

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 408**

51 Int. Cl.:

D07B 1/02 (2006.01)

D04C 1/12 (2006.01)

D07B 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2006 PCT/EP2006/011404**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.06.2007 WO07062803**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2006 E 06840948 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 1954870**

54 Título: **Cuerda que contiene fibras de polietileno de alto rendimiento**

30 Prioridad:

02.12.2005 EP 05077750

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

27.02.2017

73 Titular/es:

**DSM IP ASSETS B.V. (100.0%)
Het Overloon 1
6411 TE Heerlen, NL**

72 Inventor/es:

**BOSMAN, RIGOBERT y
DROGT, BEREND, ALBERT**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 603 408 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

Cuerda que contiene fibras de polietileno de alto rendimiento

La invención se refiere a una cuerda que comprende fibras de polietileno de alto rendimiento, dicha cuerda es especialmente adecuada para aplicaciones de torsión-sobre-polea. La invención también se refiere al uso de dicha cuerda como un miembro de soporte de carga en aplicaciones de torsión-sobre-polea.

Dicha cuerda se conoce a partir de los documentos US 5901632, EP1306471 A2 y WO2006/086338 anteriormente presentados y publicados después de la fecha de presentación de la presente solicitud. En el documento US 5901632 por ejemplo, se describe una cuerda trenzada de diámetro grande, dicha cuerda contiene una pluralidad de filamentos que se han trenzado entre sí, preferiblemente a partir de hilos de cuerda que contienen fibras de polímero de alta resistencia. En las formas de realización más preferidas indicadas, la cuerda es una trenza circular de 12 filamentos dos por arriba/dos por debajo, en donde cada filamento es en sí mismo una trenza de 12 filamentos elaborada de fibras de polietileno de alto rendimiento (HPPE) (estructura 12x12).

Una cuerda para aplicaciones de torsión-sobre-polea que está dentro del contexto de la presente solicitud se considera que es una cuerda de soporte de carga típicamente utilizada en aplicaciones de levantamiento y de anclaje; tales como aplicaciones marinas, oceanográficas, para reservas de petróleo y gas en alta mar, sísmicas, de pesca comercial y otros mercados industriales. Durante estos usos, conjuntamente denominados como aplicaciones de torsión-sobre-polea, la cuerda frecuentemente es tensada sobre tambores, bolardos, roldanas, poleas, etc., entre otros, lo que resulta en fricción y torsión. Cuando se expone a dicha torsión o flexión frecuente, una cuerda puede fallar debido al daño de la cuerda y de la fibra que resulta de la abrasión externa e interna, calor por fricción, etc.; dicho fallo por fatiga frecuentemente se refiere como fatiga por torsión o fatiga por flexión.

Para reducir la fatiga por flexión de una cuerda en aplicaciones de torsión-sobre-polea, generalmente se recomienda el uso de una polea (u otra superficie) con un diámetro de al menos 8 veces el diámetro de la cuerda. Con el fin de reducir la pérdida de fuerza en una cuerda, que resulta de la abrasión externa, se proporciona una cubierta conocida, por ejemplo un forro tejido o trenzado, a la cuerda o a los filamentos en la cuerda. Sin embargo, estas cubiertas incrementan el diámetro y rigidez de la cuerda, y añaden peso y coste, pero no contribuyen a la capacidad de soporte de carga de la cuerda; y no es posible la inspección visual directa de los elementos de soporte de carga. Con el fin de reducir, entre otros, la pérdida de fuerza resultante de la abrasión interna entre las fibras de la cuerda, en el documento US 6945153 B2 se propone la aplicación de una mezcla específica de fibras de polímero a los filamentos de la cuerda.

La publicación US 6945153 B2 describe una cuerda trenzada de estructura análoga a la de la publicación US 5901632, en donde los filamentos contienen una mezcla de fibras de polietileno de alto rendimiento y fibras de polímero liotrópico o termotrópico, en una relación de 40:60 a 60:40. Se indica que las fibras cristalinas líquidas liotrópicas o termotrópicas, como poliamidas aromáticas (aramidas) o polibisoxazoles (PBO) proporcionan una buena resistencia a la rotura por fluencia, pero son muy susceptibles a la auto-abrasión; mientras que se señala que las fibras de HPPE exhiben la menor cantidad de abrasión fibra a fibra, pero son propensas a deformación por fluencia lenta.

Sin embargo, un inconveniente de las cuerdas conocidas, sigue siendo una vida útil limitada cuando se expone a torsión o flexión frecuente. En consecuencia, existe una necesidad en la industria de cuerdas que muestren un mejor rendimiento en aplicaciones cíclicas de torsión-sobre-polea durante tiempo prolongado.

Por lo tanto, el objeto de la invención es proporcionar dicha cuerda que muestre un rendimiento mejorado.

Este objeto se consigue según la invención con una cuerda que contiene una pluralidad de filamentos que comprenden una mezcla de fibras de polietileno de alto rendimiento (HPPE) y fibras de politetrafluoroetileno (PTFE) a una relación de masas de HPPE a PTFE de 70:30 a 98:2 para la cuerda en total, en donde la cuerda tiene un diámetro de al menos 2 mm.

Sorprendentemente, se obtiene una cuerda que tiene unas propiedades óptimas. La cuerda tiene una fatiga por flexión mejorada y aun así tiene una alta rigidez y alta resistencia.

La cuerda según la invención muestra un rendimiento de vida útil notablemente mejorada en aplicaciones cíclicas de torsión-sobre-polea, lo cual es sorprendente ya que, aunque las PTFE como tal se le conoce, entre otros aspectos, por sus propiedades lubricantes, en por ejemplo el documento US 6945153 B2 se afirma claramente que los hilos de HPPE muestran el mejor rendimiento a la abrasión en las cuerdas.

Otras ventajas de la cuerda según la invención incluyen que durante el uso se genera menos calor, por ejemplo como un resultado de la fricción inter filamento y/o inter fibra; lo que reduce el riesgo de que las fibras de HPPE muestren alargamiento por fluencia. Por lo tanto, una cuerda que comprende una alta cantidad de fibras de HPPE se puede aplicar con seguridad en aplicaciones a largo plazo, siempre y cuando se diseñe y se utilice correctamente;

por ejemplo previniendo situaciones de sobrecarga (contra la máxima capacidad del diseño). La cuerda tiene una alta eficiencia de resistencia, es decir, la resistencia de la cuerda es un porcentaje relativamente alto de la resistencia de las fibras que la constituyen. La cuerda también muestra un buen rendimiento en los tornos para tracción y almacenamiento, y se puede inspeccionar fácilmente en caso de un posible daño.

5 Por lo tanto, la presente invención también se refiere al uso de una cuerda de estructura y composición como se detalló adicionalmente en esta solicitud como un miembro de soporte de carga en aplicaciones de torsión-sobre-polea, por ejemplo en aplicaciones de izado.

10 La cuerda según la invención puede ser de diversas estructuras, incluyendo sin trama, trenzada, en paralelo (con recubrimiento), y cuerdas fabricadas de manera similar a cables de alambre. El número de filamentos en la cuerda también puede variar ampliamente, pero generalmente es de al menos 3 y preferiblemente como máximo 16, para llegar a una combinación de buen rendimiento y facilidad de fabricación.

15 Preferiblemente, la cuerda según la invención es de una estructura trenzada, para proporcionar una cuerda sólida y con par equilibrado que conserva su cohesión durante el uso. Hay varios tipos de trenza conocidos, en general cada uno se distingue por el método de formación de la cuerda. Las estructuras adecuadas incluyen trenzas tipo cordoncillo, trenzas tubulares, y trenzas planas. Las trenzas tubulares o circulares son las trenzas más comunes para aplicaciones de cuerda y generalmente comprenden dos conjuntos de filamentos que se entrelazan, con diferentes patrones posibles. El número de filamentos en una trenza tubular puede variar ampliamente. Especialmente si el número de filamentos es alto, y/o si los filamentos son relativamente delgados, la trenza tubular puede tener un núcleo hueco; y la trenza puede colapsar en una forma oblonga. Si no se desea esto, la trenza puede contener un miembro de núcleo, que puede ser una cuerda elaborada de diversas fibras de polímero; preferiblemente fibras de HPPE; dicha trenza conservará mejor su forma durante el uso.

20 El número de filamentos en una cuerda trenzada según la invención es de al menos 3. Un número creciente de filamentos tiende a reducir la eficiencia de resistencia de la cuerda. Por lo tanto, el número de filamentos preferiblemente es como máximo 16, dependiendo del tipo de trenza. Las cuerdas de una estructura de 8- o 12-filamentos trenzados son particularmente adecuadas. Dichas cuerdas proporcionan una combinación favorable de tenacidad y resistencia a la fatiga por flexión, y se pueden elaborar económicamente en máquinas relativamente simples.

25 La cuerda según la invención puede ser de una estructura en donde el coeficiente de torsión (el número de giros por metro en una estructura sin trama) o el intervalo de trenzado (es decir, la longitud de separación relacionada con la anchura de una cuerda trenzada) no es específicamente crítico. Los intervalos de trenzado adecuados están en el intervalo de 4 a 20. Un intervalo de trenzado mayor puede resultar en una cuerda más suelta que tiene mayor eficiencia de resistencia, pero que es menos sólida y más difícil de empalmar. Un intervalo de trenzado demasiado bajo podría reducir mucho la tenacidad. Por lo tanto, el intervalo de trenzado preferiblemente es de aproximadamente 5 - 15, más preferiblemente de 6 -10.

35 La cuerda según la invención puede tener un diámetro que varía entre los límites de anchura. La cuerda tiene un diámetro de al menos 2 mm, más preferiblemente de al menos 5 mm, incluso más preferiblemente de al menos 10 mm. Las cuerdas de menor diámetro, por ejemplo en el intervalo de 2 a 20 mm, típicamente se aplican como cordones en dispositivos mecánicos; tal como un mecanismo automotriz para elevación de la ventana de la puerta. Más preferiblemente la cuerda tiene un diámetro grande de al menos 20 mm. En el caso de una cuerda con una sección transversal oblonga, es más preciso definir el tamaño de una cuerda redonda por un diámetro equivalente; es decir el diámetro de una cuerda redonda de la misma masa por longitud que la cuerda no redonda. El diámetro de la cuerda se mide en la circunferencia más exterior de la cuerda. Esto es debido a los límites irregulares de las cuerdas definidos por los filamentos. Preferiblemente, la cuerda según la invención es una cuerda para trabajo pesado que tiene un diámetro equivalente de al menos 30 mm, más preferiblemente al menos 40, 50, 60, o incluso al menos 70 mm, ya que las ventajas de la invención se vuelven más relevantes cuanto mayor sea la cuerda. Las cuerdas más largas conocidas tienen diámetros de hasta aproximadamente 300 mm, típicamente las cuerdas utilizadas en instalaciones de aguas profundas tienen un diámetro de hasta aproximadamente 130 mm.

40 La cuerda según la invención puede tener una sección transversal que es aproximadamente circular o redonda, pero también puede tener una sección transversal oblonga, lo que significa que la sección transversal de una cuerda tensa muestra una forma aplanada, oval, o incluso (dependiendo del número de filamentos primarios) casi rectangular. Dicha sección transversal oblonga preferiblemente tiene una relación de aspecto, es decir, la relación del diámetro más grande con respecto al más pequeño (o relación del ancho con respecto a la altura), en el intervalo de 1,2 a 4,0. Los métodos para determinar la relación de aspecto se conocen por el experto; un ejemplo incluye medir las dimensiones exteriores de la cuerda, mientras se mantiene la cuerda tensa, o después de enrollar firmemente una cinta adhesiva alrededor de ella. La ventaja de dicha relación de aspecto es que durante la torsión cíclica se producen menos diferencias de tensión entre los filamentos en la cuerda, y se produce menos abrasión y calor friccional, lo que resulta en una mayor vida de fatiga por torsión. La sección transversal preferiblemente tiene una relación de aspecto de aproximadamente 1,3 - 3,0, más preferiblemente de aproximadamente 1,4-2,0.

En la cuerda según la invención, la estructura de los filamentos, también referidos como filamentos primarios, no es específicamente crítica. El experto puede seleccionar estructuras adecuadas como filamentos sin trama o trenzados, y el coeficiente de torsión o intervalo de trenzado respectivamente, de tal manera que se obtiene una cuerda equilibrada y sin par de fuerza.

En una forma de realización especial de la invención cada filamento primario es en sí mismo una cuerda trenzada. Preferiblemente, los filamentos son trenzas circulares elaboradas de un número par de filamentos secundarios, también denominadas hilos de cuerda, que comprenden fibras de polímero. El número de filamentos secundarios no está limitado, y puede tener un intervalo, por ejemplo, de 6 a 32; con 8, 12 o 16 siendo preferidos en vista de la maquinaria disponible para la realización de dichas trenzas. El experto en la técnica puede elegir el tipo de estructura y título de los filamentos en relación con la estructura final deseada y el tamaño de la cuerda, con base en su conocimiento o con ayuda de algunos cálculos o experimentación.

Los filamentos o hilos de cuerda secundarios que contienen fibras de polímero pueden ser de diversas estructuras, de nuevo dependiendo de la cuerda deseada. Las estructuras adecuadas incluyen fibras retorcidas; pero también se pueden utilizar cuerdas o cordones trenzados, como una trenza circular. Las estructuras adecuadas se mencionan por ejemplo en el documento US 5901632.

Dentro del contexto de la presente invención, se entiende que las fibras se refieren a cuerpos elongados de longitud indefinida y con dimensión de longitud mucho mayor que la anchura y el espesor. Por consiguiente, el término fibra incluye un monofilamento, un hilo multifilamento, un listón, una tira o cinta y similares, y puede tener secciones transversales regulares o irregulares. El término fibras también incluye una pluralidad de cualquiera o una combinación de los anteriores.

Las fibras que tienen la forma de monofilamentos o las fibras similares a cinta pueden ser de diversos títulos, pero típicamente tienen un título en el intervalo de 10 a varios miles de dtex, preferiblemente en el intervalo de 100 a 2500 dtex, más preferiblemente 200-2000 dtex. Los hilos multi-filamento contienen una pluralidad de filamentos que tienen un título típicamente en el intervalo de 0,2 - 25 dtex, preferiblemente de aproximadamente 0,5-20 dtex. El título de un hilo multifilamento también puede variar ampliamente, por ejemplo de 50 a varios miles de dtex, pero preferiblemente está en el intervalo de aproximadamente 200-4000 dtex, más preferiblemente 300-3000 dtex.

La cuerda según la invención contiene una pluralidad de filamentos que comprenden fibras de polietileno de alto rendimiento (HPPE). En el presente documento se entiende que las fibras de HPPE son fibras elaboradas de polietileno de ultra-alta masa molecular (también denominado polietileno de ultra-alto peso molecular; UHMWPE), y que tiene una tenacidad de al menos 2,0, preferiblemente al menos 2,5 o al menos 3,0 N/tex. La resistencia a la tracción, también simplemente resistencia, o tenacidad de las fibras se determina por métodos conocidos, con base en ASTM D885-85 o D2256-97. No hay razón para un límite superior de la tenacidad de las fibras de HPPE en la cuerda, pero las fibras disponibles típicamente son de una tenacidad máxima de aproximadamente 5 a 6 N/tex. Las fibras de HPPE también tienen un alto módulo de elasticidad, por ejemplo, de al menos 75 N/tex, preferiblemente al menos 100 o al menos 125 N/tex. Las fibras de HPPE también se refieren como fibras de polietileno de alto módulo.

En una forma de realización preferida, las fibras de HPPE en la cuerda según la invención son uno o más hilos multifilamento.

Las fibras, filamentos e hilo multi-filamento de HPPE, se pueden preparar mediante hilado de una solución de UHMWPE en un disolvente adecuado en fibras de gel y tensar las fibras antes, durante y/o después de la eliminación parcial o completa del disolvente; es decir a través de un proceso denominado hilado en gel. El hilado en gel de una solución de UHMWPE se conoce bien por el experto; y se describe en numerosas publicaciones, incluyendo los documentos EP 0205960 A, EP 0213208 A1, US 4413110, GB 2042414 A, EP 0200547 B1, EP 0472114 B1, WO 01/73173 A1, y en Advanced Fiber Spinning Technology, Ed. T. Nakajima, Woodhead Publ. Ltd (1994), ISBN 1-855-73182-7, y en las referencias aquí citadas.

Se entiende que UHMWPE es un polietileno que tiene una viscosidad intrínseca (IV, como se mide en solución en decalina a 135°C) de al menos 5 dl/g, preferiblemente de entre aproximadamente 8 y 40 dl/g. La viscosidad intrínseca es una medida de la masa molar (también denominado peso molecular) que se puede determinar más fácilmente que los parámetros actuales de masa molar como M_n y M_w . Hay varias relaciones empíricas entre IV y M_w , pero dicha relación es dependiente de la distribución de la masa molar. Con base en la ecuación $M_w = 5,37 * 10^4 [IV]^{1,37}$ (véase el documento EP 0504954 A1) una IV de 8 dl/g podría ser equivalente a M_w de aproximadamente 930 kg/mol. Preferiblemente, el UHMWPE es un polietileno lineal con menos de una ramificación por cada 100 átomos de carbono, y preferiblemente menos de una ramificación por cada 300 átomos de carbono; una ramificación o cadena lateral o ramificación de cadena usualmente contiene al menos 10 átomos de carbono. El polietileno lineal puede contener además hasta 5 moles% de uno o más comonomeros, tales como alquenos similares a propileno, buteno, penteno, 4-metilpenteno u octeno.

- En una forma de realización preferida, el UHMWPE contiene una pequeña cantidad, preferiblemente al menos 0,2, o al menos 0,3 por cada 1000 átomos de carbono, de grupos relativamente pequeños como grupos laterales pendientes, preferiblemente un grupo alquilo de C1-C4. Dicha fibra muestra una combinación ventajosa de alta resistencia y resistencia a la fluencia. Sin embargo, si un grupo lateral es demasiado grande, o si la cantidad de grupos laterales es demasiado alta, afecta negativamente el proceso de fabricación de fibras. Por esta razón, el UHMWPE preferiblemente contiene grupos laterales de metilo o etilo, más preferiblemente grupos laterales de metilo. Preferiblemente, la cantidad de grupos laterales es como máximo 20, más preferiblemente como máximo 10, 5 o como máximo 3 por cada 1000 átomos de carbono.
- Las fibras de HPPE en la cuerda según la invención pueden contener además pequeñas cantidades, generalmente menos de 5% en masa, preferiblemente menos de 3% en masa de aditivos habituales, tales como anti-oxidantes, estabilizadores térmicos, colorantes, promotores de flujo, etc. El UHMWPE puede ser un polímero de un solo grado, pero también una mezcla de dos o más polietilenos de diferentes grados, por ejemplo, que difieren en IV o en la distribución de la masa molar, y/o en el tipo y número de comonomeros o grupos laterales.
- La cuerda según la invención contiene una pluralidad de filamentos que comprenden una mezcla de fibras de HPPE y PTFE. En el presente documento se entiende que las fibras de PTFE son fibras elaboradas de polímero de politetrafluoropoliétileno. Las fibras de PTFE tienen una tenacidad que es significativamente menor que la de las fibras de HPPE, y no tienen una contribución eficaz a la tenacidad estática de la cuerda. No obstante, las fibras de PTFE preferiblemente tienen una tenacidad de al menos 0,3, preferiblemente al menos 0,4 o al menos 0,5 N/tex, con el fin de evitar la rotura de las fibras durante la manipulación, se mezcla con las fibras de HPPE y/o durante la elaboración de la cuerda. No hay razón para un límite superior de la tenacidad de las fibras de PTFE, pero típicamente las fibras disponibles son de una tenacidad como máximo de aproximadamente 1 N/tex. Las fibras de PTFE típicamente tienen una elongación a la rotura que es mayor que la de las fibras de HPPE.
- Las propiedades de las fibras de PTFE y los métodos de elaboración de dichas fibras se han descrito en numerosas publicaciones, incluyendo los documentos EP 0648869 A1, US 3655853, US 3953566, US5061561, US 6117547, y US 5686033.
- Se entiende que el polímero de PTFE es un polímero elaborado de tetrafluoroetileno como monómero principal. Preferiblemente, el polímero contiene menos de 4 moles%, más preferiblemente menos de 2 o 1 mol% de otros monómeros, tales como etileno, clorotrifluoroetileno, hexafluoropropileno, perfluoropropil viniléter y similares. PTFE generalmente es un polímero de muy alta masa molar, con alto punto de fusión y alta cristalinidad, lo que hace virtualmente imposible fundir el material. Su solubilidad en disolventes también está muy limitada. Por lo tanto, las fibras de PTFE típicamente se elaboran mediante la extrusión de mezclas de PTFE y opcionalmente otros componentes por debajo del punto de fusión de PTFE dentro de una fibra precursora, por ejemplo un monofilamento, cinta o lámina, seguido de pasos de procesamiento similares a la sinterización, y/o post-estiramiento de los productos a temperaturas elevadas. Por lo tanto, las fibras de PTFE típicamente están en la forma de una o más estructuras similares a monofilamento o a cinta, por ejemplo algunas estructuras similares a cinta retorcidas en un producto similar a hilo. Las fibras de PTFE generalmente tienen cierta porosidad, dependiendo del proceso aplicado para la elaboración de una fibra precursora y de las condiciones de post-estiramiento aplicadas. Las densidades aparentes de las fibras de PTFE pueden variar ampliamente, los productos adecuados tienen densidades en el intervalo de aproximadamente 1,2 a 2,5 g/cm³.
- En la cuerda según la invención preferiblemente se han combinado las fibras de HPPE y las fibras de PTFE para formar hilos de cuerda, que forman los filamentos en la cuerda. Todos los filamentos primarios y secundarios en la cuerda según la invención pueden contener aproximadamente el mismo índice de masa de HPPE a PTFE, pero dicho índice también puede ser diferente para dichos filamentos (el índice de masa promedio para la cuerda en total estando en el intervalo indicado). En una forma de realización, las fibras de PTFE están específicamente presentes en esos hilos de cuerda de un filamento que están en contacto directo con otros filamentos; con el hilo de cuerda oculto dentro de un filamento que consiste esencialmente de HPPE. También es posible que la cuerda según la invención contenga una pluralidad de filamentos que comprenden las fibras de HPPE y las fibras de PTFE y además uno o más filamentos que consisten de fibras de HPPE, las fibras adicionales no siendo fibras de PTFE, o de una mezcla de fibras de HPPE y fibras adicionales. Dichos filamentos preferiblemente son el núcleo de la cuerda.
- La cuerda según la invención contiene una pluralidad de filamentos que comprenden una mezcla de fibras de HPPE y fibras de PTFE en un índice de masa de 70:30 a 98:2. Un mayor contenido de fibras de PTFE añadirá más acción lubricante a los filamentos e incrementará la vida útil cuando se exponga a la torsión frecuente de la cuerda. Preferiblemente, el índice de masa de las fibras de HPPE con respecto a las fibras de PTFE es como máximo 97:3, más preferiblemente como máximo 96:4, 95:5, 94:6, 93:7 o incluso 92:8. Sin embargo, puesto que las fibras de PTFE no contribuyen o casi no contribuyen a la resistencia de la cuerda, su cantidad no debe ser demasiado alta. Preferiblemente, la relación de masas de las fibras HPPE y de las fibras PTFE es consecuentemente de al menos 74:26, 78:22, 80:20, o incluso 82:18.
- Los filamentos primarios en la cuerda según la invención pueden contener otros componentes además de dicha

mezcla de fibras; como otras fibras, recubrimientos y similares. Preferiblemente, los filamentos contienen como máximo 25% en masa, más preferiblemente como máximo 20 o 15% en masa de los otros componentes.

La cuerda según la invención que contiene filamentos primarios significa que los filamentos primarios son los constituyentes principales que le proporcionan a la cuerda sus propiedades de soporte de carga. La cuerda además puede comprender componentes auxiliares para mejorar aún más el rendimiento o para proporcionar ciertas propiedades adicionales, como se podría saber por un experto. Los ejemplos incluyen cierto filamento de cuerda auxiliar o fibra con, por ejemplo, propiedades eléctricamente conductoras o de transmisión de luz, un cambio en dicha propiedad puede servir, por ejemplo, como un indicador de que se ha producido una situación de sobrecarga. La cuerda también puede comprender cualquier recubrimiento o encolado habitual, dicho recubrimiento puede proteger a la cuerda o actuar como lubricante para mejorar de manera adicional la resistencia a la abrasión. Los materiales para recubrimiento adecuados para dicho propósito generalmente se aplican como dispersiones acuosas, por ejemplo de polímeros termoplásticos o compuestos bituminosos. Preferiblemente, la cuerda contiene menos de aproximadamente 25, o menos de 20 o 15% de masa de otros componentes.

Una cuerda trenzada de aproximadamente 5 mm diámetro elaborada de hilos multifilamento de HPPE se evaluó con una prueba de torsión reversa, utilizando 3 rodillos lo que resultó en 6 deformaciones por torsión por ciclo. La prueba se realizó bajo condiciones ambientales, pulverizando agua sobre la cuerda. La cuerda mostró una resistencia a la torsión cíclica (vida de fatiga por torsión) de aproximadamente 400 ciclos antes de que ocurriera la falla. La repetición de la prueba con otras dos piezas de la misma cuerda, pero ahora provista de aproximadamente 15% en masa de dos materiales para recubrimiento, uno a base de compuestos bituminosos y el otro a base de compuestos de silicona resultó en aproximadamente 1000 and 1300 ciclos hasta la falla, respectivamente. Se elaboró una cuerda de estructura similar, en donde los filamentos comprenden una mezcla de aproximadamente 86% en masa de hilo de HPPE y aproximadamente 14% en masa de fibra de PTFE similar a cinta de dimensiones típicas para uso como, por ejemplo, hilo dental. Sin ningún recubrimiento aplicado, esta cuerda falla después de unos 5000 ciclos. La misma cuerda de HPPE/PTFE recubierta con un recubrimiento de silicona (aproximadamente 11% en masa de compuestos de silicona con base en la masa total de la cuerda) aún no muestra falla después de 15000 ciclos.

La invención además se refiere a una cuerda que contiene una pluralidad de filamentos que comprende una mezcla de fibras de polietileno de alto-rendimiento y fibras de politetrafluoroetileno en un índice de masa de 70:30 a 98:2, dicha cuerda además contiene aproximadamente de 2 a 20% en masa de compuestos de silicona (con base en la masa total de la cuerda). Dicha cuerda muestra una mejora adicional sorprendentemente alta en el tiempo de vida de fatiga por torsión, en combinación con propiedades de resistencia favorables, y resistencia a la abrasión.

Preferiblemente, la cuerda según la invención contiene aproximadamente 3-18, 4-16 o incluso aproximadamente 5-15% en masa de compuestos de silicona.

El término compuestos de silicona se utiliza en el presente documento para compuestos en los que los átomos de silicona están enlazados vía átomos de oxígeno, cada átomo de silicona porta uno o varios grupos orgánicos, usualmente metilo o fenilo. Las siliconas también se conocen como poliorganosiloxanos, y pueden ser lineales, cíclicas o una mezcla de estos. Los compuestos de silicona como los poliorganosiloxanos se pueden producir mediante la reacción de, por ejemplo, organodichlorosilanos con agua según métodos conocidos.

En una forma de realización especial de la invención, la cuerda ha sido post-estirada, o al menos sus filamentos primarios han sido post-estirados antes de ensamblarlos en la cuerda, preferiblemente a una temperatura en el intervalo de 100-120°C; para incrementar más las propiedades de resistencia de la cuerda. Dicho paso de post-estiramiento de la cuerda se describe en, entre otros los documentos EP 0398843 B1 o US 5901632.

Las fibras de PTFE se utilizan en numerosas aplicaciones exigentes debido a las buenas propiedades físicas del PTFE. Éste tiene excelente rendimiento a alta y baja temperatura, resistencia química, y resistencia al daño como un resultado de la exposición a la radiación ultravioleta. Las aplicaciones ejemplares de las fibras de PTFE incluyen su uso como hilo dental, soportes, y diversas membranas y telas transpirables pero aun así a prueba de agua, formados a partir de una amplia gama de procesos textiles incluyendo tejedura, trenzado, tejedura de punto y perforación con aguja. Las fibras de PTFE también se utilizan como un hilo de coser, pero su uso en cuerdas aún no ha sido publicado. Las fibras de PTFE sorprendentemente incrementan la vida útil de las cuerdas, especialmente de las cuerdas de mayor diámetro que frecuentemente se doblan durante el uso.

Preferiblemente el uso según la invención se relaciona con la aplicación de fibras de PTFE en combinación con las fibras de alto-rendimiento que tienen una tenacidad de al menos 2.0 N/tex en la elaboración de cuerdas para aplicaciones de torsión-sobre-polea; en donde el índice de masa de otras fibras con respecto a las fibras de PTFE es de 70:30 a 98:2. Más preferiblemente, las fibras de alto-rendimiento son fibras de HPPE.

La cuerda según la invención se puede elaborar con las técnicas conocidas para el ensamblaje de una cuerda a partir de fibras de polímero, y opcionalmente aplicando un recubrimiento de cuerda.

Un método preferido para la elaboración de una cuerda según la invención comprende los pasos de a) ensamblar las fibras de HPPE y las fibras de PTFE en un índice de masa de 70:30 a 98:2 para formar hilos de cuerda, b) opcionalmente ensamblar dos o más de dichos hilos de cuerda para formar filamentos, c) trenzar dichos hilos de cuerda o dichos filamentos para formar una cuerda, y d) opcionalmente aplicar un recubrimiento de cuerda.

5 Las formas de realización preferidas del método según la invención son análogas a aquellas anteriormente discutidas para la elaboración y/o composición de las fibras, hilos de cuerda, filamentos y recubrimiento.

10 El método según la invención puede comprender además un paso de empalme del extremo de un filamento primario con un extremo del siguiente filamento primario, por ejemplo cuando durante el trenzado un portador que contiene el filamento se vacía. De esta manera la longitud de la cuerda se puede extender hasta cualquier longitud deseada, sin la cuerda resultante que contiene puntos débiles que podría conducir a una menor resistencia a la rotura.

15 El método según la invención también puede comprender un paso de post-estiramiento de los filamentos primarios antes del paso de trenzado, o alternativamente un paso de post-estiramiento de la cuerda. Dicho paso de estiramiento preferiblemente se lleva a cabo a una temperatura elevada pero por debajo del punto de fusión de los filamentos (menor punto de fusión) en las fibras (=estiramiento por calor); preferiblemente a temperaturas en el intervalo de 100-120°C. Dicho paso de post-estiramiento se describe entre otros en el documento EP 398843 B1 o US 5901632.

20 Sorprendentemente la cuerda de conformidad con las reivindicaciones 1-12, que contiene las fibras de HPPE muestra una mejor fatiga a la flexión que aquellas cuerdas anteriormente conocidas. Por lo tanto la invención también se refiere a una cuerda que comprende fibras de HPPE y una cantidad suficiente de fibras de politetrafluoroetileno (PTFE) como se define por la reivindicación 1 para mejorar la fatiga a la flexión de la cuerda, caracterizada por que la fatiga a la flexión mejora en al menos un factor de 5 en comparación con la cuerda que no comprende las fibras de politetrafluoroetileno (PTFE) para mejorar la fatiga por flexión. Preferiblemente la fatiga por flexión mejora en al menos un factor de 7, más preferiblemente un factor de 10, incluso más preferiblemente un factor de 13. Con respecto a las formas de realización preferidas, como por ejemplo el tipo y cantidad de fibras de HPPE utilizadas, el diámetro de la cuerda etc., las mismas preferencias cuentan, como se definió anteriormente, para la cuerda que contiene las fibras de HPPE y las fibras de PTFE.

Método para analizar la fatiga por flexión de una cuerda.

35 El método para analizar la fatiga por flexión de una cuerda se describe en el documento US 6,945,153 B2. El aparato de análisis y el espécimen de análisis como se describen en esta patente se muestran en la Figura 1 respectivamente Figura 2 de la presente especificación. La Figura 1 muestra el aparato de análisis 20, dicho aparato tiene una polea de análisis 22 y una polea de tensión 24. Se aplica una fuerza 26 a la polea 24 que resulta en una tensión en el espécimen de análisis y una tensión de superficie en la interfaz entre el espécimen y la polea. El primer espécimen de análisis 28 y el segundo espécimen de análisis 30 se colocan en las poleas y se unen sus extremos libres con un acoplador 32. El espécimen de análisis 28 se ilustra en la Figura 3. El espécimen 28 comprende una porción de cuerda 34 y ajustes de ojal 36 en cada extremo de la porción de la cuerda. La porción de la cuerda incluye una zona con doble pliegue 38 y dos zonas con un solo pliegue 40, localizadas a ambos lados de la zona 38.

45 Las poleas están en un ciclo que rota en una dirección hasta que los acopladores alcanzan las poleas y luego rotan en la otra dirección hasta que los acopladores alcanzan las poleas de nuevo. De esta manera la zona de doble pliegue 38 pasa dos veces por la polea. Esto se repitió de manera continua a una razón de 554 ciclos por hora, que corresponde a un periodo de ciclo de 6,5 segundos.

El diámetro de las poleas es 20 veces el diámetro de la cuerda analizada.

50 Las poleas comprenden una acanaladura como se muestra en la Figura 3, que tiene una parte central 52 del mismo diámetro que la cuerda. La brida angular α es de 30°, la acanaladura se extiende en las partes rectas 54 desde ambos lados de la parte central como se indica en la Figura 3. La profundidad total de la acanaladura es 0,75 veces el diámetro de la cuerda analizada. La fuerza 26 es 2x22 % de la Carga Máxima de Rotura (MBL) de la cuerda analizada. El curso de un ciclo es 2,22 veces el diámetro de una polea.

55 La fatiga por flexión se expresa en la cantidad de ciclos que resiste la cuerda antes de falla por rotura.

Experimento comparativo A.

Se produjo una cuerda estándar que se ajusta a una polea de 20 mm y que consiste completamente de fibras de HPPE. Como las fibras de HPPE se utilizó Dyneema™ SK 75, 2640 dtex, proporcionada por DSM en los Países Bajos.

5 La elaboración del hilo de cuerda fue 10 x 2640 dtex, 12 giros por metro S/Z. A partir de los hilos se produjeron filamentos. La elaboración del filamento fue 7 hilos de cuerda, 20 giros por metro Z/S. A partir de los filamentos se produjo una cuerda. La elaboración de la cuerda fue 12 filamento cuerda trenzada con 6,1 giros por metro (separación de 164 mm).

La carga de rotura de la cuerda fue de 40,3 toneladas.

10 La fatiga por flexión de la cuerda se evaluó de acuerdo con el método de análisis anteriormente descrito.

El diámetro de la polea fue de 400mm. El periodo de ciclo fue de 6,5 segundos. La fuerza aplicada a la polea 24 fue de 2 x 9,15 toneladas.

La cuerda falló después de 4145 ciclos.

15 Experimento comparativo B.

La cuerda estándar del experimento comparativo A se impregnó con un recubrimiento optimizado para aplicaciones de torsión-sobre-polea.

20 La fatiga por flexión se analizó bajo las mismas condiciones que para la cuerda del ejemplo comparativo A. La cuerda falló después de 18608 ciclos.

Ejemplo 1.

25 Se produjo una cuerda que se ajusta a una polea de 20 mm según la invención. La cuerda consta de una pluralidad de filamentos que comprenden una mezcla de las fibras HPPE como se utilizó en el ejemplo comparativo A (indicado como D en la elaboración a continuación) y e-PTFE 500 dtex, proporcionado por Gore en los Estados Unidos (indicado como G en la elaboración a continuación).

30 La elaboración del hilo de cuerda fue (9x2640 dtex D + 9x500 dtex G) con 12 giros por metro S/Z. La elaboración del filamento fue 7 hilos de cuerda, 20 giros por metro Z/S y la elaboración de la cuerda fue de 6,1 giros por metro (separación de 164 mm).

Se analizó la fatiga por flexión bajo las mismas condiciones que para la cuerda del ejemplo comparativo A. La cuerda falló después de 23132 ciclos.

Ejemplo 2.

35 La cuerda del ejemplo 1 se impregnó con el mismo recubrimiento que se utilizó para la cuerda del ejemplo comparativo B.

Se analizó la fatiga por flexión bajo las mismas condiciones que para la cuerda del ejemplo comparativo A. La cuerda falló después de 123591 ciclos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cuerda que contiene una pluralidad de filamentos que comprende una mezcla de fibras de polietileno de alto rendimiento (HPPE) y fibras de politetrafluoroetileno (PTFE) en un índice de masa de HPPE a PTFE de 70:30 a 98:2 para la cuerda en total, en donde la cuerda tiene un diámetro de al menos 2 mm.
2. Cuerda según reivindicación 1, en donde la cuerda es de una estructura trenzada.
3. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la cuerda contiene 8 o 12 filamentos.
- 10 4. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la cuerda tiene un diámetro de al menos 30 mm.
- 15 5. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las fibras de polietileno de alto rendimiento tienen una tenacidad de al menos 2,5 N/tex.
6. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las fibras de politetrafluoroetileno tienen una tenacidad de al menos 0,3 N/tex.
- 20 7. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el índice de masa es de 80:20 a 95:5.
8. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la cuerda contiene además de aproximadamente 2 a 20% en masa de compuestos de silicona.
- 25 9. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las fibras de HPPE y las fibras de PTFE se combinan para formar hilos de cuerda y en donde los hilos de cuerda forman los filamentos en la cuerda.
- 30 10. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la cuerda comprende además filamentos auxiliares de la cuerda con propiedades de conducción eléctrica o de transmisión de la luz.
- 35 11. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos los filamentos primarios fueron post-estirados antes de ser ensamblados en la cuerda.
12. Cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, que comprende fibras de polietileno de alto rendimiento (HPPE) y una cantidad adecuada de fibras de politetrafluoroetileno (PTFE) para mejorar la fatiga por flexión de la cuerda, en donde la fatiga por flexión se mejora en al menos un factor de 5 en comparación con la cuerda que no comprende dichas fibras PTFE.
- 40 13. El uso de una cuerda según una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, como un miembro de soporte de carga en aplicaciones de torsión-sobre-polea.

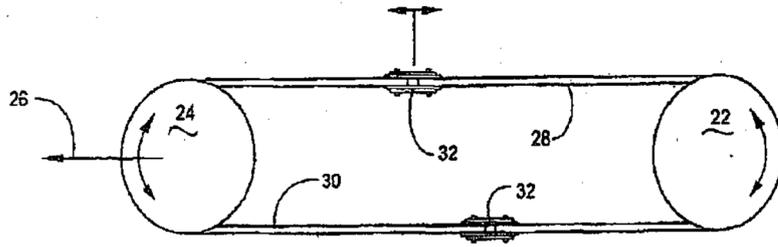


Fig. 1/3

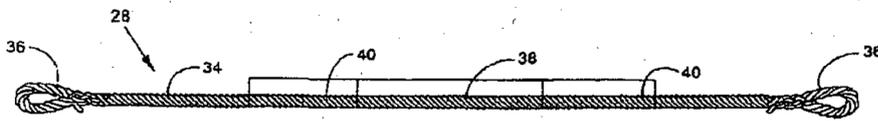


Fig. 2/3

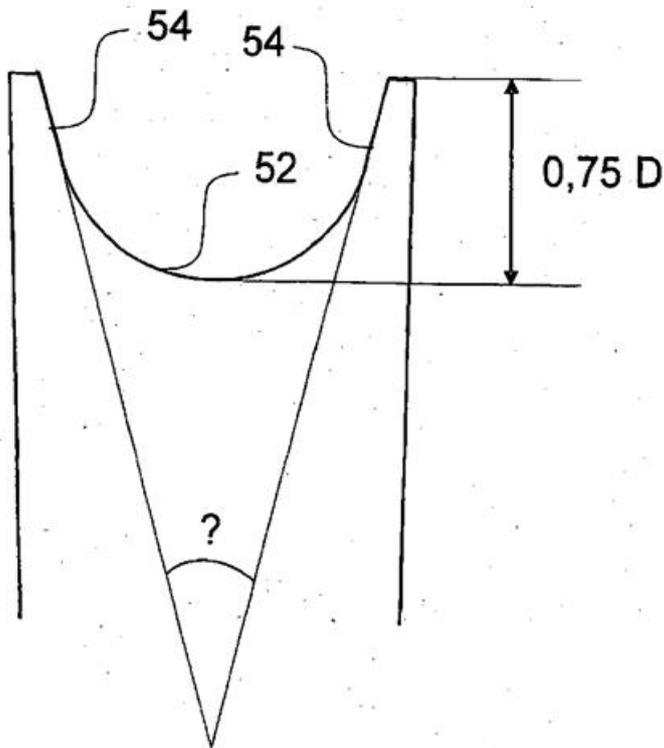


Fig. 3/3