del valor del par motor de arrastre y la carga a moverse o acelerarse, o por medio de un análisis de los requerimientos del sistema. Para un sistema sencillo de dos poleas, según se ilustra en la Figura 8, la carga de trabajo sobre la correa (F_w) es F_w = F₁ - F₂, donde

D₁ y D₂ = diámetros de las poleas.

τ₁ y τ₂ = acción del par sobre las poleas respectivas.

F₁ y F₂ = fuerza sobre la correa en cada polea en newton.

F_w está relacionado con el par por medio de la ecuación:

$$F_w = \frac{\tau_1}{1/2D_1} = \frac{\tau_2}{1/2D_2}$$

Y con la energía por medio de la ecuación:

$$F_w = \frac{33000 \times HP}{V}$$

Donde: V = velocidad en M/seg o ft/min.
P = energía en vatios.

Y con la aceleración por medio de la ecuación:

$$F_w = ma = (L/g) \times a$$

F = ma

Donde:

m = masa en Kg

a = aceleración de carga en M/seg²

2. Determinar la Carga más alta (F₁) sobre la correa

Como F_w = F₁ - F₂, según se ilustra en el ejemplo de dos poleas del Paso 1, F₁ es la fuerza mayor sobre la correa.

Para diseñar la condición de la tensión resultante de esta fuerza, necesitamos calcular su valor.

Para que un sistema de transmisión por fricción opere sin ningún tipo de deslizamiento, las dos fuerzas, F₁ y F₂ están relacionadas por la fórmula:

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\mu\theta}$$

Donde:

e = 2.71828

μ = coeficiente de fricción entre la correa y la polea

θ = ángulo de envoltorio en radianes de la correa sobre la polea

F_c = fuerza centrífuga actuando sobre la correa

Para una correa metálica con un acabado estándar (como 0.4 micrometros) operando en una polea metálica mecanizada, la experiencia ha demostrado que el valor de μ varía de 0.25 a 0.45.

Una ventaja de una correa metálica fina es que F_c es normalmente despreciable y puede ignorarse. Así, en la mayoría de los casos, la fórmula puede simplificarse a:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta}$$

Sustituyendo F₂ y resolviendo F₁, se convierte en:

$$F_1 = \frac{F_w e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}$$

PAUTAS DE DISEÑO DEL SISTEMA:

Cualquier sistema con correas metálicas se reforzará, por lo general, siguiendo las siguientes pautas:

- Utilizar la menor cantidad posible de poleas
- Utilizar grandes diámetros de polea
- Utilizar sistemas de poleas que eviten flexiones alternas.
- Utilizar grandes proporciones longitud-anchura.

CARGA:

Un diseño apropiado del sistema incluye un examen de las diversas cargas transmitidas a la correa en uso. Además de las condiciones operativas de régimen permanente, se deberá tener en consideración cualquier condición inusual o intermitente, tales como posibles cargas de atascamiento, altas cargas de arranque o indexación. Por lo general, la correa debería diseñarse para asegurar que las altas cargas, si se producen, no excedan la resistencia última de la correa.

Para determinar el factor de tensión de cualquier correa, siga el siguiente cálculo de cuatro pasos:



3. Determinar el esfuerzo de tensión (S_b) sobre la correa

Se induce un importante esfuerzo de tensión en una correa de metal a medida que se flexiona repetidamente sobre una polea. Esta tensión deberá calcularse y añadirse a la tensión de trabajo SW (véase el Paso 4) para determinar la tensión total St sobre la correa.

La fórmula para el esfuerzo de tensión es:

$$S_b = \frac{Et}{(1-u^2)D}$$

Donde:

E = coeficiente de elasticidad en psi

t = grosor de la correa en pulgadas

D = diámetro más pequeño de la polea en pulgadas

u = Coeficiente de Poissón

Este cálculo requiere una suposición del grosor de la correa y del diámetro de la polea. El diámetro de la polea puede ser el más fácil de determinar debido a la limitación de espacio u otros requerimientos de diseño. Si esto es así, tome el máximo diámetro de polea posible; después, calcule el grosor apropiado de la correa basándose en la Tabla 3.

4. Determinar la tensión total (S_t) sobre la correa

La tensión total sobre la correa es la suma de la tensión de trabajo (S_w) y el esfuerzo de tensión (S_b).

$$S_t = S_w + S_b$$

$$S_w = \frac{F_1}{b \times t}$$

Donde:

b = anchura de la correa

t = grosor de la correa

Belt Technologies recomienda que St no exceda un tercio del límite de deformación del material de la correa. Para más información, póngase en contacto con un ingeniero de Belt Technologies.

Belt Technologies recomienda una tensión de 1000 psi (6.9 N/mm²) por hebra de correa para correa de temporización y 2000-5000 psi (13.8-34.5 N/mm²) por hebra de correa para correase lisas.

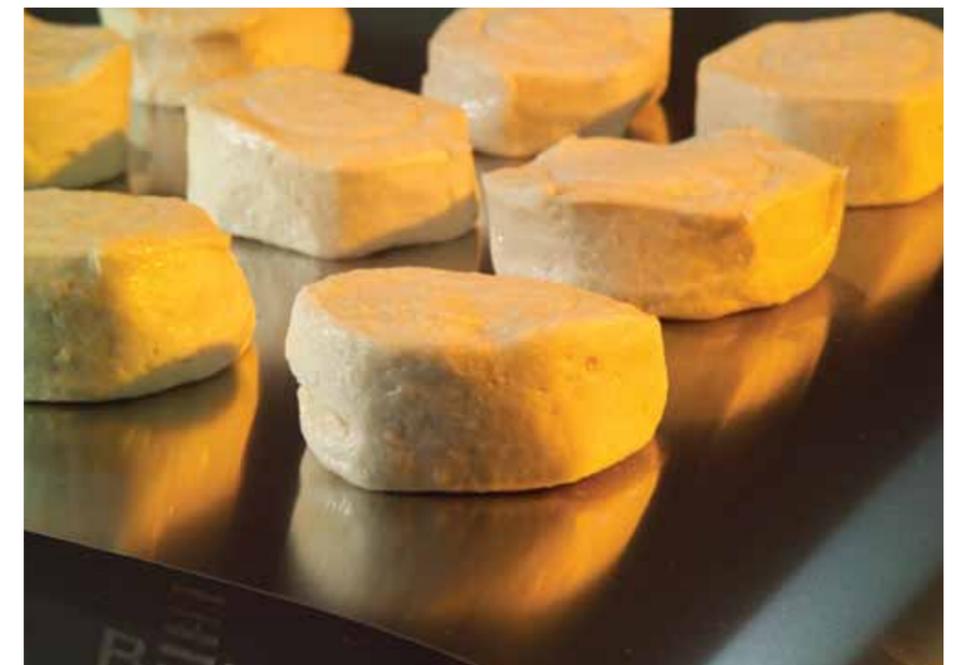
TAMAÑO TÍPICOS Y ESPECIFICACIONES

Las correas metálicas recorren típicamente en grosor de 0.51 mm (0.002 pulgadas) a 0.8+mm (0.032 pulgadas) teniendo como resultado tamaño de polea de 50 mm (2 pulgadas) a 254mm (10 pulgadas) de diámetro. Una correa metálica típica con un grosor de 0.127mm (0.005 pulgadas) con una vida de ciclo de 1,000,000 requeriría poleas con 79.4mm (3.125 pulgadas) diámetro. Los rangos del tamaño varían por consideraciones de aplicación y carga, así que por favor, póngase en contacto con un ingeniero de ventas de Belt Technologies para obtener ayuda con sus ideas de diseño.

En este momento, es necesario seleccionar varios parámetros y realizar los cálculos para encontrar la combinación que satisfaga los requerimientos de diseño. Obviamente, el utilizar una correa más ancha reduce la tensión de trabajo sin cambiar el esfuerzo de tensión. Los diámetros de polea más grandes reducen el esfuerzo de tensión, o permiten el uso de una correa más gruesa que, a su vez, reduce la tensión de trabajo.

Tabla 3. Duración de vida de la correa

Coficiente diámetro de la polea a grosor de la correa	Expectativa de duración de vida
625:1	1,000,000 de ciclos o superior
400:1	500,000
333:1	165,000
200:1	85,000
Las relaciones están basadas en Un sistema de arrastre por Fricción de dos poleas.	



PRECISIÓN DE LA LONGITUD DE LA CORREA:

Una de las ventajas más importantes de una correa metálica es su precisión global. Las correas perforadas o las correas con accesorios pueden fabricarse con precisiones de paso de dientes de ±0.0127 mm (0.0005pulgadas). Las correas lisas y las cintas de arrastre pueden fabricarse también a un alto grado de precisión.

LONGITUD DE LA CORREA:

Para calcular una longitud de una correa metálica, utilice la fórmula siguiente. Es importante saber la envolvente de diseño ideal de su sistema antes de calcular la longitud de la correa. Más grandes diámetros de polea normalmente proporcionan óptimo expectativa de duración de vida de la correa y diámetros de polea pueden utilizarse para estimar el grosor de a correa. Consulte la Tabla 3 para la expectativa de duración de vida de la correa. Una vez que se conoce un diámetro máximo de polea, dividirlo por el diámetro de la polea a ración de espesor de la correa de la Tabla 3 para el óptimo expectativa de duración de vida de la correa en su aplicación. Rango de espesor de la correa típico es 0.05 mm (0.002 pulgadas) a 0.813 mm (0.032 pulgadas) y rango de diámetros de polea típico son de hasta 50.8 mm (2pulgadas).

$$L = (2 \times C) + (D + t) \pi$$

Donde:

L = Longitud de la Correa

C = Centro de distancia entre dos poleas

D = Diámetro de polea

t = Espesor de correa

$$\pi = 3.14159$$

Esto define la longitud adecuada para sistemas de correa metálica incorporando dos polea de diámetro idéntico. Para sistemas con múltiples poleas o poleas de diferentes diámetros, póngase en contacto con un ingeniero de ventas de Belt Technologies. Información de contacto aparece dentro de la cubierta trasera.

TRAMO DE CORREA:

Correas metálicas son únicos, como que no se extienden en el funcionamiento normal, después de lograr una tensión normal de precarga. Para calcular la precarga del tramo de una correa lisa, utilice la siguiente ecuación. Para correas perforadas, póngase en contacto con un ingeniero de ventas de Belt Technologies.

$$L = PL/AE$$

Donde:

L = Tramo, en pulgadas

P = Carga de tensión en libras

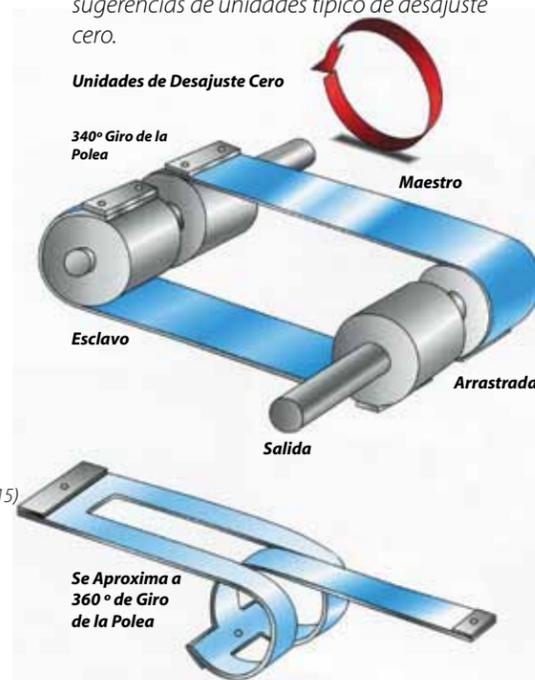
L = Longitud de correa inicial en pulgadas

A = Área de la sección transversal de la correa en pulgadas

E = Módulo de Young
(Vea cuadro de materiales en la página 15)

ZERO BACKLASH:

Sistemas de posicionamiento de desajuste cero o casi cero pueden ser logrados por el uso de correas metálicas. Ejecutar en pares o con ideas de diseño inventiva, estas unidades pueden utilizarse en cualquier lugar tolerancias apretadas existen para precisión en la colocación, ida y vuelta. Las ilustraciones siguientes ofrecen dos sugerencias de unidades típico de desajuste cero.



IBERACERO

Rúa Redondo, 34
36212 Vigo
+34 986241750
www.iberacero.es
vigo@iberacero.es

Ribera de Elorrieta, 5
48015 Bilbao
+34 9447454 44
www.iberacero.es
bilbao@iberacero.es

Visita nuestra página web

PRECISIÓN DE POSICIONAMIENTO:

La precisión de posicionamiento está directamente relacionada con la tolerancia de paso de dientes de la correa, típicamente de 0.013 mm (0.0005 pulgadas) para una correa metálica de temporización. Con unas herramientas especiales, el paso de dientes puede hacerse para acumularse positivamente, mostrado como PI en la Figura 9, o negativamente, mostrado como Ps en el mismo gráfico. Por favor de consultar a un ingeniero de Belt Technologies para sus especificaciones.

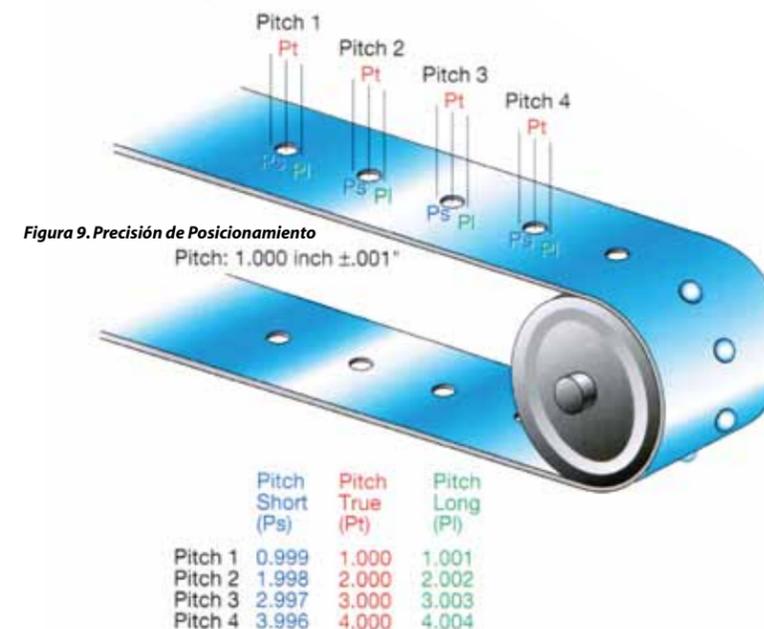


Figura 9. Precisión de Posicionamiento

REPETIBILIDAD:

La repetibilidad es la habilidad de un único paso de dientes, en giros sucesivos de la correa, para volver a una posición inicial dentro de una tolerancia específica.

Como las correas de metal no se estiran, la repetibilidad está típicamente en el rango de 0.051 mm (0.002 pulgadas) a 0.127 mm (0.005 pulgadas).

Para correas lisas o perforadas, correas con accesorios o cintas de arrastre, el movimiento preciso puede calcularse con un alto grado de precisión. Póngase en contacto con un ingeniero del Departamento de Ventas de Belt Technologies si necesita asistencia a la hora de determinar las especificaciones para su sistema.

COMPENSACIÓN DE LA CORREA:

Teniendo en cuenta que una correa metálica no se estirará de manera importante bajo tensión, la compensación de una correa metálica podría ser más difícil que la de otros tipos de correas. Una correa metálica no se estirará para compensar por:

- la falta de cuadratura o alineamiento del sistema
- la deflexión no controlada del eje de la polea
- la carga diferencial
- el alabeo de la correa

Entre todos estos elementos, el ingeniero de diseño esté quizás menos familiarizado con el alabeo de la correa. El alabeo, o

curvatura del borde, es la desviación de un borde de la correa en relación con una línea recta. Toda correa tiene algo de alabeo. El alabeo de la correa metálica es típicamente de una cantidad tan pequeña como 0.2 – 0.5 mm en 1 m (0.05 pulgadas en 8 pies). Cuando se coloca en un sistema de dos poleas cuadradas y tensadas, un borde de la correa se tensará más que el otro porque tiene una circunferencia de borde más corta. Esto hará que la correa se aleje del borde de tensión más apretado hacia el borde más flojo cuando se gire.

El primer objetivo de cualquier técnica de compensación es contrarrestar la influencia de las tensiones y fuerzas de compensación negativas acumuladas (anteriormente definidas como cuadratura del sistema, deflexión del eje sin controlar, carga del diferencial y alabeo de la correa) con tensiones y fuerzas controladas, afinando así la correa para hacer funcionar el sistema.

POLEA AJUSTABLE:

Belt Technologies ha patentado una Polea Orientables Independiente (ISP) para ayudar en el seguimiento de todas las correas planas, incluyendo correas metálicas. En sistemas automatizados, el ISP puede equiparse con sensores y un paquete de servomotor para ofrecer seguimiento

automatizado de manos libres de correas metálica. Póngase en contacto con su ingeniero de ventas de Belt Technologies para un documento de ingeniería suplementario sobre la Polea Orientables Independiente (ISP) y cómo puede beneficiar su aplicación.

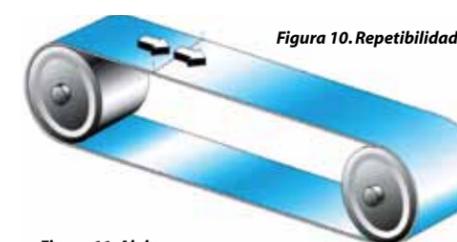
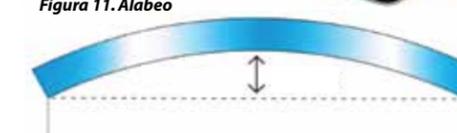


Figura 10. Repetibilidad



Se utilizan tres técnicas básicas para compensar correas de sistemas utilizando poleas por fricción, poleas de temporización, o ambas:

- Ajuste del eje de las poleas
- Bombeo de la poleas de arrastre por fricción
- Compensación forzada



Figura 12. Compensación

IBERACERO

Rúa Redondo, 34
36212 Vigo
+34 986241750
www.iberacero.es
vigo@iberacero.es

Ribera de Elorrieta, 5
48015 Bilbao
+34 9447454 44
www.iberacero.es
bilbao@iberacero.es

Visita nuestra página web

Ajuste del eje de las poleas

El ajuste del eje de las poleas en un sistema de correa metálica, según se muestra en la figura 13, es el modo más efectivo de compensar una correa metálica. Las tensiones de los bordes de la correa se cambian de una manera controlada, dirigiendo así la correa. La técnica es igualmente aplicable tanto a poleas de cara plana como bombeadas.

Idealmente, tanto la polea impulsora como la polea loca tendrían ejes ajustables. En realidad, sin embargo, sólo la correa loca está ajustada. La polea de transmisión es, por lo general, muy difícil de ajustar debido a su interfaz con motores u otros dispositivos de transmisión de energía.

Bombeo de las Poleas de Arrastre Por Fricción

Cuando haya que utilizar poleas bombeadas de arrastre por fricción, se hará en conjunción con el ajuste del eje, y no sólo en vez de él. Esto es porque las poleas bombeadas no centrarán automáticamente una correa de metal. Las poleas bombeadas funcionan mejor en correas delgadas, ya que la bobina de la correa deberá conformarse a la cara bombeada de la polea. Aunque se puede utilizar una tensión incrementada para conseguir la conformidad de cara de la correa a la polea, la tensión no podrá ser tan alta como para causar una deformación permanente de la correa. La mejor geometría de cara para una polea bombeada es un radio completo, no siendo el bombeo mayor que el grosor de la correa.

Figure 14. Forced Tracking



Rúa Redondo, 34
36212 Vigo
+34 986411750
www.iberacero.es
vigo@iberacero.es

Ribera de Eloorieta, 5
48015 Bilbao
+34 944745444
www.iberacero.es
bilbao@iberacero.es

Visita nuestra página web

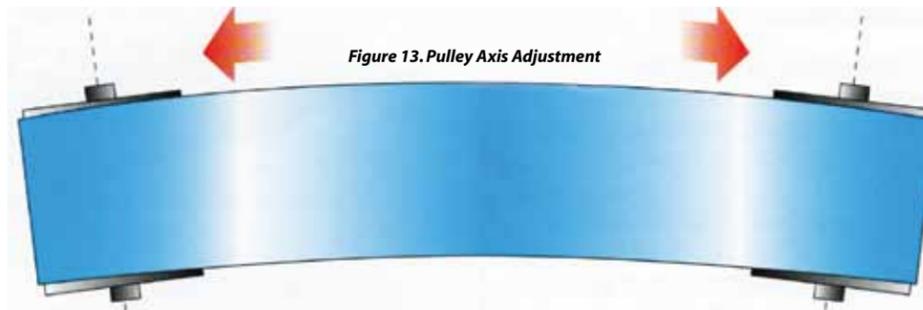


Figure 13. Pulley Axis Adjustment

Compensación Forzada

En casos en los que el ajuste sencillo del eje no pueda eliminar completamente una compensación inapropiada, los métodos de compensación forzada, tales como rodillos de leva o bridas de Teflón® rellenas de vidrio, podrían ser necesarias y aceptables. Quizás podría ser necesario tener que cambiar las relaciones del diseño del sistema, como utilizar una correa más gruesa que pudiera recomendarse, ya que las técnicas de compensación forzosa pueden contribuir a una reducción de la duración de la correa.

Una técnica alternativa de compensación forzada para correas más anchas utiliza una correa en V unida a la circunferencia interior de la correa metálica. Esta correa de dos elementos, que Belt Technologies llama Metrak®, distribuye las tensiones de compensación sobre la correa en V más que sobre la correa metálica, potenciando así al máximo la duración de la correa en un sistema de compensación forzada (Figura 14).

Los dientes de temporización, tratados en la siguiente sección, son sólo para temporización y no deberían utilizarse como técnica de compensación.

Temporización:

Las poleas de temporización para correas de metal vienen con dientes o con cavidades, cada uno de ellos engranándose en sus respectivas perforaciones u orejetas de arrastre.

Se deberá tener siempre el máximo cuidado en el diseño de las poleas de temporización para asegurar que todos los elementos de temporización tengan unos radios esféricos o evolutivos. Esto asegura el engranaje y desengranaje suave de la correa y de la polea. Para evitar problemas debido a las tolerancias acumuladas, la diferencia de diámetros entre los componentes de transmisión y los impulsados debería ser típicamente de, al menos, +0.127 mm (0.005 pulgadas) a 0.178 mm (0.007 pulgadas). Las aplicaciones de desajuste cero o casi cero son un caso especial.

Cuando se fabrica una polea con dientes, cada diente de temporización se inserta en un agujero mecanizado en el cuerpo de la polea. Se deberá poner la máxima atención en la localización radial de cada diente para asegurar una precisión global de paso de dientes.

Cuando se diseña una polea de temporización, es crítico que el diámetro de paso de dientes esté en el eje neutro de la correa (a la mitad del grosor de la correa para una correa lisa delgada), no en la base. Como las correas de metal son por lo general delgadas, puede darse la tentación de desechar su grosor a la hora de calcular el diámetro de soporte de la cinta de la polea. Si no se incluye el grosor de la correa en estos cálculos se producirá un desajuste de los elementos de temporización.

El diámetro de soporte de la cinta puede determinarse por la fórmula:

$$D = \frac{NP}{\pi} - t$$

Donde

N = número de longitudes o dientes de paso en una polea

P = paso de perforación

t = grosor de la polea

TENSIÓN:

Los sistemas de arrastre por fricción pueden operar con tensiones tan flojas como la cadena de una bicicleta y tan apretadas como una cuerda de guitarra. La tensión de la correa es extremadamente importante en los sistemas de temporización y debería mantenerse siempre lo más baja posible. Por lo general, una tensión de correa baja mejora la duración de vida de la correa y reduce el desgaste sobre otros componentes del sistema.

La tensión de la correa no debería incrementarse para reducir la comba entre las poleas (Véase COMBA DE LA CORREA, página 19). Las correas tensadas en exceso pueden desarrollar un arco cruzado, parecido al de una cinta métrica. Además de este arco cruzado, el exceso de tensión provocará un movimiento desigual y reducirá la repetibilidad y la duración de vida de la correa.

La tensión de la correa debería ser determinada operando el sistema y seleccionando la tensión de trabajo más baja posible. Ésta puede mantenerse con el uso de cilindros de aire, resortes o gatos.

Belt Technologies recomienda 1000 a 5000 psi (6.9 a 34.5 N/mm²) para sistemas de fricción y 1000 psi (6.9 N/mm²) para sistemas de temporización.

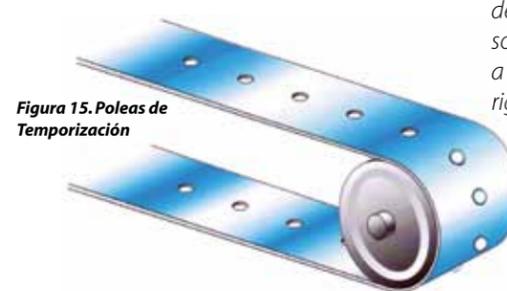


Figure 15. Poleas de Temporización

ESTRUCTURA DEL SISTEMA:

Una rígida estructura del sistema es necesaria para permitir ajustes finos para la temporización y compensación de la correa. Si existe una flexión incontrolada en la estructura del sistema, el sistema se arqueará cuando se curve la correa. Descompensando una fuerza (encorvadura del sistema) con otra fuerza (ajuste del eje) no proporciona un sistema controlado y puede producir problemas de compensación. Para asegurar que cualquier ajuste del eje sea controlable, es importante diseñar suficiente rigidez en el sistema.

FLEXIONES ALTERNAS:

El mejor diseño de sistema utiliza dos poleas. El añadir flexiones alternas al sistema añade esfuerzo de tensión, poniendo en peligro la duración de vida de la correa. Como cada polea puede tener una influencia de dirección, podrían producirse problemas de compensación.

EJES EN VOLADIZO:

Es preferible que los ejes de las poleas tengan unos puntos de terminación sólidos a cada extremo. Los ejes en voladizo pueden crear un pivote. Cuando se introduce tensión, el eje puede desviarse y producir problemas de compensación. Si los ejes en voladizo son necesarios, su rigidez deberá asegurarse a través del diseño de la estructura y de la rigidez del eje.



Rúa Redondo, 34
36212 Vigo
+34 986411750
www.iberacero.es
vigo@iberacero.es

Ribera de Eloorieta, 5
48015 Bilbao
+34 944745444
www.iberacero.es
bilbao@iberacero.es

Visita nuestra página web

PERMEABILIDAD MAGNÉTICA:

La permeabilidad magnética se define comúnmente como una medida de la habilidad de una sustancia de conducir el magnetismo en comparación con el aire, que tiene una permeabilidad de 1.

Los aceros inoxidables de la serie trescientos se consideran no magnéticos, pero el trabajo en frío utilizado para producir el temple de sus muelles y su alta resistencia a la tracción producirá un incremento en la permeabilidad magnética. Por lo tanto, un acero 301 de dureza plena tiene una mayor permeabilidad magnética que un 301 de media dureza. Por lo general, los aceros inoxidables 316 tienen la menor permeabilidad magnética, pero es difícil de obtener en el estado de dureza plena.

Consúltese el Apéndice para las propiedades nominales de permeabilidad magnética de las aleaciones comunes de correas metálicas.

COMBA DE LA CORREA:

Cuando la distancia entre poleas es larga, la correa puede combarse. Incluso en el lado más apretado de la tensión se produce una cierta combadura. Para asegurar la tensión apropiada e impedir la combadura, se deberá arrastrar la superficie de trabajo de la correa por cualquier superficie de soporte estacionario, tales como materiales de ultra-alto peso molecular (UHMW). Se deberán evitar superficies giratorias que puedan introducir un cambio axial y producir problemas de compensación. El deslizar o arrastrar la correa por una superficie estacionaria tiene un efecto despreciable sobre la compensación o sobre la duración de vida de la correa.

TEMPERATURAS ELEVADAS:

Si una correa de metal está expuesta a temperaturas elevadas, es crucial que el material seleccionado para la correa, así como los posibles accesorios o tratamientos de superficie, sean capaces de soportar dicha temperatura. También se deberá tener en cuenta la expansión y contracción de los materiales a medida que la temperatura fluctúe. Los cambios debidos a la temperatura tendrán un impacto en la temporización, compensación, tensión, planeidad y otros factores.

La Tabla 4 enumera las principales aleaciones utilizadas en rangos de temperaturas específicas, así como los correspondientes coeficientes de expansión térmica y los límites de deformación. La Tabla 5 ilustra cómo cambian las propiedades físicas del 17-7 CH-900 en función de la temperatura.

Aleación	Rango de Temperatura °F (°C)	Coefficiente medio de expansión térmica EXPANSION 10 ⁻⁶ IN/IN/°F (cm/cm/°C x 10 ⁻⁶)	Límite de deformación medio de la gama de temperatura en 1000 PSI (N/mm ²)
301/302 Dureza plena	68° to 400° (20° to 205°)	9.8 (17.6)	160 to 135 (1100 to 930)
17-7 CH-900	400° to 800° (205° to 425°)	6.6 (11.9)	220 to 170 (1500 to 1170)
Inconel® 718 Solución templada y termotrata	800° to 1,000° (425 to 540)	8.4 (15.1)	157 to 155 (1080 to 1070)

Tabla 4. Características de la temperatura elevada de las aleaciones principales

RESBALAMIENTO GRADUAL DE LA CORREA:

El resbalamiento gradual de la correa es un fenómeno asociado con la transmisión de energía entre una polea de transmisión y el miembro de elasticidad a la tracción de la misma. Debido al resbalamiento gradual de la correa en un sistema de arrastre de fricción, la polea se mueve en realidad ligeramente más rápidamente que la correa.

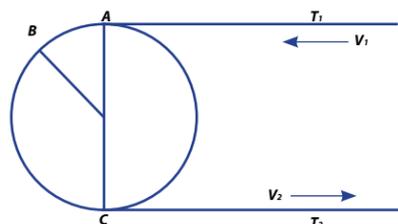
Considere la Figura 16. Los 180° de envoltorio entre la polea de transmisión y la correa está dividida en dos arcos:

- El arco libre (donde no se transmite energía)
- El arco efectivo, también llamado el ángulo de resbalamiento (donde se produce la transmisión de energía).

Dentro del arco libre, las superficies de la correa y de la polea están en contacto estático y no se transmite energía. La correa se desliza sobre la correa con tensión lateral T1 y velocidad V1 que iguala a la velocidad de superficie V1 de la polea de transmisión. Tanto la velocidad como la tensión permanecen constantes mientras continúe el contacto a través del arco libre.

En el arco efectivo, las superficies de la correa y de la superficie están en contacto deslizante y la velocidad de la superficie de la polea es mayor que la de la correa. Este fenómeno es causado por los cambios

Figura 16. Teoría del resbalamiento gradual de la correa AB es el arco libre. BC es el arco efectivo.



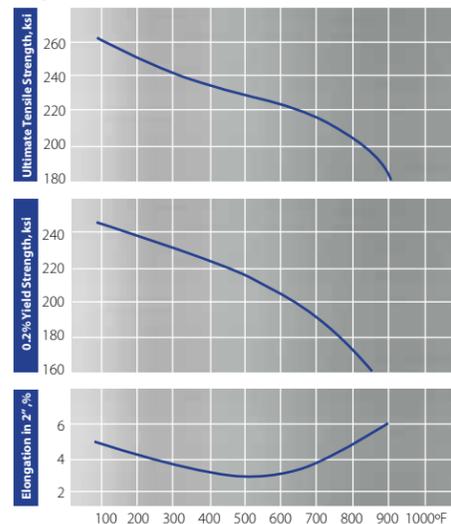
dimensionales en la correa debido a las fuerzas diferenciales que actúan sobre ella a medida que pasa alrededor de la polea. A medida que se produce el contacto deslizante, se desarrollan fuerzas de fricción para igualar los cambios en la tensión de la correa y se transmite la energía.

Como el miembro de tracción de una correa de metal es la propia correa de metal con sus altos modos asociados de elasticidad, el resbalamiento en una correa de metal es mucho menor que el de las correas hechas de la mayoría de otros materiales.

Sin embargo, si no se controla, el resbalamiento en una correa metálica de arrastre por fricción produce una pérdida de repetibilidad. Afortunadamente, el resbalamiento en las correas de metal se controla fácilmente.

Los dientes u orejetas de temporización son el modo más común de combatir el resbalamiento. El número de puntos de temporización debería ser el menor posible, lo que impediría que se produzca el resbalamiento. En muchos sistemas, es posible tener sólo de seis a ocho puntos de temporización en la circunferencia de la polea.

Tabla 5. Características físicas contra cambios de temperature (17-7 CH-900)



APÉNDICE: MATERIALES DE LAS CORREAS DE METAL

Las aplicaciones particularmente exigentes, como las que implican grandes temperaturas, entornos extremadamente corrosivos o requerimientos inusuales eléctricos o magnéticos podrían excluir el uso de ciertas aleaciones para las correas de metal y cintas de arrastre. La siguiente Tabla de Materiales resume unos importantes criterios de selección.

RESTRICCIONES IMPUESTAS POR EL DISEÑO:

Las restricciones de aplicaciones, tales como limitaciones de espacio, o requerimientos inusuales químicos, térmicos, eléctricos o de sistema, podrían exigir concesiones por ambas partes. Considere estos ejemplos:

- Las correas metálicas operan sobre poleas con diámetros pequeños de hasta 6.35 mm/0.25 pulgadas, pero la duración de vida de la correa es reducida.

Las correas operan en hornos de hasta 590°C/1,094°F, pero como gran parte de la resistencia de la correa proviene de los tratamientos de trabajo en frío o tratamientos térmicos específicos, tales temperaturas altas reducen la resistencia de la correa. Consúltese la Tabla 6.

Las cuchillas de las rasquetas pueden inducir un efecto de bombeo en toda la anchura de la correa. Unas cuchillas de rasqueta adecuadamente diseñadas, como las fabricadas de UHMW (materiales de ultra-alto peso molecular) pueden minimizar los efectos negativos.

DURACIÓN DE USO DE LA CORREA:

‘Duración de vida de la correa’ significa muchas cosas diferentes para diferentes personas y diferentes procesos. La duración de vida de 10.000 revoluciones puede ser excelente para una aplicación; otra correa podría realizar 10.000 revoluciones cada hora.

Por lo tanto, ¿durante cuánto tiempo podemos esperar que dure nuestra correa? Sin tratar de esquivar la pregunta, la mejor respuesta es “depende”.

Depende de factores tales como el diseño del sistema, la resistencia del material, el entorno, la resistencia, la tensión, los tratamientos de las superficies, los accesorios, etc. Los mismos factores que tienen un efecto sobre el diseño de su sistema y sus correas metálicas afectan también a la duración de la correa.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, es razonable decir que las correas de metal tienen el potencial de durar más tiempo que otros tipos de correas y cadenas. También tienen el potencial de ser más precisas y repetibles, más ligeras, más rápidas y más rentables.

Una discusión con un miembro de nuestro equipo técnico podría ayudarle a calcular la duración de vida de la correa que puede esperar en su aplicación específica.

Tabla 6. Algunas de las aleaciones de correas metálicas más populares y sus propiedades técnicas de temperature ambiente

ALEACIÓN	LÍMITE DE RESISTENCIA (0.2% DESCENTRADO) 1000 PSI (N/mm ²)	TENSILE RESISTENCIA 1000 PSI (N/mm ²)	ALARGAMIENTO IN 51mm %	DUREZA	TENSILE MÓDULO DE ELASTICIDAD IN 10 ⁶ PSI (in 10 ⁵ n/mm ²)	DE POISSÓN RATIO (g/cm ³)	DENSIDAD #/IN ³ cal/cm ³ /sec/°C/cm	THERMAL CONDUCTIVIDAD (32° TO 212° F) BTU/FT ² /HR/°F/IN cm/cm/°C x 10 ⁻⁶ (0° to 100° C)	THERMAL EXPANSION COEFFICIENT (32° TO 212° F) cm/cm/°C x 10 ⁻⁶ (0° to 100° C) in/in/° F	MAGNÉTICA PERMEABILITY	CORROSIÓN RESISTANCE
301 DUREZA PLENA	160 (1100)	180 (1240)	5-15	RC40-45	28 (1.93)	.285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.4 16.9	L-M	M
301 ALTO RENDIMIENTO	260 (1790)	280 (1930)	1	N/A	26 (1.79)	.285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.4 16.9	M-H	M
302 DUREZA PLENA	160 (1100)	180 (1240)	1-5	RC40-45	26 (1.93)	.285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.6 17.3	L-M	M-H
304 DUREZA PLENA	160 (1100)	180 (1240)	1-5	RC40-45	26 (1.93)	.285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.6 17.3	L-M	M-H
316 DUREZA PLENA	175 (1200)	190 (1310)	1-2	RC35-45	28 (1.93)	.285	0.28 (7.9)	97 (.036)	8.9 16.0	L	H
716 DUREZA PLENA	210 (1450)	260 (1790)	5-10	RC52	32 (2.20)	.285	0.28 (7.9)	170 (.059)	5.9 10.6	H	L-M
17-7 CONDICIÓN C	185 (1275)	215 (1480)	5	RC43	28 (1.93)	.305	0.28 (7.8)	114 (.037)	8.5 15.3	M-H	M-H
17-7 CH-900	240 (1655)	250 (1720)	2	RC49	29 (2.00)	.305	0.28 (7.8)	114 (.037)	6.1 10.9	M-H	M-H
INCONEL® 718	175 (1200)	210 (1450)	17	RC41	29 (2.00)	.284	0.29 (7.9)	86 (.030)	6.6 11.9	L	H
ACERO AL CARBON SAE 1095	240 (1650)	260 (1790)	7-10	RC50-55	30 (2.07)	.287	0.29 (7.9)	360 (1.24)	5.8 10.5	H	L
TITANIO 15V-3CR-3Al-3SN	150 (1030)	165 (1140)	11	RC35	15 (1.03)	.300	0.17 (4.7)	56 (.019)	5.5 9.7	L	H
INVAR 36	50 (340)	75 (520)	30	RB80	20 (1.38)	.317	0.30 (7.9)	120	2.1 1.2	L	M-H