

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 576**

51 Int. Cl.:

D07B 1/06 (2006.01)

B66B 7/06 (2006.01)

F16G 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.06.2018 PCT/EP2018/066861**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2019 WO19002162**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2018 E 18733271 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2024 EP 3645785**

54 Título: **Una hebra de refuerzo para reforzar un artículo de polímero**

30 Prioridad:

27.06.2017 EP 17177992

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

12.11.2024

73 Titular/es:

**BEKAERT ADVANCED CORDS AALTER NV
(100.0%)
Léon Bekaertlaan 5
9880 Aalter, BE**

72 Inventor/es:

**VANREYTEN, WOUTER;
CLAEYS, KOEN y
MORREN, GERD**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 986 576 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Una hebra de refuerzo para reforzar un artículo de polímero

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a una hebra de refuerzo que es particularmente adecuada para reforzar artículos de polímero tales como correas como, por ejemplo, correas síncronas o correas que se utilizan como elementos tensores en ascensores.

10

Antecedentes de la técnica

Las correas son artefactos técnicos que se utilizan para transportar material, transferir energía o posicionar objetos interactuando con poleas accionadas o no accionadas. Por ejemplo, las correas para ascensores se utilizan para transportar personas en ascensores, las correas trapezoidales se utilizan para transferir energía, las correas síncronas son muy adecuadas para posicionar con precisión pinzas en las máquinas y para transferir energía. Las correas generalmente comprenden un refuerzo fuerte que puede estar cubierto o no con un polímero para proteger el refuerzo. En general, una correa tendrá una sección transversal no circular, como la sección transversal trapezoidal de una correa trapezoidal o la sección transversal rectangular de una correa plana.

20

El refuerzo de una correa debe cumplir una pluralidad de requisitos:

- El refuerzo no sólo debe ser fuerte, es decir, capaz de soportar grandes fuerzas longitudinales, sino...
- 25 • también debe tener un módulo alto para evitar un alargamiento excesivo al tensar la correa.
- Además, el refuerzo no debe sufrir fluencia ni alargarse durante su paso repetido sobre las poleas.
- 30 • El refuerzo debe ser muy flexible, es decir, tener una baja rigidez a la flexión para poder seguir la curvatura de las poleas.
- El refuerzo debe tener una vida útil larga y predecible para garantizar el funcionamiento a largo plazo de la máquina en la que está montado.
- 35 • El refuerzo debe unirse con la camisa de polímero, es decir, el refuerzo debe adherirse o anclarse a la camisa de polímero. Esto es particularmente importante porque todas las fuerzas se transfieren desde la polea a través de la camisa hasta el refuerzo.

Las funciones principales de la camisa son proteger el refuerzo, transferir fuerza entre la polea y la correa y mantener el refuerzo unido. Generalmente, la capacidad de refuerzo de la chaqueta es débil en comparación con la del propio refuerzo.

La historia del refuerzo de correas no es diferente a la de otros materiales compuestos como neumáticos o mangueras. Inicialmente se utilizaron fibras naturales como el algodón o el cáñamo, seguidas de fibras artificiales o alteradas por el hombre como el rayón, el nailon, el poliéster, el polipropileno y otras fibras orgánicas. Fibras de alta tenacidad como el polietileno de peso molecular ultra-alto (Dyneema[®]) o poliamidas aromáticas (Kevlar[®]) o poli(p-fenilen-2,6-benzobisoxazol (PBO, Zylon[®]) también se han considerado, pero no siempre llegan al mercado por no ser resistentes a la fatiga, por tener demasiada fluencia o por ser difíciles de adherir a una camisa de polímero. Se ofrecen correas reforzadas con fibra de vidrio y fibra de carbono, pero principalmente para aplicaciones de alta gama. Por eso, una gran parte de las correas están reforzadas con cordones de acero.

Los cordones de acero utilizados para el refuerzo de correas son casi exclusivamente del tipo multihebra. Dicho cordón está formado por "m" filamentos de acero individuales que se retuercen en hebras, después de lo cual "n" hebras se retuercen en un cordón de "n x m". Las construcciones populares son de 3 x 3, es decir, tres filamentos se retuercen entre sí formando una hebra, después de lo cual tres de esas hebras se retuercen formando un cordón. Otros ejemplos son hebras de 7x7 o 7x3. Si bien estas construcciones se utilizaban principalmente en correas síncronas, ahora también se utilizan ampliamente en correas planas para ascensores (documento EP 2284111 B1). Si bien estos tipos de construcciones tienen propiedades de alargamiento bastante buenas (cuando se siguen las enseñanzas del documento WO2005/043003), muy buen anclaje de la camisa, muy baja fluencia y una excelente vida a la fatiga, su módulo es algo bajo.

Los intentos de sustituir este tipo de cordones multihebra por otros tipos de cordones para uso en correas son numerosos:

- Existe el documento GB2252774 en donde se sugieren cordones en capas que tienen un núcleo central de uno o más filamentos rodeados por al menos una capa de filamentos para su uso en correas síncronas;
- 5 • Existe el documento WO 2012/141710 en donde se describe una correa para ascensor en donde los cordones de refuerzo comprenden una pluralidad de filamentos de acero que están libres de una estructura helicoidal de "segundo orden", es decir, son hebras;
- 10 • Existe el documento EP 1555233 A1 en donde la primera realización describe una correa elevadora con siete cordones que son del tipo Warrington;
- 15 • Existe el documento US 2002/0153078 A1, procedente del campo del refuerzo de neumáticos, que describe un cable multicapa que tiene un filamento nuclear de diámetro "d₀", rodeado por una capa intermedia de seis o siete alambres de diámetro "d₁" enrollados en el núcleo del filamento en una hélice de paso P₁, estando nuevamente rodeada esta capa intermedia por una capa exterior de N alambres de diámetro "d₂" enrollados en la capa intermedia con paso P₂ que tiene la misma dirección de paso que P₁. La capa exterior debe estar "insaturada", es decir: el número "N" de alambres en la capa exterior debe ser 1, 2 o 3 menos que el número máximo de alambres "N_{máx}" que encajan en la capa exterior. La definición de cable se reduce aún más con limitaciones en cuanto a diámetros, relaciones de diámetro y pasos. Hay un ejemplo dado de un cordón compacto en los párrafos [0134] al [0140].
- 20 • También existe el documento JP 2004 277968, también procedente del campo del refuerzo de neumáticos, que describe lo que el experto conoce como un cordón compacto del tipo 1+6+12, en donde el filamento de núcleo tiene un diámetro mayor que los otros filamentos, y en donde, en la capa exterior, los filamentos que están más alejados del filamento nuclear tienen la relación de preformado más baja. El filamento nuclear tiene un diámetro mayor para provocar espacios entre los filamentos de la capa exterior;
- 25 • En el documento JPH05186975 se describe un tipo de construcción semi-Warrington con un núcleo de filamentos de 3×1 con un diámetro de 0,15 mm retorcidos entre sí. Alrededor de este núcleo se enrollan seis filamentos de capa intermedia de 0,25 de diámetro separados por un espacio. La capa exterior ("4") está compuesta por seis filamentos que tienen un diámetro de 0,18 ("4a") y seis filamentos ("4b") tienen un diámetro de 0,25 mm y los filamentos "4a" y "4b" están dispuestos alternativamente en el lado exterior de la capa interior. Entre los filamentos finos y los filamentos gruesos adyacentes entre sí se forma un espacio "6". Se busca especialmente la formación de este espacio "6" porque mejora la penetración en el caucho.
- 30 • En el documento WO 2012/095224 A1 se describe nuevamente una configuración de "cordón compacto" en donde un filamento nuclear delgado está rodeado por 4 o 5 filamentos de capa intermedia, a su vez rodeados por 2 por 4 o 2 por 5 filamentos de capa exterior. Como siempre en una configuración de "cordón compacto", los filamentos se ensamblan en una sola etapa, lo que da como resultado una única longitud y dirección de tendido. También en este caso se buscan especialmente espacios en la capa exterior para permitir la penetración en el caucho.
- 35
- 40

Sin embargo, al confrontar estas "soluciones" con la realidad, fracasan. El principal obstáculo sigue siendo el filamento o filamentos del núcleo central que, bajo el ciclo de carga repetido de tensión y compresión, se desprenden del cordón. La polea que acciona la correa pone la correa bajo tensión en el movimiento hacia esa polea. La polea accionada por la correa puede comprimir la correa en el retorno. Estos ciclos repetitivos de tracción-tracción inducen una acción peristáltica" en el núcleo de la hebra que, en última instancia, conduce a su salida del núcleo. El movimiento es siempre en dirección "hacia adelante", es decir, en la dirección del movimiento de la correa. El desprendimiento del núcleo puede hacer que el núcleo penetre en la camisa de polímero y se enrede con una de las poleas, provocando un colapso completo de la correa. Éste es el "problema de migración del núcleo".

La solución encontrada en el documento WO 2008/080715 resuelve el problema de migración del núcleo, pero trae otras desventajas. Por lo tanto, la búsqueda para encontrar una hebra que funcione bien en una correa, es decir, que no muestre migración del núcleo, no ha terminado y los inventores actuales exploraron otra vía y encontraron una solución funcional.

55 Descripción de la invención

El principal objetivo de la invención es resolver el problema de la migración del núcleo en hebras de refuerzo. Otros objetivos de la invención son proporcionar una hebra de refuerzo que tenga una alta relación de resistencia/diámetro, que muestre una buena adhesión y/o anclaje en la camisa de polímero de la correa y que tenga una vida útil bien predecible. Otro objetivo es ofrecer un método para producir la hebra de refuerzo descrita.

Según un primer aspecto de la invención, se reivindica una hebra de refuerzo según lo definido por las características de la reivindicación de producto 1 independiente. La hebra es particularmente adecuada para reforzar un polímero en un artículo compuesto tal como una correa, una manguera o un neumático.

La hebra de refuerzo comprende un núcleo que tiene un diámetro de núcleo y filamentos de acero que están retorcidos alrededor de dicho núcleo lo que lo convierte en una "hebra". De hecho, una "hebra" comprende un núcleo que puede ser recto ("deformación de hélice de orden cero") y filamentos de acero que tienen forma de hélice ("deformación de hélice de primer orden") que rodean el núcleo. Esto contrasta con los cordones multihebra, en donde también están presentes filamentos de acero que muestran una hélice cuyo eje también tiene la forma de una hélice ("deformación de hélice de segundo orden"). Los filamentos exteriores de las hebras exteriores de una construcción de 7x7 muestran una tal "deformación de hélice de segundo orden". Por tanto, una "hebra" puede definirse convenientemente como un cordón que tiene filamentos con deformación en hélice de orden cero y/o de primer orden y que está libre de filamentos que tienen deformación en hélice de segundo o mayor orden.

Los filamentos de acero se organizan en:

- Una capa intermedia que comprende o consta de N primeros filamentos de acero que están dispuestos circunferencialmente alrededor del núcleo. Estos N primeros filamentos de acero tienen todos un primer diámetro. El diámetro del núcleo y el diámetro del primer filamento son tales que se forma un espacio entre los primeros filamentos en la capa intermedia. El espacio debe tomarse entre la superficie de los filamentos adyacentes en su punto de mayor aproximación, es decir, en la dirección perpendicular a la línea central del filamento.
- Una capa exterior que comprende o consta de dos por N filamentos de acero, es decir, 2N filamentos de acero, que también están dispuestos circunferencialmente alrededor de la capa intermedia.

Todos los filamentos de acero de la capa intermedia y de la capa exterior se retuercen alrededor del núcleo con la misma longitud (acortada en lo sucesivo como "FL") y dirección de tendido final. Con "longitud y dirección de tendido final" se entiende la longitud y dirección de tendido cuando el cordón está en reposo, es decir, cuando no actúan sobre él momentos o fuerzas externos, por ejemplo, la longitud de tendido tal como se observa en un trozo de hebra de aproximadamente un metro.

Por lo tanto, la hebra es una hebra tendida en paralelo, también llamada "hebra de tendido igual", es decir, una hebra que contiene al menos dos capas de filamentos, todos los cuales se tienden en la misma dirección con la misma longitud de tendido en una sola operación. Todos los filamentos tienen una deformación helicoidal de primer orden.

La hebra se caracteriza porque la longitud final del tendido con la que se unen los filamentos de acero es mayor que dos veces y menor que seis veces la longitud de tendido de cierre. La longitud de tendido de cierre, acortada a CL, es la longitud de tendido límite en la que se cierra el espacio entre los filamentos adyacentes de la capa intermedia, es decir, los filamentos entran en contacto entre sí. Por tanto, la hebra de refuerzo se caracteriza porque la longitud de tendido final FL está comprendida entre 2xCL y 6xCL, límites incluidos. Otros rangos para la longitud de tendido final FL en comparación con la longitud de tendido de cierre CL son:

$$3 \times CL \leq FL \leq 6 \times CL$$

o

$$3 \times CL \leq FL \leq 5 \times CL$$

o

$$4 \times CL \leq FL \leq 6 \times CL$$

$$4 \times CL \leq FL \leq 5 \times CL$$

De hecho, al acortar la longitud de tendido de la hebra, los filamentos de la capa intermedia tenderán a acercarse hasta tocarse entre sí en la longitud de tendido de cierre. Es limitante porque cuando se aplica una longitud de tendido aún más corta, los filamentos de la capa intermedia chocarán entre sí y se expandirán radialmente de manera que el núcleo ya no esté en contacto con los filamentos de la capa intermedia.

La longitud del tramo de cierre está determinada por el diámetro del núcleo "d₀", el primer diámetro "d₁" del filamento de la capa intermedia y "N" el número de filamentos de la capa intermedia. Para todos los efectos prácticos en esta aplicación es igual a:

$$CL = \frac{\pi(d_0 + d_1)}{\sqrt{\tan^2(\pi/N) \left[\left(\frac{d_0 + d_1}{d_1} \right)^2 - 1 \right]} - 1} \quad \{1\}$$

Para completar, se puede definir un primer círculo circunscrito que tenga un primer radio que sea tangente a todos los primeros filamentos de acero. Este primer círculo circunscrito tiene un radio de $(d_0/2) + d_1$.

5 Preferiblemente para la hebra de refuerzo según la invención, la longitud de tendido final es aproximadamente de 8 a 15 veces el diámetro de la hebra de refuerzo, o más preferiblemente entre 9 y 12 veces el diámetro de la hebra de refuerzo.

10 La ventaja de elegir esta longitud de tendido final es que cuando la hebra de refuerzo se comprime, los filamentos todavía tienen espacio para pandearse dentro de la capa intermedia. Si la longitud del tendido es inferior a $2 \times CL$, no hay espacio suficiente entre los primeros filamentos de acero y serán expulsados de la capa intermedia cuando estén bajo compresión. Como resultado, se desprenden de la hebra de refuerzo bajo una acción repetida de tracción-tracción.

15 Cuando la longitud de tendido final FL es mayor que 6 veces la longitud de tendido de cierre, la hebra de refuerzo pierde coherencia y la hebra puede sufrir ovalización durante el uso. La ovalización es el fenómeno en donde una hebra adopta una sección transversal ovalada en lugar de redonda cuando se somete a flexión repetida sobre una polea. Además, la hebra de refuerzo se vuelve propensa al movimiento de filamentos entre capas durante su uso.
20 Como resultado, los filamentos de la capa intermedia pueden cambiar de posición con los filamentos de la capa exterior, lo que se denomina "inversión". La inversión de los filamentos puede provocar fatiga local en puntos sensibles.

Una ventaja adicional es que cuando se elige la longitud final según lo especificado, los filamentos de la capa intermedia se pueden poner bajo tensión cuando la hebra de refuerzo está en reposo. Por lo tanto, si se produjera una fractura del primer filamento (por ejemplo, debido a una flexión repetida), los extremos de la fractura del primer filamento se alejarán uno del otro y los extremos de la fractura se sujetarán entre los filamentos del núcleo y de la capa exterior. Por tanto, no salen de la hebra de refuerzo y permanecen dentro de la hebra. Como resultado, no se desprenderán del artículo reforzado por la hebra como, por ejemplo, una correa para ascensor, una correa síncrona o un neumático.

30 La hebra de refuerzo de la invención se caracteriza además porque los diámetros de los filamentos de la capa exterior son tales que no se forma ningún espacio entre esos filamentos cuando el cordón tiene la longitud de tendido final, una primera realización. Con "sin espacio" se entiende que el espacio es menor o igual al 1 % o, de mejor forma, incluso menor que el 0,5 % del diámetro de la hebra de refuerzo o cero. Es mejor que no haya espacios en la capa exterior ya que esto evita la inversión de filamentos entre la capa intermedia y la capa exterior.

Según una segunda realización, la capa exterior comprende

- 40 • N segundos filamentos de acero de un segundo diámetro "d₂". Como los segundos filamentos de acero están organizados circunferencialmente alrededor de la capa intermedia, tienen la misma dirección de tendido, la misma longitud de tendido final y están en el mismo número que los filamentos de la capa intermedia, se anidarán en los valles formados por los primeros filamentos. Se puede definir un segundo círculo circunscrito que tiene un segundo radio que es tangente a todos los N segundos filamentos de acero.
- 45 • N terceros filamentos de acero de un tercer diámetro "d₃" que es más pequeño que el segundo diámetro "d₂". Estos filamentos anidan entre los segundos filamentos de acero y son tangentes a un tercer círculo circunscrito que tiene un tercer radio;

50 En una primera versión de la segunda realización, el segundo radio que toca los segundos filamentos de acero es igual al tercer radio que toca los terceros filamentos de acero. Con "igual" se entiende que la diferencia absoluta si el segundo y tercer radio dividido por el mayor del segundo y tercer radio es igual o menor que el 2 %.

Una versión más preferida de la segunda realización es cuando el segundo radio que toca los segundos filamentos de acero es diferente del tercer radio que toca los terceros filamentos de acero. Con "diferente" se entiende que la diferencia absoluta del segundo y tercer radio dividida por el mayor del segundo y tercer radio es mayor que el 2 %, preferiblemente es mayor que el 4 %.

60 Según una tercera realización preferida, el segundo radio es mayor que el tercer radio. Es decir: el segundo diámetro es tan grande que los segundos filamentos sobresalen del tercer círculo circunscrito. La diferencia entre el segundo y tercer radio debe ser al menos del 2 % del segundo radio. Aún más preferido es si la diferencia es mayor que el 3 % o incluso mayor que el 5 %. Una diferencia mayor da como resultado una superficie menos lisa de la hebra de refuerzo

permitiendo, de este modo, un mejor anclaje de la hebra de refuerzo en el polímero. También se reduce la probabilidad de que los filamentos de la capa intermedia se inviertan con filamentos de la capa exterior. Una hebra de refuerzo menos redonda también es más fácil de procesar ya que se enrollará menos durante el procesamiento.

5 A primera vista, el cordón con las características de la segunda y tercera realización preferida podría catalogarse como una construcción del tipo Warrington. Sin embargo, se diferencia de una Warrington en algunos aspectos importantes:

- La capa intermedia muestra espacios en la longitud de tendido final;
- 10 • Los 2N filamentos de los filamentos de la capa exterior son tangentes a dos círculos diferentes, no a uno como en el caso de una construcción de Warrington.

Sin embargo, la hebra de refuerzo según la invención todavía tiene las mismas ventajas que una construcción Warrington en que:

- 15 • Los contactos entre los filamentos son contactos lineales, no contactos puntuales. Esto tiene una influencia positiva en la vida a fatiga y en el factor de cableado de la hebra de refuerzo. El factor de cableado es la relación entre la carga de rotura obtenida sobre la hebra de refuerzo y la suma de las cargas de rotura de los filamentos antes de torcerlos.
- 20 • La mayor parte de la sección transversal de la hebra de refuerzo está ocupada por metal. La sección metálica, también llamada "factor de relleno", de la hebra de refuerzo en comparación con el área del círculo circunscrito más grande es al menos del 70 % o superior hasta el 80 % o incluso hasta el 82,5 %, pero no igual, 82,5 %. Esto es algo menor que una hebra Warrington, en donde se obtiene fácilmente un factor de relleno del 82,5 %, pero sigue siendo suficiente para este propósito. Un factor de llenado grande permite una carga de rotura elevada dentro de un área circunscrita limitada. Además, tiene una influencia positiva sobre la rigidez axial de la hebra de refuerzo, en particular en la región de trabajo de la hebra de refuerzo que típicamente está entre el 2 y el 10 % de la carga de rotura mínima del refuerzo.
- 25 • Una hebra tiene un módulo más alto que un cordón multihebra. Normalmente, para un cordón multihebra, esto es inferior a 175 000 N/mm² mientras que para una hebra está por encima de este número, por ejemplo, por encima de 175 000 N/mm², o incluso por encima de 180 000 N/mm². El módulo debe determinarse en la región lineal de la curva de carga-alargamiento, es decir, con cargas superiores al 10 % de la carga mínima de rotura.
- 30
- 35

Según una cuarta realización preferida, el número N es igual a 5, 6, 7, 8 o 9. Un número mayor de filamentos N, por ejemplo 8 o 9, tiene la desventaja de que el núcleo debe ser mucho más grande que los otros filamentos, lo que no es una situación preferida en términos de fatiga o migración. La relación entre el diámetro del núcleo y el tercer diámetro pasa a ser de 2,26 (N=8) a 2,9 (N=9). Por otro lado, para un número pequeño de filamentos, como 5, el núcleo se vuelve pequeño y la relación entre el diámetro del núcleo y el tercer diámetro llega a ser 1,75, lo que se considera mejor. Una desviación menor del diámetro entre los filamentos es mejor que una desviación grande, ya que mejora la distribución de la fuerza entre los filamentos. Los más preferidos son N=6 (relación 1,3) y N=7 (relación 1,71).

45 En una quinta realización preferida, el núcleo es un único filamento de acero. Por ejemplo, el núcleo puede ser un filamento recto y redondo hecho de acero de alta resistencia a la tracción.

En una quinta realización alternativa, el núcleo es un único filamento de acero que comprende codos con segmentos rectos entremedio. Con esto se quiere decir que el filamento de acero del núcleo no es recto y tiene pequeños codos. El diámetro del núcleo "d₀" es ahora el diámetro del cilindro que circunda el núcleo y está en contacto con los codos.

50 Por ejemplo, el filamento de núcleo puede estar ondulado, es decir, mostrar una forma de zigzag en donde los codos se alternan en dirección: izquierda-derecha-izquierda-derecha... En una forma de zigzag se puede identificar fácilmente una longitud de onda. La longitud de onda de la forma en zigzag es preferiblemente menor que la longitud de tendido final FL de la hebra de refuerzo, por ejemplo, es la mitad de esa longitud de onda. La amplitud de la forma en zigzag puede ser muy pequeña, por ejemplo, puede ser menos de la mitad del diámetro del filamento de acero, pero preferiblemente más de una décima parte del diámetro del filamento de acero. Para evitar dudas: con "amplitud" se entiende el doble de la desviación máxima del centro del filamento de acero respecto del eje del núcleo cuando se mueve a lo largo del núcleo.

60 La forma en zigzag se impone convenientemente al alambre de acero guiándolo a través de un par de ruedas ondulatoras. Las "ruedas ondulatoras" son como un par de engranajes entrelazados, pero en donde los dientes son redondeados y están separados por una pequeña distancia entre sí para permitir el paso del alambre de acero.

65 En un ejemplo alternativo, se pueden imponer dos formas en zigzag en direcciones mutuamente ortogonales. Las formas en zigzag pueden ser diferentes en amplitud y longitud de onda. Al girar alrededor de su eje, la proyección del

núcleo en un plano paralelo al eje del núcleo mostrará alternativamente el primer ondulado con su amplitud y longitud de onda asociadas y, después de una rotación de aproximadamente 90°, el segundo ondulado con su amplitud y longitud de onda. Entre las dos posiciones, las dos ondulaciones se superponen y la forma aparece como no regular.

5 El filamento de acero deformado en zigzag simple o el filamento de acero deformado en zigzag doble también se pueden torcer con la misma longitud de tendido final de la hebra de refuerzo, que son otros ejemplos más.

10 En otro ejemplo alternativo, el alambre de núcleo de acero único puede tener una forma helicoidal con codos orientados hacia afuera. La longitud de tendido de la forma helicoidal es preferiblemente igual a la longitud de tendido final FL de la hebra de refuerzo. La distancia axial entre codos es preferiblemente inferior a la mitad de la longitud de tendido final FL, por ejemplo, la distancia axial entre codos es de aproximadamente FL/N, siendo N el número de filamentos de la capa intermedia. De nuevo la amplitud, que en este caso es el diámetro de un cilindro que rodea el alambre de núcleo menos el diámetro del alambre de acero, está entre 0,5 y 0,1 veces el diámetro del alambre de acero. Esta forma del filamento de núcleo se puede obtener guiando el filamento de acero sobre una rueda de deformación poligonal mientras el filamento de núcleo gira alrededor de su eje.

15 La ventaja de tener un núcleo que es un único filamento de acero que comprende codos con segmentos rectos entre ellos es que los codos proporcionan al núcleo lugares para el pandeo preferido. Si, mediante cualquiera que sea el uso de la hebra de refuerzo, el núcleo se comprime, los codos primero cederán y permitirán que el alambre del núcleo reduzca su longitud axial de forma controlada. Si los codos no están presentes, el alambre recto acumulará la compresión a lo largo de una distancia mucho más larga hasta el punto de que el filamento de acero del núcleo puede incluso ser empujado fuera de la hebra de refuerzo.

20 Una forma alternativa de obtener un núcleo resistente a la compresión es evitar por completo la presencia de un filamento deformado helicoidal de orden cero, es decir, un filamento recto.

25 Una forma de evitar la presencia de un único filamento recto en el núcleo es proporcionar el núcleo como una hebra que comprende dos, tres o cuatro filamentos de acero del núcleo, que es la materia de una sexta realización preferida. Los más preferidos son dos o tres, por ejemplo, tres. Estos filamentos de acero de núcleo se retuercen entre sí con una longitud de tendido del núcleo que es diferente de la longitud de tendido final FL de la hebra de refuerzo. Preferiblemente, la longitud de tendido del núcleo es más corta que FL, por ejemplo, la mitad de FL. La dirección de tendido del núcleo puede ser opuesta a la dirección de tendido de la hebra de refuerzo, pero es más preferible la misma dirección de tendido. Debido al trenzado de los dos, tres o cuatro filamentos de acero de núcleo, pueden soportar mejor la compresión, ya que los alambres tienen una deformación helicoidal.

30 Aún más preferidas son las construcciones de tendido uniforme que no tienen un filamento de deformación helicoidal de orden cero, es decir, que no tienen alambre recto a lo largo del núcleo. Una realización muy preferida es una construcción semi-Warrington de 12 alambres que comprende un núcleo-núcleo formado por 3 filamentos retorcidos entre sí. Un "núcleo-núcleo" debe interpretarse como "el núcleo de una hebra de núcleo". En los rebajes formados por los filamentos se anidan 3 filamentos exteriores más grandes. Entre cada par de los 3 filamentos exteriores más grandes se coloca un par de filamentos más pequeños. Se da un ejemplo en el documento US 4829760. Otra realización igualmente preferida es una construcción semi-Warrington de 9 alambres que comprende un núcleo-núcleo de 3 alambres finos y una cubierta de seis alambres de tamaño mediano y grande alternados. Un cordón de este tipo se describe en el documento US 3358435.

35 Alternativamente, en una séptima realización preferida, el núcleo puede ser una hebra que comprende un núcleo-núcleo y 5, 6 o 7 filamentos exteriores del núcleo. Los filamentos de acero exteriores del núcleo se retuercen alrededor del núcleo-núcleo con una longitud de tendido del núcleo que es diferente de la longitud de tendido final de la hebra de refuerzo. Preferiblemente, la longitud de tendido del núcleo es menor que la longitud de tendido final FL de la hebra de refuerzo. La dirección de tendido del núcleo puede ser opuesta a la dirección de tendido de la hebra de refuerzo, pero es preferible la misma dirección de tendido. En una séptima realización alternativa, el núcleo-núcleo puede ser un alambre de acero único recto o puede ser un alambre de acero único que tiene codos con segmentos rectos entremedio. El núcleo-núcleo puede soportar mejor la compresión ya que tiene un diámetro muy fino y/o está provisto de codos. Alternativamente, el núcleo-núcleo puede ser nuevamente una hebra, por ejemplo, una hebra de 3x1.

40 En una séptima realización alternativa, se pueden considerar construcciones Warrington para el núcleo, tales como el tipo Warrington 16 (1+5+5|5), el tipo Warrington 19 (1+6+6|6) o incluso el tipo Warrington 22 (1+7+7|7) como son conocido en la técnica. Aún más preferido es que el núcleo se desvíe de la construcción de tipo Warrington de la misma manera de acuerdo con la invención en la que existe una segunda longitud de tendido de cierre que es entre dos y seis veces la segunda longitud de tendido final de la longitud de tendido intermedia del núcleo.

45 En otra octava realización más, el núcleo puede ser por sí mismo un cordón con capas tal como 1+6+12 o 3+9+15, en donde cada capa sucesiva de filamentos se retuerce alrededor del núcleo o de la hebra formada intermedicamente con una longitud de tendido diferente, pero preferiblemente con la misma dirección de tendido que la de la hebra de refuerzo. En todas las realizaciones preferidas, los filamentos de acero están provistos de un revestimiento metálico o de una aleación de revestimiento metálico. Dicha aleación se puede utilizar para impartir protección contra la corrosión

ES 2 986 576 T3

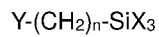
al acero o para hacer que los filamentos se adhieran a un polímero o para combinar ambas: protección contra la corrosión y adhesión. Los revestimientos resistentes a la corrosión son, por ejemplo, zinc o una aleación de zinc y aluminio. El más preferido es un revestimiento por inmersión en caliente con bajo contenido de zinc, como se describe en el documento EP 1280958. Tal revestimiento de zinc tiene un espesor inferior a dos micrómetros, preferiblemente inferior a un micrómetro, por ejemplo, 0,5 µm. Entre el revestimiento de zinc y el acero se encuentra una capa de aleación de zinc-hierro.

Los revestimientos adhesivos metálicos preferidos son, por ejemplo, revestimientos de latón (aleaciones de cobre y zinc) cuando la hebra de refuerzo está destinada a reforzar el caucho. También se pueden utilizar los llamados "latones ternarios", como cobre-zinc-níquel (por ejemplo, 64 % en peso/35,5 % en peso/0,5 % en peso) y cobre-zinc-cobalto (por ejemplo, 64 % en peso/35,7 % en peso/0,3 % en peso), o un sistema de adhesión libre de cobre como zinc-níquel o zinc-cobalto.

Como alternativa a los revestimientos metálicos o como complemento a los mismos, se dota a la hebra de refuerzo de un revestimiento orgánico o de una imprimación. Cabe señalar que basta con que la hebra de refuerzo en su conjunto pueda estar provista de un revestimiento o imprimación orgánica, es decir, no es necesario que los filamentos del núcleo o de la capa intermedia estén revestidos con un revestimiento o imprimación orgánica. En otras palabras: sólo la superficie exterior de la hebra de refuerzo debe estar provista de un revestimiento o imprimación orgánica como se explica, por ejemplo, en la solicitud EP2366047.

La imprimación se elige para mejorar la adhesión al polímero en donde se pretende utilizar la hebra de refuerzo. Las imprimaciones orgánicas típicas son las basadas en resina fenólica, epoxi, cianoacrilato o acrílica como, por ejemplo, las comercializadas con el nombre comercial Loctite®.

Sin embargo, estos revestimientos son relativamente gruesos (más de un micrómetro) y pueden requerir bastante tiempo de procesamiento. Por lo tanto, se prefiere un revestimiento orgánico nanoscópico extraído del grupo que comprende o consiste en silanos organofuncionales, circonatos organofuncionales y titanatos organofuncionales. Preferiblemente, pero no exclusivamente, las imprimaciones de silano organofuncionales se seleccionan entre los compuestos de la siguiente fórmula:



en donde:

Y

representa un grupo organofuncional seleccionado entre -NH₂, CH₂=CH-, CH₂=C(CH₃)COO-, 2,3-epoxipropoxi, HS- y Cl-

X

representa un grupo funcional de silicio seleccionado entre -OR, -OC(=O)R", -Cl en donde R y R" se seleccionan independientemente entre alquilo C1 a C4, preferiblemente -CH₃ y C₂H₅; y

n

es un número entero entre 0 y 10, preferiblemente de 0 a 10 y lo más preferiblemente de 0 a 3

Los silanos organofuncionales descritos anteriormente son productos disponibles comercialmente. Estas imprimaciones son particularmente adecuadas para obtener adherencia con poliuretanos. El revestimiento orgánico tiene un espesor de menos de 1 micrómetro, preferiblemente menos de 500 nanómetros, tal como entre 5 y 200 nm. Se prefieren los revestimientos finos de este tamaño ya que siguen la superficie exterior de la hebra de refuerzo de forma conformable y no obstruyen el relleno del polímero en los valles entre los filamentos de la capa exterior gracias a su delgadez.

Para todas las realizaciones, preferidas o no, alternativas o adiciones, es válido lo siguiente:

Siempre que en esta solicitud se hace referencia a "filamentos de acero", se entiende alambres de acero sustancialmente redondos con un diámetro de entre 0,02 y 0,40 mm, más preferiblemente entre 0,04 y 0,25 mm o entre 0,10 y 0,200. Cabe señalar que estos filamentos son mucho más delgados que los filamentos que se usan para fabricar hebras del tipo Warrington para usar en cuerdas pesadas (cuerdas con un diámetro superior a 12,7 mm). Allí no se produce el problema de la migración del núcleo, ya que los alambres son tan gruesos que pueden soportar fácilmente una gran compresión sin moverse.

Con "acero" se entiende cualquier tipo de acero. Preferiblemente se utiliza acero al carbono simple. Dicho acero comprende, generalmente, un contenido mínimo de carbono de 0,40 % en peso de C o al menos 0,70 % en peso de

C, pero más preferiblemente al menos 0,80 % en peso de C con un máximo de 1,1 % en peso de C, un contenido de manganeso que oscila entre 0,10 y 0,90 % en peso de Mn, los contenidos de azufre y fósforo se mantienen, cada uno, preferiblemente por debajo del 0,03 % en peso; también se pueden añadir elementos de microaleación adicionales tales como cromo (hasta 0,2 a 0,4 % en peso), boro, cobalto, níquel y vanadio (una enumeración no exhaustiva). Dichos filamentos de acero al carbono se pueden producir con resistencias superiores a 2000 MPa, preferiblemente superiores a 2700 MPa, mientras que ahora las resistencias superiores a 3000 MPa se están volviendo comunes y se están haciendo avances para resistencias superiores a 3500 MPa. También se prefieren los aceros inoxidable. Los aceros inoxidables contienen un mínimo de 12 % en peso de Cr y una cantidad sustancial de níquel. Los más preferidos son los aceros inoxidables austeníticos, que se prestan más al conformado en frío. Las composiciones más preferidas se conocen en la técnica como AISI (American Iron and Steel Institute) 302, AISI 301, AISI 304 y AISI 316 o aceros inoxidables dúplex conocidos según la norma EN 1.4462.

Según un segundo aspecto de la invención, tal como se define en la reivindicación 11 del método independiente, se divulga un método para fabricar una hebra de refuerzo que comprende o consiste en las siguientes etapas:

- Proporcionar un núcleo que tiene un diámetro de núcleo. El núcleo puede ser un solo alambre de acero recto, un solo alambre de acero con codos que comprenden segmentos rectos entre los codos, una hebra con 2, 3 o 4 filamentos de acero retorcidos entre sí, o cualquier otro núcleo como se analiza en el primer aspecto de la invención;
- Proporcionar N primeros filamentos de acero que tengan un primer diámetro. El número "N" es preferiblemente igual a 5, 6, 7, 8 o 9, más preferiblemente 5, 6 o 7.
- Proporcionar N segundos filamentos de acero que tengan un segundo diámetro, mayor que dicho primer diámetro;
- Proporcionar N terceros filamentos de acero que tengan un tercer diámetro. Los segundos y terceros filamentos de acero pueden elegirse de manera que en la longitud final de tendido de las hebras de refuerzo no existan espacios entre los filamentos de la capa exterior;

el núcleo y los primeros, segundos y terceros filamentos de acero están dispuestos en carretes;

- Torcer el núcleo, los N primeros filamentos de acero, los N segundos filamentos de acero y los N terceros filamentos de acero juntos en una dirección de tendido y longitud de tendido de modo que los N primeros filamentos de acero formen una capa intermedia, los N segundos filamentos de acero y los N terceros filamentos de acero formen una capa exterior y en donde los N segundos y N terceros filamentos de acero de la capa ocupen posiciones alternas en la capa exterior.

La torsión del núcleo con los primeros, segundos y terceros filamentos de acero se puede realizar de una de las siguientes formas:

- Mediante cableado: durante el cableado, los propios filamentos de acero no reciben torsión por longitud de tendido de la hebra;
- Mediante agrupamiento: durante el agrupamiento los filamentos de acero obtienen una torsión de 360° por longitud de tendido de la hebra;

Una característica del método es que durante la torsión la longitud de tendido de la hebra se acorta intermedicamente hasta una longitud de tendido intermedia. Esta longitud de tendido intermedia se encuentra entre la longitud de tendido de cierre y el 83 % de la longitud de tendido final. A continuación, se desenrollan nuevamente los filamentos de acero hasta la longitud de tendido final. La longitud de tendido intermedia debe ser mayor o igual que la longitud de tendido de cierre. La longitud de tendido de cierre es, como hasta ahora, aquella longitud en la que los primeros filamentos de acero de la capa intermedia se tocan entre sí o, dicho de otro modo, cuando se cierra el espacio entre dichos filamentos. La longitud de tendido final es la longitud de tendido observada en la hebra tal como se entrega en el carrete receptor. La longitud de tendido final es entre dos y seis veces (valores límite incluidos) la longitud de tendido de cierre. Otros rangos preferidos para la longitud de tendido intermedia son:

- Entre la longitud de tendido de cierre y el 80 % de la longitud de tendido final;
- Entre la longitud de tendido de cierre y el 75 % de la longitud de tendido final;
- Entre la longitud de tendido de cierre y el 66 % de la longitud de tendido final.

Durante el acortamiento intermedio de la longitud de tendido ocurre lo siguiente:

- Los primeros filamentos de acero de la capa intermedia tienen suficiente espacio para retorcerse mientras adquieren una primera longitud adicional;
- Los filamentos de la capa exterior chocan entre sí y se "abrirán", es decir, la distancia radial entre el centro de la hebra y la capa exterior aumenta dando como resultado una segunda longitud extra tomada, siendo la segunda longitud extra mayor que la primera longitud extra;

cuando luego se desenrolla la hebra hasta la longitud de tendido final, los filamentos de la capa exterior agarran los filamentos de la capa intermedia y ponen los filamentos de la capa intermedia bajo tensión a medida que los filamentos alcanzan la longitud de tendido final. La tensión sobre los filamentos de la capa intermedia es la situación deseada ya que contrarresta la aparición de compresión en la capa intermedia.

En otra realización preferida del método, los segundos y terceros filamentos de acero de la capa exterior se comprimen radialmente hacia la capa intermedia cuando la hebra de refuerzo está en la longitud de tendido intermedia.

Según un tercer aspecto de la invención, en la reivindicación 13 se reivindica una hebra de refuerzo producida según cualquiera de los métodos descritos. La hebra de refuerzo tiene la propiedad de que al cortarla al menos los primeros filamentos de acero de la capa intermedia se retraen, retroceden y penetran en la hebra de refuerzo con respecto a la capa exterior en el extremo cortado. Posiblemente también el núcleo pueda retirarse hacia el interior del cordón.

Breve descripción de las figuras en los dibujos

La Figura 1 muestra la sección transversal de una construcción Warrington de la técnica anterior del tipo 1+6+6|6

La Figura 2 muestra la sección transversal de una hebra de refuerzo que no está de acuerdo con la invención, tal como se define en la reivindicación 1 del tipo 3+6+6|6 en su longitud de tendido final;

La Figura 3 muestra la sección transversal de la hebra de refuerzo de la invención de la figura 2 en la longitud de tendido de cierre;

La Figura 4 muestra la sección transversal de una realización de la invención alternativa de la hebra de refuerzo del tipo 3+7+7|7 en la longitud de tendido final;

La Figura 5 muestra la sección transversal de otra realización alternativa de la invención de la hebra de refuerzo del tipo (1+6)+7+7|7.

La Figura 6 muestra una sección transversal de una correa para ascensor de la invención con las hebras de refuerzo;

La Figura 7 muestra una manera de implementar el método de la invención para fabricar la hebra de refuerzo.

La Figura 8 muestra una vista transversal de una realización de la hebra de refuerzo en donde el núcleo tiene una construcción de disposición uniforme.

En las figuras, los elementos similares de varias realizaciones llevan la misma unidad y el mismo dígito de decenas. La centena se refiere al número de la cifra.

Modo(s) de llevar a cabo la invención

Al llevar la invención a la práctica se deben tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- Una "construcción" de un cordón de acero que comprende filamentos de acero está determinada únicamente por los diámetros de los filamentos, las longitudes de tendido y cómo están dispuestos los filamentos en una sección transversal;
- El diámetro de los filamentos de acero se puede medir hasta el micrómetro (μm). El diámetro de un filamento redondo es el promedio del diámetro del calibre más grande y más pequeño. Los filamentos cuya diferencia entre el diámetro de calibre mayor y menor sea inferior a $7 \mu\text{m}$ se consideran "redondos";
- La tolerancia en los diámetros de los filamentos de acero se establece entre -4 y $+4$ micrómetros (μm) del diámetro nominal. Por lo tanto, dos filamentos que muestren una diferencia de diámetro menor de $8 \mu\text{m}$ ($8 \mu\text{m}$ no incluidos) se considerarán del mismo diámetro;

- La tolerancia en las longitudes de tendido está entre -5 % y +5 % del valor nominal. La longitud de tendido se determina según los "Internationally agreed methods for testing steel tyre cord" (Métodos acordados internacionalmente para probar cables de acero para neumáticos), Capítulo E4 "Determination of Length and Direction of Lay" (Determinación de la longitud y dirección de tendido) publicados por BISFA, "The International Bureau for the Standardisation of Man-made Fibres" (La Oficina Internacional para la Normalización de Fibras Artificiales).
- La disposición de los filamentos se determina en una sección transversal del cordón. Se toman secciones transversales en el centro de una muestra de cordón de al menos 10 cm que se vierte en una resina epoxi para fijar los filamentos, la resina con el cordón se corta perpendicular al cordón y se pule.
- La longitud del tendido de cierre se calcula según la fórmula {1} basándose en los diámetros medidos del núcleo y el diámetro y número de filamentos de la capa intermedia.

La figura 1 muestra una sección transversal de una hebra Warrington 100 tal como se la conoce. Comprende un núcleo 102 que está rodeado por 6 primeros filamentos de acero 104 dispuestos circunferencialmente alrededor del núcleo en una capa intermedia. El núcleo es, en este caso, un único filamento de acero que tiene un diámetro de núcleo. Los 6 primeros filamentos de acero 104 tienen todos un primer diámetro. La capa exterior comprende 12 filamentos dispuestos circunferencialmente alrededor de la capa intermedia. Todos los filamentos se retuercen alrededor del núcleo con la misma longitud de tendido final y dirección de torsión. 6 de los filamentos de acero de la capa exterior, marcados con 106, tienen un segundo diámetro, mientras que los seis filamentos 108 de la capa exterior restantes tienen un tercer diámetro. Los segundo y tercer diámetros se eligen de manera que todos los filamentos de la capa exterior sean tangentes a un único círculo circunscrito 110.

El diámetro total de la hebra es de 3 mm. El diámetro del núcleo es de 663 µm, el primer diámetro es de 651 µm, el segundo diámetro es de 519 µm y el tercer diámetro es de 681 µm. La longitud de tendido de los filamentos es de 24 mm, es decir, 8 veces el diámetro de la hebra. La relación entre el diámetro mayor y el menor es 1,312 y el factor de llenado es 81,8 %. Entre los filamentos de la capa intermedia no existen espacios. Este tipo de hebra es popular como hebra exterior de cuerdas de ascensor conocidas.

La figura 2 muestra otro ejemplo 200 que no está de acuerdo con la invención según la reivindicación 1 ("dW21"). Tiene un núcleo 203 que comprende tres filamentos 202 de un tamaño de 120 µm de diámetro retorcidos entre sí en un tendido de 3,8 mm en la dirección Z. El núcleo 203 tiene así un diámetro "d₀" de 259 µm. Los filamentos de acero de capa intermedia 204 tienen un primer diámetro de 210 µm. El número N se ha fijado en 6. La capa intermedia está rodeada por una capa exterior formada por 12 filamentos de acero: 6 segundos filamentos de acero 206 y 6 terceros filamentos de acero 208. El segundo diámetro es de 223 µm. El tercer diámetro es de 170 µm. El primer radio 205 es de 130 µm. El segundo radio 212 es de 500 µm, el tercer radio 210 es de 510 µm. El primer, segundo y tercer radio se pueden calcular mediante trigonometría simple a partir de los tamaños de filamento medidos y/o a partir de una sección transversal. El espacio entre los filamentos de la capa exterior en la longitud de tendido final es de 11 µm. El diámetro de la hebra es por tanto de 1,02 mm.

De la fórmula {1} se deduce que la longitud de tendido CL es de 2,56 mm. A esta longitud de tendido se cierra el espacio entre los filamentos intermedios. La longitud de tendido final con la que se retuercen entre sí los filamentos del núcleo, la capa intermedia y los filamentos de la capa exterior en el producto final es de 10 mm. Por lo tanto, la longitud de tendido final está entre 2×CL, es decir, 5,12 mm, y 6×CL, es decir, 15,36 mm.

Esta hebra de refuerzo resultó ser una gran mejora con respecto al cordón multihebra de 7×3×0,15 que es bien conocido para reforzar correas síncronas. Este último se compone de 7 hebras retorcidas entre sí en un tendido de 8 mm en dirección S (alternativamente Z), de las cuales cada hebra consta de tres filamentos retorcidos entre sí 9 mm en la dirección Z (alternativamente S). Cabe destacar que tanto dW21 como 7×3×0,15 tienen el mismo número de filamentos.

En la Tabla 1 se muestra una comparación de los principales parámetros de ambos:

Tabla 1

Parámetro	dW21	7×3×0,15
Diámetro (mm)	1,02	0,91
Carga de rotura real (N)	1 750	950
Sección metálica (mm ²)	0,59	0,37
Factor de llenado (%)	72	57
Rigidez axial entre 2 y 10 % de MBL (N/%)	978	563
Módulo en región lineal (N/mm ²)	187 000	175 000

5 Con "MBL" se entiende la "carga mínima de rotura". Esta es la carga de rotura más baja que se puede esperar según la variación estadística de 6 sigma. A los efectos de esta aplicación, se establece en un 7 % menos que la carga de rotura real.

10 Con "Rigidez axial entre 2 y 10 % de MBL" (EA) se entiende la relación de diferencia de carga ΔF entre 2 a 10 % del MBL (en N) dividido por $\Delta \epsilon$ la diferencia de alargamiento (en %) entre estos puntos. Es una medida importante para el alargamiento en la región de trabajo de la hebra de refuerzo. En la fórmula: $\Delta F = (EA) \Delta \epsilon$.

15 El "módulo en la región lineal" se toma en una región de la curva de alargamiento de carga que es lineal, por ejemplo, en una región por encima del 10 % de la MBL.

20 Cuando se utiliza en una correa tal como una correa para ascensor o una correa síncrona, la hebra de refuerzo según la invención muestra las siguientes características ventajosas:

- La resistencia por diámetro es mucho mayor, lo que implica que, para el mismo paso de cordones de refuerzo en la correa, se puede obtener una resistencia mucho mayor. De hecho, la resistencia del dW21 es casi el doble en comparación con 7x3x0,15. Esto se debe a los contactos lineales en la hebra de refuerzo y no a los contactos puntuales en los cordones multihebra. Esto también abre la posibilidad de utilizar filamentos de mayor resistencia a la tracción.
- En la región de trabajo de la correa, la rigidez axial de la hebra de refuerzo es mayor en comparación con la del cordón multihebra. Esta es una mejora importante ya que la correa se alargará menos para la misma cantidad de cordones.

25 Para sorpresa de los inventores, la hebra de refuerzo no mostró ninguna migración del núcleo en pruebas prolongadas en correas. De hecho, pruebas anteriores de cordones del tipo Warrington, como los que se muestran en la Figura 1, pero de un tamaño más pequeño, en correas mostraron, inevitablemente, una migración del núcleo.

30 Los inventores atribuyen esto a dos características principales:

- El uso de un núcleo existente a partir de una hebra de 3x1. La forma helicoidal de los filamentos acepta más compresión que un único filamento recto;
- La presencia de espacios en la capa intermedia permite que los filamentos de acero presentes en ella adopten posiciones ligeramente diferentes, absorbiendo así la compresión sin desprenderse.

35 La figura 4 muestra una implementación "dW24" de la hebra de refuerzo 400 con N igual a 7 según la invención. Se describe mediante la siguiente fórmula (los paréntesis indican diferentes etapas de torsión, los números representan los diámetros de los filamentos en milímetros, los subíndices indican la longitud de tendido final en mm y la dirección):

$$[(3 \times 0,18)_{5,6s} + 7 \times 0,26 + 7 \times 0,285]_{0,18}]_{15s}$$

40 El núcleo 403 es una hebra de 3x1 de tres filamentos 402 de 0,18 retorcidos entre sí en un tendido de 5,6 mm en la dirección "s". Alrededor del núcleo 403 está presente una capa intermedia de 7 filamentos de acero 404 con un primer diámetro de 0,260 mm. En la capa exterior, filamentos 406 de 0,285 mm se alternan con filamentos 408 de 0,18 mm. La imagen especular es igualmente posible (todas las direcciones de tendido invertidas).

50 Las características geométricas importantes se identifican en la Tabla 2 a continuación:

Tabla 2

Diámetro del núcleo 403 "d ₀ " (µm)	388
Primer diámetro "d ₁ " 404 (µm)	260
N	7
Longitud de tendido de cierre CL (mm)	4,46
2xCL	8,92
6xCL	26,76
Longitud de tendido final FL (mm)	15
Primer radio 405 (µm)	454

Segundo radio 412 (µm)	634
Tercer radio 410 (µm)	656
Diferencia relativa segundo para tercer radio (%)	3,3
Espacio entre filamentos de la capa exterior (µm)	1

5 En la Tabla 3, las propiedades mecánicas de esta hebra de refuerzo se comparan con las de una construcción de 7×7 de 1,6 mm de diámetro que es muy popular para reforzar correas para ascensor de refuerzo (véase el documento US 6739433).

Tabla 3

Parámetro	dW24	7×7/1,6
Diámetro (mm)	1,30	1,61
Carga de rotura real (N)	3 054	3 200
Sección metálica (mm ²)	1,07	1,30
Factor de llenado (%)	76	64
Rigidez axial entre 2 y 10 % de MBL (N/%)	1 624	1 250

10 Aunque el 7x7/1,6 tiene un diámetro mayor, la rigidez axial en la zona de trabajo (del 2 al 10 % del MBL) es menor que la de la hebra de refuerzo según la invención. El cordón está en prueba y no muestra migración de núcleo.

La figura 5 y la Tabla 4 describen otra realización según la invención que es de la siguiente forma:

$$[(0,24+6 \times 0,23)_{7,2z} + 9 \times 0,33 + 9 \times 0,30 | 0,21]_{16,8z}$$

15 La fórmula debe leerse de la misma forma que en el ejemplo anterior. La imagen especular (toda en la dirección "s") tendrá las mismas propiedades.

20 Tabla 4

Diámetro del núcleo 503 "d ₀ " (µm)	700
Primer diámetro 504 "d ₁ " (µm)	330
N	9
Longitud de tendido de cierre CL (mm)	8,14
2×CL	16,3
4×CL	32,6
Longitud de tendido final FL (mm)	16,8
Primer radio 505 (µm)	680
Segundo radio (µm) 512	901
Tercer radio (µm) 510	890
Diferencia relativa segundo para tercer radio (%)	1,2
Espacio entre filamentos de la capa exterior (µm)	4

Al comparar los datos mecánicos con 7×7 de igual diámetro 1,8 mm se obtiene la siguiente Tabla 5:

25 Tabla 5

Parámetro	dW34	7×7/1,8
Diámetro (mm)	1,80	1,80
Carga de rotura real (N)	5 900	3 965

Parámetro	dW34	7×7/1,8
Sección metálica (mm ²)	2,01	1,54
Factor de llenado (%)	79	61
Rigidez axial entre 2 y 10 % de MBL (N/%)	2 734	1 570

5 Para el mismo diámetro de 1,80 mm se obtiene una carga de rotura mucho mayor. Además, la rigidez axial en la región de trabajo de entre el 2 y el 10 % de la MBL es mucho mayor. Esto da como resultado un comportamiento axialmente más rígido en la zona en la que se utiliza el refuerzo, por ejemplo, en la región de trabajo de una correa.

En una alternativa de esta realización según la invención, el núcleo (1+6) se reemplaza con una construcción de tendido igual del siguiente tipo:

$$10 \quad [(3 \times 0,18 + 3 \times 0,15 | 0,22 | 0,15)_{7,2z} + 9 \times 0,33 + 9 \times 0,30 | 0,21]_{16,8z}$$

15 En la figura 8 se muestra una sección transversal de la hebra de refuerzo con dicho núcleo. Los filamentos de la capa exterior son como los de la Figura 5. Sólo el núcleo es diferente. El núcleo-núcleo está formado por tres filamentos 801 de diámetro 0,18. La notación 3×0,15|0,22|0,15 indica que la capa exterior del núcleo está formada por tres grupos de tres filamentos cada vez: un filamento medio de mayor tamaño (0,22 mm, indicado 802) que tiene dos filamentos vecinos de menor diámetro (0,15 mm, indicados). Esto da como resultado un núcleo bastante redondo con un diámetro de 0,70 mm.

20 En todos los ejemplos anteriores, los alambres se galvanizan por inmersión en caliente con un peso de revestimiento de 5 gramos por kilogramo de hebra.

25 La figura 6 muestra dicha cadena 600 que está reforzada con las hebras de refuerzo 604 según la invención. Es una correa plana adecuada como correa para ascensor. Tiene un ancho "W" de 38,5 mm y un espesor "t" de 4,5 mm. Las 10 hebras de refuerzo 604 se extienden paralelas entre sí a lo largo de la longitud de la correa 600. La lente 606 muestra el refuerzo según la realización dW21. El paso "p" entre las hebras (de centro a centro) es de 3,25 mm, es decir, aproximadamente 2,5 veces el diámetro de la hebra de refuerzo. Se mantienen en su posición mediante una camisa de polímero de poliuretano 602. La correa tiene una carga de rotura de 30 kN.

30 Aunque la hebra de refuerzo dW21 tiene cierta rugosidad superficial debido a los diferentes segundo y tercero radios, esta rugosidad superficial es mucho menor que la de, por ejemplo, un cordón del tipo 7×7. Si bien para un cordón de 7×7 el uso de un adhesivo no es absolutamente necesario, resulta beneficioso utilizar una imprimación orgánica para favorecer la adhesión entre la hebra de refuerzo según la invención y la camisa de polímero. Para el caso descrito se utilizó un silano organofuncional. Se necesitaron 650 N para sacar de la hebra de refuerzo una longitud de 12,5 mm. La fuerza de adhesión por unidad de longitud es, por tanto, de 52 N/mm, que es mayor que 30 veces el diámetro de la hebra de refuerzo, es decir, 39 N por mm de hebra incrustada.

35 Una correa síncrona se construye de manera muy similar a la correa 600 excepto que un lado de la correa está provisto de dientes para engancharse con una polea dentada. Las demás consideraciones relativas a la correa para ascensor también son válidas para este tipo de cinta.

40 El método para fabricar la hebra de refuerzo se describirá ahora por medio de la figura 3 y la figura 7. La figura 7 muestra el método 700 en su forma más general. Un dispositivo de torsión 702 retuerce los N primeros filamentos de acero de la capa intermedia 724 y los N segundos 726 y N terceros filamentos de acero 728 alrededor del núcleo 722 con una cierta longitud de tendido final indicada con el sombreado 706 (dirección Z). La hebra 704 es el resultado de esta operación. El dispositivo de torsión 702 puede ser una máquina de cableado o una máquina para fabricar cordones que son dispositivos conocidos como tales en la técnica.

45 Esta hebra 704 se guía luego a través de un primer conjunto de poleas de restricción de torsión 708, un falso torcedor 712 y un segundo conjunto de poleas de restricción de torsión 716. Las poleas de restricción de torsión y los falsos torcedores se conocen como tales en la técnica. En la región entre las poleas de restricción de torsión 708 y el falso torcedor 712, la longitud de tendido de la hebra de refuerzo se acorta a la longitud de tendido intermedia como lo indica el sombreado 710. De esta manera se forma la hebra de refuerzo intermedia 705. Cuando se avanza hasta después del falso torcedor 712, la longitud de tendido intermedia se alarga nuevamente hasta la longitud de tendido final 714 (igual a 706) después de las poleas de restricción de torsión 716. Finalmente, la hebra de refuerzo 715 se enrolla en la bobina 718.

55 Al considerar la primera realización, la sección transversal en 704 se ve como se muestra en la Figura 2. Al entrar ahora en la región entre las poleas de restricción de torsión 708 y el falso torcedor 712, la longitud de tendido se

5 acortará cuando el falso torcedor gire en el sentido horario cuando se ve desde el lado de las poleas de restricción de torsión 708. La sección transversal de la figura 2 evolucionará así hacia la sección transversal de la figura 3. La figura 3 muestra la sección transversal de la primera realización, pero con una longitud de tendido más corta que la longitud de tendido final, en este caso justo en la longitud de tendido de cierre. Los filamentos de la capa intermedia 304 se retuercen alrededor del núcleo 303 sin un movimiento radial de los filamentos de la capa intermedia hasta el punto en que no se forma ningún espacio entre los filamentos de la capa intermedia.

10 Sin embargo, en la capa exterior no hay suficiente espacio entre el segundo y tercer filamentos de acero y la capa exterior sólo puede moverse en dirección hacia afuera. Los filamentos se fuerzan a una posición radialmente exterior indicada por el círculo 314 y el radio "R". Cuando ahora salga del falso torcedor 712, la capa exterior sujetará la capa intermedia y la estirará en la región desde el falso torcedor 712 hasta las poleas de restricción de torsión 716. Debido a esto, la capa intermedia queda bajo tensión, que es el estado de tensión preferido. También en esta región se eliminan las torsiones adicionales de la hebra de refuerzo y la hebra recupera su longitud de tendido final. La sección transversal de la hebra de refuerzo devuelve lo que se muestra en la figura 2. Cabe destacar que la longitud de tendido de la hebra intermedia siempre debe ser más corta que la longitud de tendido final, ya que de lo contrario no se produce este efecto ventajoso.

20 El efecto se puede mejorar aún más comprimiendo radialmente los filamentos de acero de la capa exterior hacia la capa intermedia. Esto se puede hacer, por ejemplo, mediante la introducción de un medio de compresión 720 que puede tener la forma de poleas tales como poleas de restricción de torsión, un enderezador o incluso una matriz de cableado del diámetro correcto.

25 En una realización alternativa del método, el dispositivo de torsión 702 puede ser una devanadora simple que desenrolla el producto que muestra migración del núcleo. Al tratar el cordón existente con el mismo método, se puede corregir el cordón para que no presente migración del núcleo. Naturalmente, las características estructurales de la hebra de refuerzo deben corresponder a las reivindicaciones, de lo contrario el método no funcionará.

30 Al cortar el extremo de la hebra de refuerzo, el uso del método es bien reconocible ya que la capa intermedia se retraerá dentro del extremo cortado con respecto a la capa exterior de filamentos. Este es el estado de tensión preferido de los filamentos de la capa intermedia.

REIVINDICACIONES

1. Una hebra de refuerzo (400, 500, 800) para reforzar un artículo de polímero, comprendiendo dicha hebra de refuerzo un núcleo (403, 503, 803) que tiene un diámetro de núcleo y filamentos de acero (404, 406, 408; 501, 502, 504, 506, 508; 801, 811, 804, 806, 808),
 5 estando organizados dichos filamentos de acero en
 - una capa intermedia que comprende N primeros filamentos de acero (404, 504, 804) dispuestos circunferencialmente alrededor de dicho núcleo, en donde N es igual a 5, 6, 7, 8 o 9, teniendo dichos primeros filamentos de acero un primer diámetro, dicho diámetro de núcleo y dicho primer diámetro siendo tales que se forma un espacio entre dichos primeros
 10 filamentos de acero y
 - una capa exterior que comprende 2N filamentos de acero (406, 408; 506, 508; 806, 808) dispuestos circunferencialmente alrededor de dicha capa intermedia, dichos filamentos de acero de dicha capa intermedia y dicha capa exterior estando retorcidos alrededor de dicho núcleo con la misma longitud y dirección de tendido final,
 15 **caracterizada por que**
 dicha longitud de tendido final es mayor que dos veces y menor que seis veces la longitud de tendido de cierre, siendo dicha longitud de tendido de cierre esa longitud de tendido en la que se cierra el espacio entre dichos primeros filamentos (404, 504, 804) de la capa intermedia y en donde no hay espacio entre los filamentos de la capa exterior (406, 408; 506, 508; 806, 808) en la longitud de tendido final.
 20
2. La hebra de refuerzo (400, 500, 800) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha capa exterior comprende
 - N segundos filamentos de acero de un segundo diámetro (406; 506; 806), siendo dichos N segundos filamentos de acero tangentes a un segundo círculo circunscrito (412; 512; 812) que tiene un segundo radio y;
 25 - N terceros filamentos de acero de un tercer diámetro (408; 508; 808), siendo dichos N terceros filamentos de acero tangentes a un tercer círculo circunscrito (412; 512; 812) que tiene un tercer radio;
 siendo dicho segundo diámetro mayor que dicho tercer diámetro, dichos segundos filamentos de acero y dichos terceros filamentos de acero ocupan posiciones alternas en dicha capa exterior, en donde el segundo radio es mayor que el tercer radio.
- 30 3. La hebra de refuerzo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde dicho núcleo es un único filamento de acero que comprende codos con segmentos rectos entremedio.
4. La hebra de refuerzo (400, 800) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde dicho núcleo (403, 803) es una hebra de tendido igual en donde todos los filamentos de acero del núcleo (402; 801, 802, 811) están libres de deformaciones helicoidales de orden cero y están retorcidos en conjunto con una longitud de tendido del núcleo diferente de la longitud de tendido final de dicha hebra de refuerzo.
 35
5. La hebra de refuerzo (400) de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el número de filamentos de acero del núcleo (403) es dos, tres o cuatro y dichos filamentos de acero del núcleo tienen el mismo diámetro.
 40
6. La hebra de refuerzo (800) de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el número de filamentos de acero del núcleo es nueve o doce (803) y en donde los filamentos de acero del núcleo (801, 802, 811) están dispuestos en una construcción semi-Warrington.
- 45 7. La hebra de refuerzo (500) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde dicho núcleo (503) es una hebra que comprende un núcleo-núcleo (501) y 5, 6 o 7 filamentos de acero exteriores (502) de núcleo retorcidos alrededor de dicho núcleo-núcleo con una longitud de tendido del núcleo diferente de la longitud de tendido final de dicha hebra de refuerzo.
- 50 8. La hebra de refuerzo (400, 500, 800) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde dichos filamentos de acero de dicha hebra de refuerzo están provistos de un revestimiento metálico o una aleación de revestimiento metálico.
9. La hebra de refuerzo (400, 500, 800) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde dicha hebra de refuerzo está provista de una imprimación orgánica que promueve la adhesión a un polímero.
 55
10. La hebra de refuerzo (400, 500, 800) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicha imprimación orgánica es una del grupo que comprende silanos organofuncionales, circonatos organofuncionales o titanatos organofuncionales.
- 60 11. Un método para fabricar una hebra de refuerzo (700) que comprende las etapas de:
 - Proporcionar un núcleo (722) que tiene un diámetro de núcleo;
 - Proporcionar N primeros filamentos de acero que tienen un primer diámetro (724);
 - Proporcionar N segundos filamentos de acero que tienen un segundo diámetro (726), mayor que dicho primer diámetro;
 65 - Proporcionar N terceros filamentos de acero que tienen un tercer diámetro (728)

- Retorcer dicho núcleo (722), dichos **N** primeros filamentos de acero (724), dichos **N** segundos filamentos de acero (726) y dichos **N** terceros filamentos de acero (728) en conjunto en una dirección de tendido hasta la longitud de tendido final (706), en donde dichos **N** primeros filamentos de acero (724) forman una capa intermedia, dichos **N** segundos (726) y **N** terceros (728) filamentos de acero forman una capa exterior, dichos **N** segundos y **N** terceros filamentos de acero de la capa ocupando posiciones alternas en dicha capa exterior;

caracterizado por que

durante dicha torsión, la longitud de tendido intermedia (710) de los primeros, segundos y terceros filamentos de acero se acorta hasta entre la longitud de tendido de cierre y el 83 % de la longitud de tendido final y, posteriormente, los primeros, segundos y terceros filamentos de acero se desenrollan hasta dicha longitud de tendido final (706), por lo que dicha longitud de tendido intermedia permanece mayor o igual que la longitud de tendido de cierre, siendo dicha longitud de tendido de cierre esa longitud de tendido en la que los primeros filamentos de acero en dicha capa intermedia se tocan entre sí.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11 en donde en la longitud de tendido intermedia (710), los segundos (726) y terceros (728) filamentos de acero de la capa exterior se comprimen radialmente hacia dicha capa intermedia.

13. La hebra de refuerzo producida de acuerdo con el método de la reivindicación 11 o 12 (200, 400, 500, 800) **caracterizada por que**, al cortar la hebra de refuerzo formando así un extremo de la hebra de refuerzo, al menos dichos primeros filamentos de acero de dicha capa intermedia (206, 406, 506, 806) se retraen hacia el extremo de la hebra de refuerzo.

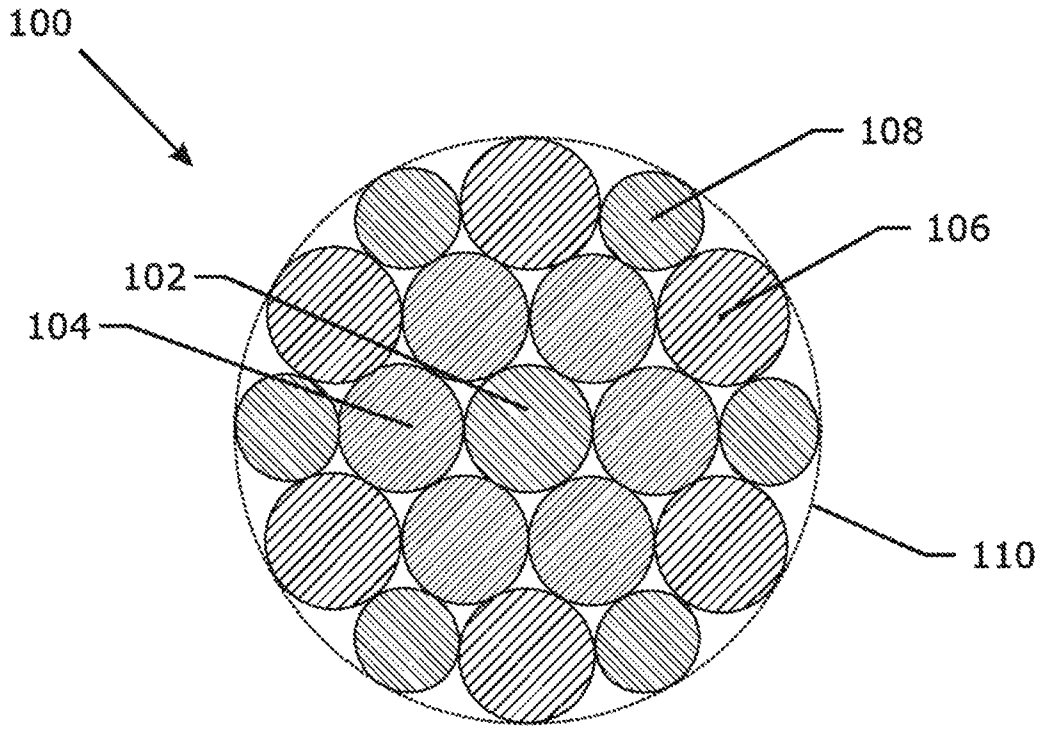


Fig. 1

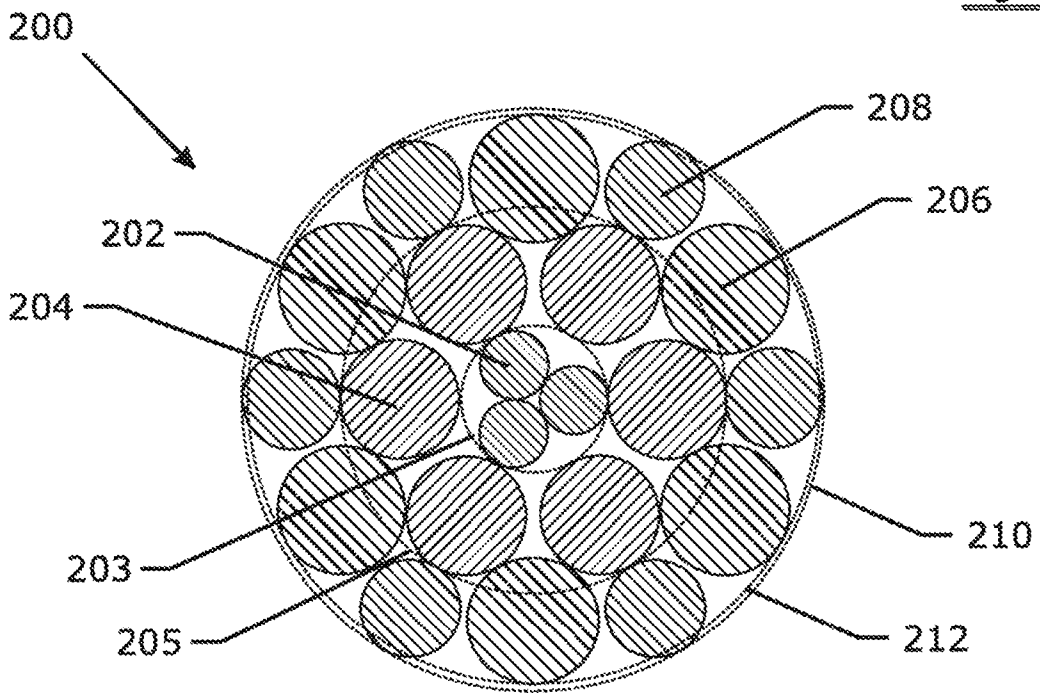


Fig. 2

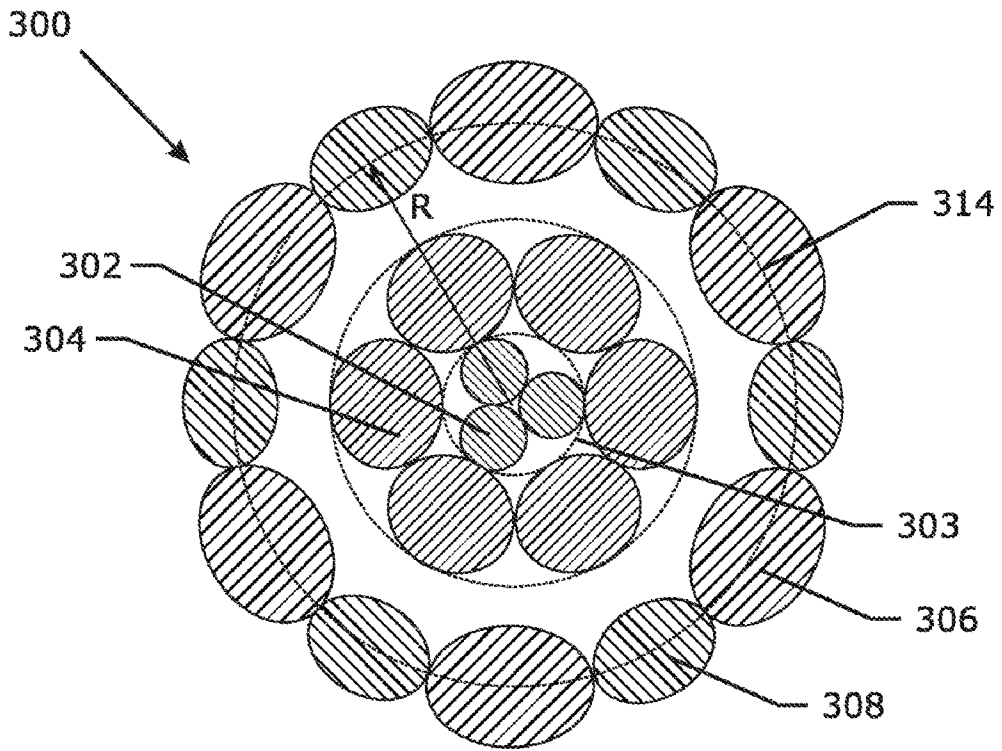


Fig. 3

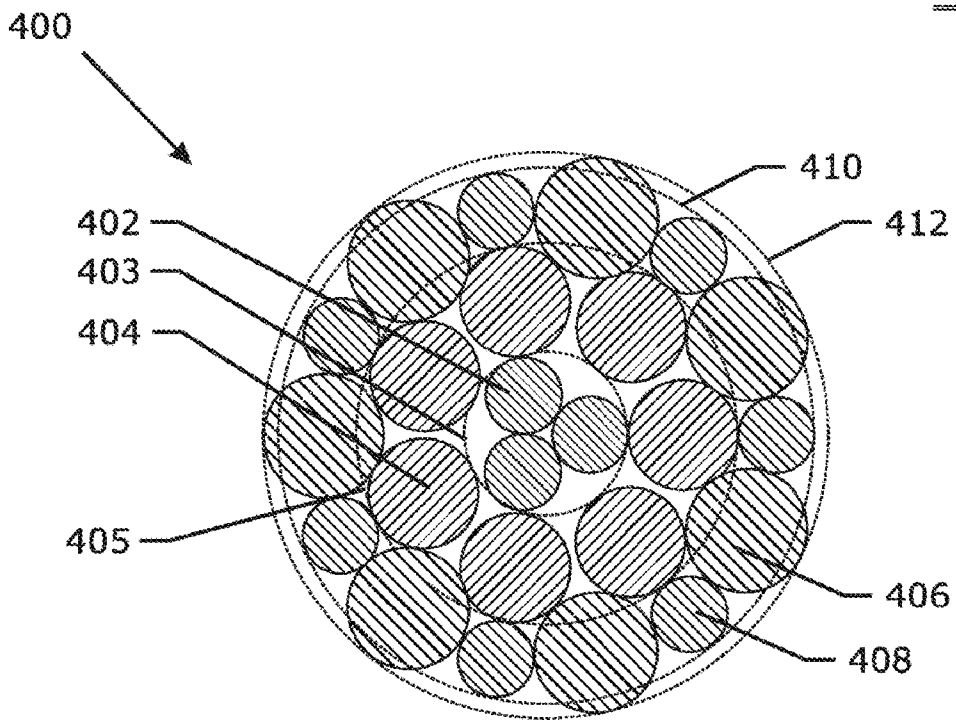


Fig. 4

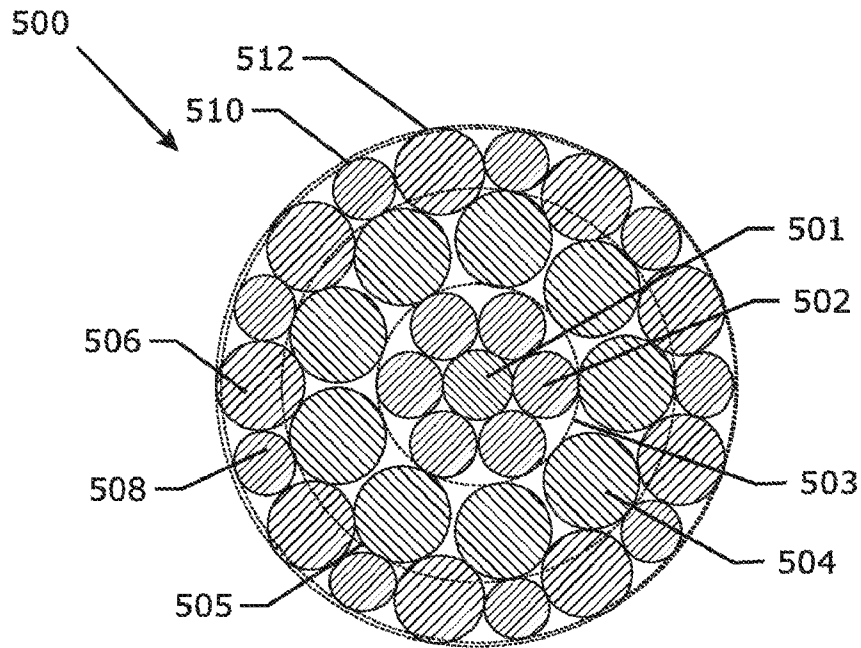


Fig. 5

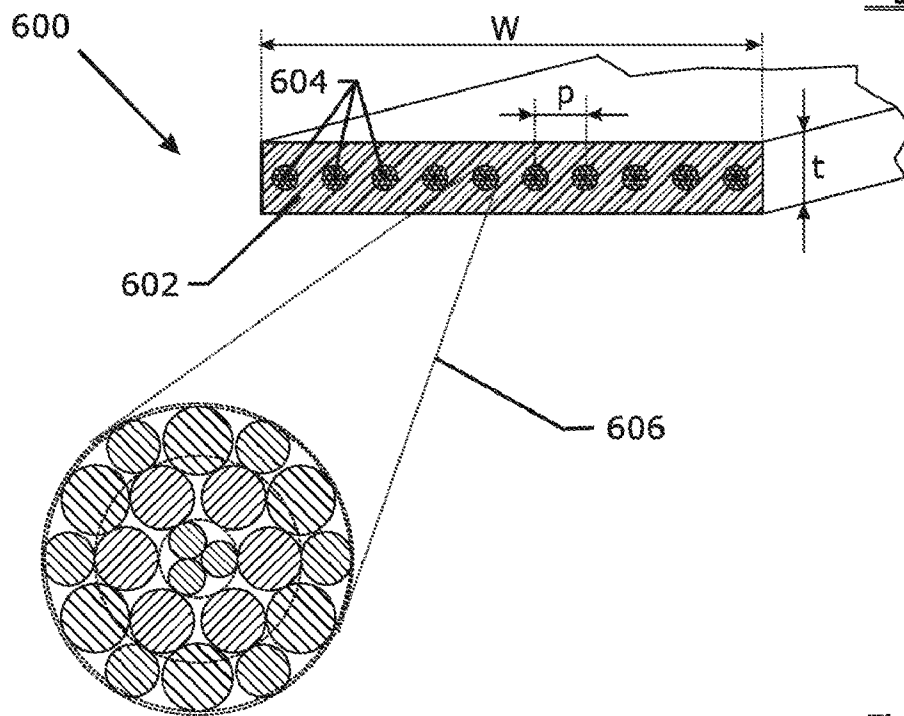


Fig. 6

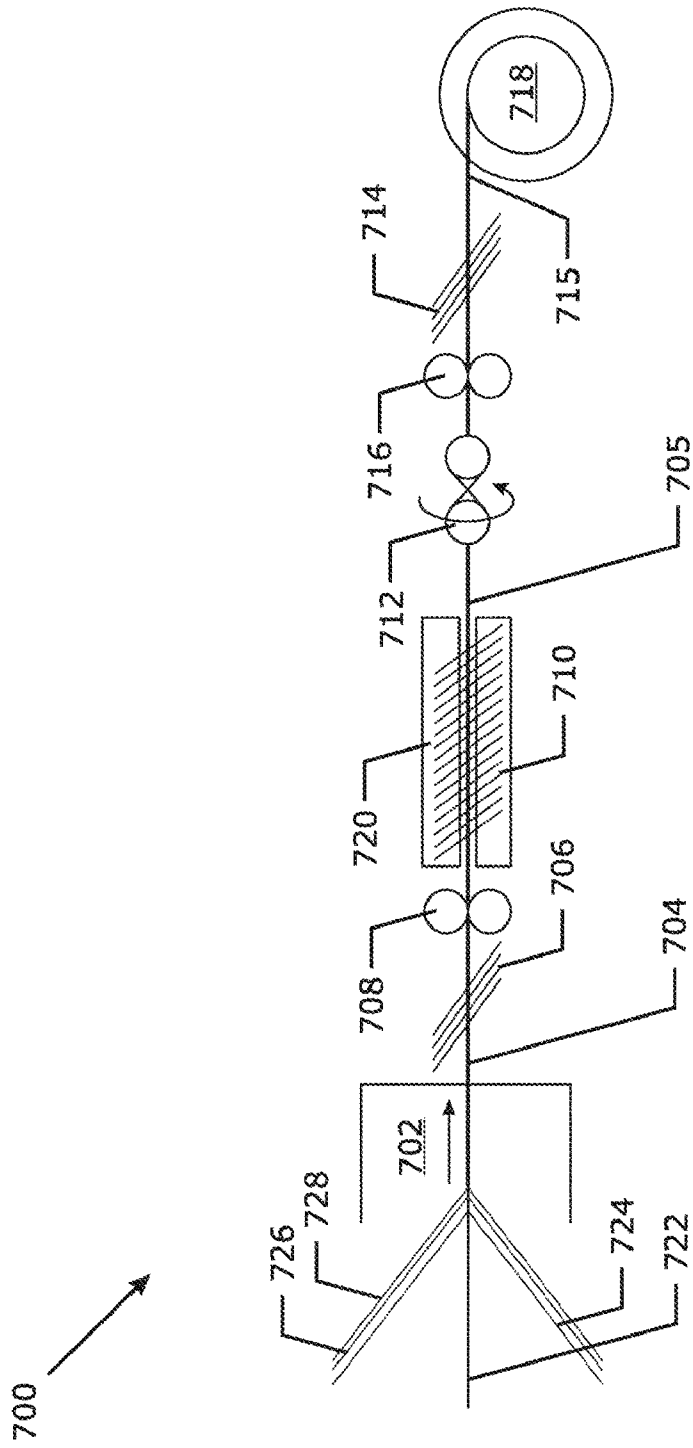


Fig. 7

800

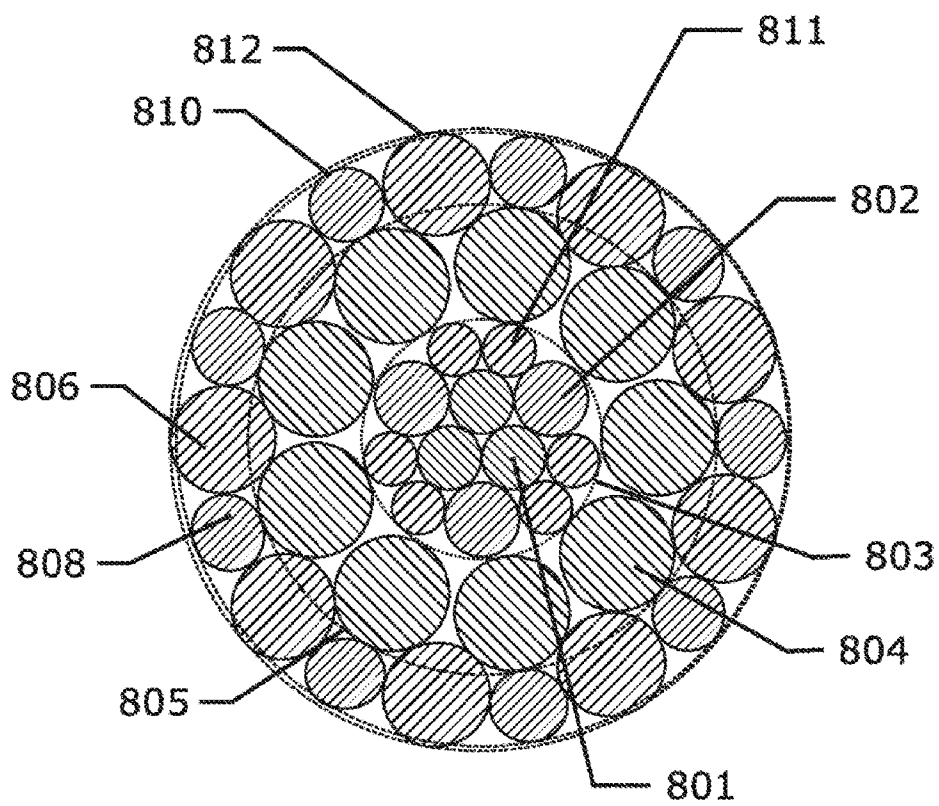



Fig. 8