

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 588**

51 Int. Cl.:

D07B 1/16 (2006.01)

D07B 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2011** **E 11723100 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015** **EP 2580387**

54 Título: **Cuerda híbrida**

30 Prioridad:

08.06.2010 EP 10165263

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.10.2015

73 Titular/es:

DSM IP ASSETS B.V. (50.0%)

Het Overloon 1

6411 TE Heerlen, NL y

NV BEKAERT SA (50.0%)

72 Inventor/es:

SMEETS, PAULUS JOHANNES HYACINTHUS

MARIE y

AMILS, XAVIER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 549 588 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 híbrida

- 5 La invención se refiere a una cuerda híbrida que tiene un núcleo que contiene hilos de polietileno de módulo elevado (HMPE) rodeados por una capa externa que contiene hebras de cables de acero, y a un método para su fabricación.

10 Son conocidas las cuerdas híbridas que tienen un núcleo que contiene hilos naturales o sintéticos, rodeado por una capa externa que contiene, por ejemplo, hebras de cables de acero exteriores dispuestas helicoidalmente. Las cuerdas híbridas tienen por objeto combinar lo mejor de los dos mundos, el mundo de los hilos sintéticos y el mundo de los cables de acero. Una ventaja de la cuerda híbrida en vista de una cuerda de fibra completamente sintética es que la cuerda es menos sensible a trastornos mecánicos. La cuerda híbrida es más resistente al desgarro y al ataque por objetos punzantes. Por otra parte, la capa externa protege los hilos sintéticos del núcleo frente a influencias externas, como por ejemplo el ataque UV y la radiación de alta temperatura.

15 Las cuerdas híbridas se describen por ejemplo en los documentos GB-1290900, US-4887422 y WO 2008/141623. El documento WO 00/17441 describe una cuerda que tiene un núcleo formado por un haz de fibras sintéticas paralelas cubiertas por una vaina termoplástica que sirve como soporte de devanado para las hebras metálicas.

20 Una ventaja de las cuerdas híbridas en vista de una cuerda completa de cables de acero es el menor peso de la cuerda y el mejor comportamiento tal como, por ejemplo, fatiga por tensión y por flexión. Cuando en el núcleo de la cuerda híbrida se usan hilos de alto rendimiento, tales como hilos de HMPE, la cuerda híbrida mostrará un rendimiento y una resistencia comparables o incluso superiores que una cuerda completa de cables de acero con el mismo diámetro, pero la cuerda híbrida tendrá un peso significativamente inferior.

25 Las cuerdas híbridas se pueden usar por ejemplo en operaciones de elevación, por ejemplo, como cables para grúas, en instalaciones en mar profundo, en amarre marino y en alta mar, en pesca comercial, por ejemplo, como líneas de urdimbre para redes, y en operaciones mineras.

30 Se cree que el comportamiento de estas cuerdas híbridas conocidas aún se puede mejorar.

35 Del documento WO 00/50687 A1 se conoce una cuerda híbrida de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. La invención por tanto proporciona una cuerda híbrida que tiene un núcleo que contiene hilos de polietileno de módulo elevado (HMPE) rodeados por una capa externa que contiene hebras de cables de acero, en la que el núcleo está recubierto con un plastómero, el plastómero que es un copolímero semicristalino de etileno o propileno y uno o más comonómeros de α -olefinas C2 a C12 y en el que dicho plastómero tiene una densidad medida de acuerdo con la norma ISO 1183 de entre 870 y 930 kg/m³.

40 La ventaja de usar HMPE en la cuerda sobre otras fibras sintéticas de alto rendimiento es que el HMPE supera a las demás fibras en términos de propiedades como la fatiga por tensión, fatiga por flexión y rigidez y el HMPE es el más compatible con los cables de acero.

45 La ventaja de usar el plastómero anteriormente mencionado en la fabricación de esta cuerda híbrida es que el plastómero tiene una temperatura de procesamiento tal que las propiedades mecánicas del núcleo de HMPE no se ven afectadas perjudicialmente por las condiciones de procesamiento. Por otra parte, puesto que el plastómero también está basado en una poliolefina, se produce una buena adhesión entre el plastómero y el núcleo de HMPE. También se puede obtener un espesor de capa uniforme del revestimiento, garantizando un mejor cierre de los cables de acero en torno al núcleo.

50 El uso del recubrimiento del plastómero de la invención sobre el núcleo de HMPE en la cuerda híbrida también garantiza que el núcleo de HMPE esté protegido contra la abrasión debido al movimiento de las hebras de cables de acero cuando la cuerda se encuentra en uso. Se produce un menor deslizamiento entre el núcleo y la capa externa de acero.

55 Se puede obtener un módulo elástico de la cuerda híbrida completa próximo al módulo elástico de la cuerda de acero completa.

60 El plastómero usado en la invención es un material plástico que pertenece a la clase de materiales termoplásticos. De acuerdo con la invención, dicho plastómero es un copolímero semicristalino de etileno o propileno y uno o más comonómeros de α -olefina C2 a C12, dicho plastómero que tiene una densidad de entre 870 y 930 kg/m³. Preferentemente, el plastómero está fabricado mediante un proceso de polimerización catalítico de un solo sitio, en el que, en particular, dicho plastómero es un plastómero de metaloceno, es decir, un plastómero fabricado mediante un catalizador de metaloceno de un solo sitio. El etileno es el comonómero preferido en particular en copolímeros de polipropileno, mientras que el buteno, hexeno y octeno se encuentran entre los comonómeros de α -olefina preferidos para copolímeros tanto de etileno como de propileno.

En una realización preferida, el plastómero es un copolímero termoplástico de etileno o propileno y que contiene como comonomeros una o más α -olefinas que tienen 2-12 átomos de carbono, en particular, etileno, isobuteno, 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno y 1-octeno. Cuando se aplica etileno con uno o más monómeros de α -olefinas C2 a C12 como comonomeros, la cantidad de comonomero en el copolímero normalmente se encuentra entre el 1 y el 50 % en peso, y preferentemente entre el 5 y el 35 % en peso. En el caso de copolímeros de etileno, el comonomero preferido es 1-octeno, dicho comonomero que se encuentra en una cantidad de entre el 5 % en peso y el 25 % en peso, más preferentemente entre el 15 % en peso y el 20 % en peso. En el caso de copolímeros de propileno, la cantidad de comonomeros y en particular de comonomeros de etileno normalmente se encuentra entre el 1 y el 50 % en peso, y preferentemente entre el 2 y el 35 % en peso, más preferentemente entre el 5 y el 20 % en peso. Se han obtenido buenos resultados cuando la densidad del plastómero se encuentra entre 880 y 920 kg/m³, más preferentemente entre 880 y 910 kg/m³.

El plastómero usado en la invención tiene una buena capacidad de procesamiento cuando tiene un punto de fusión máximo por DSC como se mide de acuerdo con la norma ASTM D3418 de entre 70 °C y 120 °C, preferentemente entre 75 °C y 100 °C, y más preferentemente entre 80 °C y 95 °C.

Un plastómero fabricado mediante un proceso de polimerización catalítico de un solo sitio, y en particular un plastómero de metaloceno, se distingue de los copolímeros de etileno y propileno que se hayan fabricado con otras técnicas de polimerización, por ejemplo, catalización de Ziegler-Natta, por su densidad específica. Dicho plastómero también se diferencia él mismo por una distribución de pesos moleculares estrecha, Mw/Mn, cuyos valores preferentemente se encuentran entre 1,5 y 3 y por una cantidad limitada de ramificaciones de cadena larga. El número de ramificaciones de cadena larga preferentemente supone como máximo 3 por cada 1000 átomos de carbono. Los plastómeros adecuados que se pueden usar en la invención y se obtienen con el tipo de catalizador de metaloceno se fabrican a escala comercial, por ejemplo, en Exxon, Mitsui, DEX-Plastomers y DOW bajo los nombres comerciales Exact, Tafmer, Exceed, Engage, Affinity, Vistamaxx y Versify.

Se puede encontrar una descripción de los plastómeros y en particular de los plastómeros de metaloceno así como de una visión general de sus propiedades mecánicas y físicas, por ejemplo, en el capítulo 7.2 de "*Handbook of polypropylene and polypropylene composites*" editado por Harutun G. Karian (ISBN 0-8247-4064-5) y más en particular en los subcapítulos 7.2.1; 7.2.2; y 7.2.5 a 7.2.7, que se incluyen en el presente documento por referencia.

El plastómero usado en la invención también puede contener diversos agentes de relleno y sus aditivos añadidos. Ejemplos de agentes de relleno incluyen materiales reforzantes y no reforzantes, por ejemplo, negro de humo, carbonato de calcio, arcilla, sílice, mica, talco, y vidrio. Ejemplos de aditivos incluyen estabilizantes, por ejemplo, estabilizantes frente a la luz UV, pigmentos, antioxidantes, retardantes de la llama y similares. Los retardantes de la llama preferidos incluyen trihidrato de aluminio, deshidrato de magnesio y fosfato de amonio. La cantidad de retardantes de la llama preferentemente se encuentra entre el 1 y el 60, más preferentemente entre el 1 y el 10 % en peso de la cantidad de plastómero en la lámina flexible de la invención. El retardante de la llama más preferido es el fosfato de amonio, por ejemplo, Exolit.

A continuación se describe el recubrimiento sobre la cuerda en forma de una única capa sobre el núcleo que contiene hilos de HMPE. No obstante, la cuerda de la invención también puede incluir recubrimientos adicionales, por ejemplo, entre el recubrimiento plastomérico y los hilos de HMPE, o entre el recubrimiento plastomérico y los cables de acero.

Como se ha descrito anteriormente, el núcleo de la cuerda híbrida de la invención contiene hilos de polietileno de módulo elevado (HMPE). Dichos hilos además contienen fibras de HMPE. Por fibra, en el presente documento se entiende una estructura alargada, cuya dimensión longitudinal es muy superior a sus dimensiones transversales de anchura y espesor. Por consiguiente, el término fibra incluye filamentos, láminas, tiras, bandas, cintas y similares que tienen secciones transversales regulares o irregulares. Las fibras pueden tener longitudes continuas, conocidas en la técnica como filamentos, o longitudes discontinuas, conocidas en la técnica como fibras discontinuas. Las fibras discontinuas normalmente se obtienen cortando o rompiendo por extensión los filamentos. Un hilo para el fin de la invención es una estructura alargada que contiene muchas fibras.

Las fibras de polietileno preferidas son fibras fabricadas de polietileno de alto peso molecular (HMWPE) y polietileno de peso molecular ultra elevado (UHMWPE). Dichas fibras de polietileno se pueden fabricar mediante cualquier técnica conocida en la materia, preferentemente mediante un proceso de hilado en estado fundido o en gel.

Si se usa un proceso de hilado en estado fundido para fabricar las fibras de HMPE, el material de partida de polietileno usado para su fabricación preferentemente tiene un peso molecular promedio en peso de entre 20.000 y 600.000, más preferentemente entre 60.000 y 200.000. Un ejemplo de un proceso de hilado en estado fundido se desvela en la patente EP 1.350.868 incorporada en el presente documento por referencia.

Los mejores resultados se obtienen si se usa un hilo de fibras hiladas en gel de una poliolefina de peso molecular elevado o ultra elevado, preferentemente HMWPE o UHMWPE en el núcleo de la cuerda híbrida, por ejemplo, los comercializados por DSM Dyneema con el nombre comercial Dyneema®.

El proceso de hilado en gel se describe, por ejemplo, en los documentos GB-A-2042414, GB-A-2051667, EP 0205960 A y WO 01/73173 A1. Este proceso comprende esencialmente la preparación de una solución de una poliolefina de alta viscosidad intrínseca, el hilado de la solución en filamentos a una temperatura por encima de la temperatura de disolución, el enfriamiento de los filamentos por debajo de la temperatura de gelificación de forma que se produzca la gelificación y el estiramiento de los filamentos antes, durante o después de la eliminación del disolvente.

La forma de la sección transversal de los filamentos se puede seleccionar en el presente documento seleccionando la forma de la apertura de hilado.

Preferentemente se usa HMWPE con una viscosidad intrínseca de al menos 3 dl/g, determinada en decalina a 135 °C, preferentemente de al menos 4 dl/g, lo más preferentemente de al menos 5 dl/g. Preferentemente la viscosidad intrínseca es como máximo de 40 dl/g, más preferentemente como máximo de 25 dl/g, más preferentemente como máximo de 15 dl/g.

La viscosidad intrínseca se determina de acuerdo con la norma PTC-179 (Hercules Inc. Rev. 29 Abr., 1982) a 135 °C, siendo el tiempo de disolución de 16 horas, el antioxidante es DPBC, en una cantidad de 2 g/l de solución, y la viscosidad se mide a diferentes concentraciones y se extrapola a concentración cero.

Preferentemente, el UHMWPE tiene menos de 1 cadena lateral cada 100 átomos de carbono, más preferentemente menos de 1 cadena lateral por cada 300 átomos de carbono.

Preferentemente, las fibras de poliolefina tienen un número de deniers por filamento en el intervalo de 0,1 a 50, más preferentemente entre 0,5 y 20, lo más preferentemente entre 1 y 10 dpf. Los hilos de polietileno preferentemente tienen entre 200 y 50.000, más preferentemente entre 500 y 10.000, lo más preferentemente entre 800 y 4800 deniers.

La resistencia a la tracción de las fibras de polietileno utilizadas en la presente invención como se mide de acuerdo con la norma ASTM D2256 preferentemente es de al menos 1,2 GPa, más preferentemente de al menos 2,5 GPa, y lo más preferentemente de al menos 3,5 GPa. El módulo de tracción de las fibras de polietileno como se mide de acuerdo con la norma ASTM D2256 preferentemente es de al menos 30 GPa, más preferentemente de al menos 50 GPa, y lo más preferentemente de al menos 60 GPa.

Otras fibras que se pueden usar en combinación con las fibras de polietileno para construir el núcleo de la cuerda híbrida de la invención incluyen, pero no están limitadas a, fibras fabricadas a partir de poliamidas y poliaramidas, por ejemplo, poli(p-fenilentereftalamida) (conocida como Kevlar®); poli(tetrafluoroetileno) (PTFE); copoliamida aromática (co-poli(parafenileno/3,4'-oxidifenilentereftalamida) (conocida como Technora®); poli(2,6-diimidazo-[4,5b-4',5'e]piridinileno-1,4(2,5-dihidroxi)fenileno) (conocido como M5); poli(p-fenileno-2,6-benzobisoxazol) (PBO) (conocido como Zylon®); poli(hexametilenadipamida) (conocida como nailon 6,6), poli(ácido 4-aminobutírico) (conocido como nailon 6); poliésteres, por ejemplo, poli(tereftalato de etileno), poli(tereftalato de butileno) y poli(tereftalato de 1,4-ciclohexilidendimetileno); alcoholes de polivinilo; polímeros termotrópicos de cristal líquido (LCP), como se conocen, por ejemplo, de la patente de Estados Unidos 4.384.016; pero también poliolefinas distintas al polietileno, por ejemplo, homopolímeros y copolímeros de polipropileno. En la cuerda de la invención también se pueden usar combinaciones de fibras fabricadas a partir de los polímeros anteriormente mencionados. Otras fibras preferidas, no obstante, son fibras de poliaramidas y/o LCP.

Con el fin de tener la ventaja completa de la utilización del recubrimiento plastomérico sobre el núcleo que contiene hilos de HMPE, se prefiere que el núcleo contenga al menos el 60 % en peso en base al peso total del núcleo de hilos de HMPE. Más preferentemente, el núcleo contiene al menos el 70 % en peso, o incluso al menos el 80 % en peso de hilos de HMPE. El peso restante del núcleo puede consistir en hilos fabricados de otros polímeros como se ha mencionado anteriormente.

Antes de aplicar el recubrimiento plastomérico sobre el núcleo, el núcleo se puede revestir con otros recubrimientos conocidos en la técnica. Dichos recubrimientos por ejemplo pueden comprender poliuretano, aceite de silicona, bitumen o sus combinaciones. Un ejemplo de un recubrimiento adecuado es ICO-N-Dure de I-Coats. La cuerda puede contener este recubrimiento del 2,5-35 % en peso en estado seco. En particular, la cuerda contiene el 10-25 % en peso de dicho recubrimiento no plastomérico.

También es posible usar hilos de HMPE que tengan un recubrimiento aplicado sobre los mismos para fabricar el núcleo. Dichos recubrimientos comprenden acabados superpuestos conocidos en la técnica, que también pueden ser de poliuretano, silicona, silicona reticulada, etc.

El núcleo que contiene hilos de HMPE preferentemente es una cuerda fabricada de hilos de HMPE. El núcleo puede tener cualquier construcción conocida para cuerdas sintéticas. El núcleo puede tener una construcción fruncida, trenzada, torcida, enrollada o paralela, o sus combinaciones. Preferentemente, el núcleo tiene una construcción torcida o trenzada, o una de sus combinaciones.

En dichas construcciones de cuerda, las cuerdas están formadas de hebras. Las hebras están compuestas de hilos de cuerda, que pueden contener fibras sintéticas. En la técnica se conocen métodos de formación de hilos a partir de fibras, hebras a partir de hilos y cuerdas a partir de hebras.

- 5 En realizaciones que comprenden una mezcla de fibras de HMPE y fibras sintéticas adicionales como se ha descrito anteriormente, la mezcla de fibras puede ser a todos los niveles. La mezcla puede ser en los hilos de cuerda formados a partir de fibras, en hebras formadas de hilos de cuerda, y/o en la cuerda final formada a partir de hebras.

- 10 El número de hebras en la cuerda central también puede variar enormemente, pero en general es de al menos 3 y preferentemente como máximo de 16, para llegar a una combinación de un buen rendimiento y facilidad de fabricación.

- 15 Cuando la cuerda central es una cuerda trenzada, existen diversos tipos de trenzado conocidos, cada uno que en general se distingue por el método con el que se forma la cuerda. Las construcciones adecuadas incluyen trenzas Soutache, trenzas tubulares, y trenzas planas. Las trenzas tubulares o circulares son las trenzas más habituales para aplicaciones de cuerda y en general constan de dos grupos de hebras que se entrelazan, con diferentes patrones posibles. El número de hebras en una trenza tubular puede variar enormemente. En especial, si el número de hebras es alto, y/o si las hebras son relativamente delgadas, la trenza tubular puede tener un núcleo hueco; y la trenza puede colapsar en una forma oblonga. Para mejorar la estabilidad de la forma se puede considerar la inclusión de una varilla, o una forma de varilla, en el centro del núcleo. Esta varilla puede estar compuesta de otros polímeros, pero preferentemente está fabricada de polipropileno o polietileno, en particular HMPE.

- 25 El número de hebras en la cuerda central trenzada de acuerdo con la invención preferentemente es de al menos 3. Un incremento en el número de hebras tiende a reducir la eficacia de la resistencia de la cuerda. El número de hebras por tanto es preferentemente de 16 como máximo, dependiendo del tipo de trenza. Son adecuadas en particular cuerdas de una construcción fruncida o trenzada de 8 o 12 hebras. Dichas cuerdas centrales proporcionan una combinación favorable de tenacidad y resistencia a la fatiga por flexión, y se pueden fabricar económicamente en máquinas relativamente sencillas.

- 30 La cuerda central usada en la cuerda híbrida de acuerdo con la invención puede ser de una construcción en la que la longitud de enrollamiento (la longitud de una hélice de una hebra en una construcción torcida) o el periodo de trenzado (es decir, la longitud de una hélice de una hebra en una cuerda fruncida o trenzada) se adapte a las hebras de cables de acero exteriores para garantizar que se comparte una tensión mutua sobre la zona de trabajo de una cuerda y también en el fallo hasta rotura.

- 35 Los periodos de trenzado adecuados se encuentran en el intervalo de 4 a 20. Un periodo de trenzado superior puede dar lugar a una cuerda más suelta que tenga una mayor eficiencia de resistencia, pero que es menos robusta y más difícil de empalmar. Un periodo de trenzado demasiado bajo reduciría demasiado la tenacidad. Por tanto preferentemente el periodo de trenzado es de 5-15 aproximadamente, más preferentemente de 6-10. En todos los casos, la longitud de enrollamiento o el periodo de trenzado se pueden adaptar al tipo de cables de acero y a la construcción de tal forma que ambos productos funcionen juntos de la mejor forma posible con respecto a la carga compartida (resistencia) y/o al comportamiento a la fatiga en la zona de trabajo de la cuerda y el fallo hasta rotura.

- 45 En la cuerda de acuerdo con la invención no es particularmente crítica la construcción de las hebras, también denominada hebras primarias. El experto en la materia puede seleccionar construcciones adecuadas como hebras torcidas o trenzadas, y un factor de enrollamiento o periodo de trenzado, respectivamente, tal que se produzca una cuerda equilibrada sin torsiones y se consiga una cooperación óptima con las hebras de cables de acero exteriores con respecto a la carga compartida.

- 50 El núcleo que contiene hilos sintéticos para la cuerda híbrida de la invención puede tener cualquier espesor conocido, dependiendo del uso final de la cuerda híbrida. En general, el núcleo tendrá un diámetro de entre 1 mm y 300 mm. Preferentemente el núcleo tiene un diámetro entre 5 mm y 200 mm.

- 55 El núcleo que contiene los hilos de HMPE de la invención puede estar "termoendurecido". Esto significa que el método de fabricación del núcleo también puede comprender una etapa de estiramiento posterior de las hebras primarias antes de construir la cuerda, o de forma alternativa una etapa de estiramiento posterior de la cuerda. Dicha etapa de estiramiento preferentemente se realiza a temperatura elevada pero por debajo del punto de fusión de los filamentos (de fusión más bajo) en las hebras (también denominado estiramiento térmico o termofijación); preferentemente a temperaturas en el intervalo de 80-150 °C. Dicha etapa de estiramiento posterior se describe en la patente EP 398843 B1 o la patente de Estados Unidos 5.901.632. La termofijación se puede realizar tanto antes como después de la aplicación del recubrimiento sobre el núcleo.

- 65 La cuerda de la invención se puede revestir con el plastómero mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, la cuerda de la invención se puede revestir con el plastómero mediante procesos de recubrimiento por extrusión conocidos, también conocidos como extrusión con camisa, en el que la cuerda se extruye junto con el plastómero fundido a través de una boquilla y a continuación se enfría por debajo de la temperatura de fusión del

plastómero.

La temperatura en el extrusor para procesar el plastómero se encuentra entre 70 y 200 °C. Una temperatura demasiado baja produce que el plastómero no se funda correctamente, y una temperatura demasiado elevada puede producir la descomposición del plastómero. El experto en la materia será capaz de determinar la temperatura óptima en base al material y al equipo usado.

El recubrimiento del plastómero se puede depositar sobre el exterior de la cuerda de la invención en forma de capa que tiene un espesor promedio de al menos 0,1 mm, más preferentemente de al menos 0,5 mm. Preferentemente dicho espesor es como máximo de 20 mm, más preferentemente como máximo de 15 mm. El espesor promedio se puede medir con métodos conocidos en la técnica, por ejemplo, con un microscopio óptico sobre la sección transversal de dicha cuerda y promediando al menos 10 mediciones. Se prefiere que la capa de plastómero revista esencialmente toda la superficie del núcleo, es decir, la capa de plastómero reviste todo el núcleo, pero por ejemplo, ambos extremos de la cuerda pueden quedar sin revestir.

La capa externa de la cuerda puede contener cualquier cable de acero conocido por producir cuerdas de acero. Preferentemente, los cables de acero son cables de acero no aleados con un alto contenido de carbono. Un acero con un alto contenido de carbono puede tener una composición según las líneas siguientes: un contenido de carbono que oscila entre el 0,30 % y el 1,15 %, preferentemente entre el 0,30 % y el 0,90 %, un contenido de manganeso que oscila entre el 0,10 % y el 1,10 %, un contenido de silicio que oscila entre el 0,10 % y el 0,90 %, contenidos de azufre y fósforo que están limitados al 0,15 %, preferentemente al 0,10 % o incluso inferior. Se pueden añadir elementos de microaleación adicionales tales como cromo (hasta el 0,20 %-0,40 %), cobre (hasta el 0,20 %) y vanadio (hasta el 0,30 %). Todos los porcentajes son porcentajes en peso.

Los cables de acero individuales pueden o pueden no estar recubiertos con un recubrimiento tal como un recubrimiento resistente a la corrosión, por ejemplo, un recubrimiento de zinc o un recubrimiento de zinc y aluminio, o un recubrimiento de zinc, aluminio y magnesio.

Los cables de acero individuales están enrollados en varias hebras. Dependiendo de la aplicación final, el diámetro de los cables de acero individuales puede variar entre 0,30 mm y 7,0 mm.

Preferentemente, la capa externa de la cuerda contiene una capa de hebras de cables de acero dispuestas helicoidalmente en torno al núcleo, pero no se excluyen dos capas de hebras de acero.

Es posible que la capa externa de la cuerda contenga más de una capa de hebras que esté dispuesta helicoidalmente en torno al núcleo. Preferentemente dichas capas están enrolladas en la dirección opuesta respecto a la capa o capas adyacentes.

La invención es adecuada en particular para cuerdas híbridas de todo tipo de diámetros. Para operaciones de elevación, preferentemente se usa una cuerda que tiene un diámetro de entre 10 y 60 mm. Para instalaciones en mar profunda y el amarre marino y en alta mar, el diámetro preferentemente se encuentra entre 40 y 200 mm.

Se ha observado que una cuerda de acuerdo con esta realización presenta una eficacia útil así como una estabilidad dimensional adecuada. También se ha observado que una cuerda de acuerdo con esta realización es un candidato adecuado para aplicaciones de cargas elevadas, es decir, aplicaciones en las que se manipulan o fijan cargas elevadas.

Un método para la fabricación de una cuerda híbrida de acuerdo con la presente invención comprende las etapas de:

- (a) construcción de un núcleo que contiene hilos de polietileno de módulo elevado (HMPE)
- (b) recubrimiento del núcleo con un plastómero, el plastómero que es un copolímero semicristalino de etileno o propileno y uno o más comonomeros de α -olefinas C2 a C12 y en el que dicho plastómero tiene una densidad medida de acuerdo con la norma ISO 1183 de entre 870 y 930 kg/m³; obteniendo un núcleo recubierto; y
- (c) aplicación de una capa externa que contiene hebras de cables de acero en torno al núcleo recubierto obtenido en la etapa (b).

El método puede incluir una etapa en la que se aplique una cobertura o vaina adicional en torno al núcleo que contiene los hilos de HMPE antes de la aplicación del plastómero. Dicha vaina o cobertura puede estar fabricada de las fibras o combinaciones de fibras que se han descrito anteriormente y puede estar trenzada o torcida.

El método además puede incluir una etapa en la que después de la etapa (a) o la etapa (b) el núcleo se estire posteriormente a una temperatura elevada.

De acuerdo con un aspecto adicional, la invención se refiere a una cuerda que contiene hilos de polietileno de módulo elevado (HMPE), en la que la cuerda está revestida con un plastómero, el plastómero que es un copolímero semicristalino de etileno o propileno y uno o más comonómeros de α -olefinas C2 a C12 y en el que el plastómero tiene una densidad como se mide de acuerdo con la norma ISO 1183 de entre 870 y 930 kg/m³.

De acuerdo con una realización alternativa, los hilos de HMPE del núcleo están impregnados con el plastómero. Así, la invención también se refiere a una cuerda híbrida que tiene un núcleo que contiene hilos de polietileno de módulo elevado (HMPE) que contienen fibras de HMPE rodeadas por una capa externa que contiene hebras de cables de acero, las fibras de HMPE que están impregnadas con un plastómero depositado entre y en torno a las fibras, el plastómero que es un copolímero semicristalino de etileno o propileno y uno o más comonómeros de α -olefinas C2 a C12 y el plastómero que tiene una densidad como se mide de acuerdo con la norma ISO 1183 de entre 870 y 930 kg/m³.

El núcleo que contiene los hilos de HMPE con un plastómero depositado sobre ellos además puede estar recubierto, mediante un recubrimiento del plastómero como se ha descrito anteriormente, en la parte exterior del núcleo.

Para una impregnación eficiente del núcleo es deseable que el plastómero se encuentre depositado entre y en torno a las fibras de la cuerda. Esto se puede conseguir, por ejemplo, guiando las fibras a través de un baño que contiene una solución o una dispersión de plastómero en un disolvente adecuado. Un método de impregnación más preferido es el uso de presión y temperatura para forzar al plastómero fundido hacia la cuerda como se ejemplifica en el documento GB 1.296.339 incluido en el presente documento por referencia. En él se sugiere hacer uso de una impregnación a presión, en la que la cuerda se mueve a través de una cámara de tratamiento a la cual se suministra un agente de impregnación, por ejemplo, el plastómero, a presión. El plastómero también se puede introducir durante la producción de la cuerda de forma que el plastómero se distribuya bien y se impregne homogéneamente durante la fusión.

Un método de impregnación preferido adicional comprende las etapas de:

- (i) suministro de fibras, cintas o fragmentos del plastómero obtenido separando o fragmentando una película de plastómero;
- (ii) mezcla de dichas fibras, cintas o fragmentos de plastómero con las fibras de polietileno y formación de sus hebras;
- (iii) formación de una cuerda a partir de las hebras obtenidas en la etapa (ii); y
- (iv) calentamiento de la cuerda de la etapa (iii) a una temperatura entre la temperatura de fusión del plastómero y la temperatura de fusión de las fibras de polietileno mientras se estira la cuerda.

Realizaciones preferidas adicionales de la cuerda y el plastómero son como se ha descrito anteriormente para el núcleo de la cuerda híbrida.

La construcción ventajosa de la cuerda híbrida de la invención, la hace particularmente útil para operaciones de elevación, por ejemplo, como cables para grúas, instalación en mar profunda, amarre marino y en alta mar, pesca comercial, por ejemplo, como líneas de urdimbre para redes, y en operaciones mineras.

Ejemplo 1

En primer lugar se produjo el núcleo de hilos de HMPE. En una primera etapa, se produjo la primera parte del núcleo trenzado con 12 hebras, cada hebra que consiste en un hilo 8*1760 dTex Dyneema® SK78. La primera parte del núcleo tiene un diámetro de 6,5 mm. La primera parte del núcleo se trenzó en exceso con 12 hebras de hilo 4*1760 dTex Dyneema®. El diámetro total del núcleo obtenido de esta forma es de 8 mm.

En una etapa posterior se extruyó un recubrimiento de un plastómero EXACT™ 0230 sobre el núcleo como se ha fabricado anteriormente usando una extrusora Collin™ de un sólo tornillo de 45 mm con las siguientes condiciones de procesamiento:

Ajustes de la extrusora	Unidades	
Barril 1		80
Barril 2	[°C]	172
Barril 3	[°C]	172
Barril 4	[°C]	175
Barril 5	[°C]	175
Cuello	[°C]	175
Cabeza	[°C]	181
Punta	[°C]	186

Ajustes de la extrusora	Unidades	
Temperatura de fusión	[°C]	170
Presión de cabeza	[bar]	22
Velocidad de tornillo	[rpm]	21
Potencia	[A]	7,9
Punta del diámetro exterior	[mm]	
Punta del diámetro interior	[mm]	6,6
Diámetro de la boquilla	[mm]	9,5
Vacío en la cabeza del cable		sí
Velocidad de línea	[m/min]	6,6

A continuación se obtiene la cuerda híbrida enrollando en primer lugar ocho hebras de 19 cables de acero brillante, es decir, no recubierto, y compactándolos y a continuación cerrando estas ocho hebras compactadas en torno al núcleo, que a continuación forma el núcleo de la cuerda híbrida. La resistencia a la tracción de los cables de acero es de 1960 MPa.

Ejemplo comparativo 1

Se fabricó un cable de acero con núcleo de sisal de la forma siguiente. En primer lugar el núcleo se produjo enrollando hilos de sisal para formar hebras de sisal. Posteriormente, se cablearon 3 hebras externas de sisal y 1 hebra central de sisal o, de forma alternativa, únicamente 3 hebras centrales. A continuación se obtuvo la cuerda enrollando primero ocho hebras compactadas de 19 cables de acero brillante, es decir, no recubierto, y a continuación cerrando estas ocho hebras compactadas en torno al núcleo de sisal, que a continuación forma el núcleo de la cuerda. La resistencia a la tracción de los cables de acero es de 1960 MPa.

Ejemplo comparativo 2

Se fabricó una cuerda de cables de acero con un núcleo de acero de la forma siguiente. En primer lugar se produjo un núcleo de cuerda de cables independientes (IWRC) con una construcción de 7 × 7 trenzando 1 + 6 hebras. A continuación se obtuvo la cuerda enrollando primero ocho hebras compactadas externas de 19 cables de acero brillante, es decir, no recubierto, y a continuación cerrando estas ocho hebras compactadas en torno al IWRC. La resistencia a la tracción de los cables de acero es de 1960 MPa.

Todas las cuerdas que se han descrito en los ejemplos anteriores se sometieron a ensayo para su resistencia hasta rotura de acuerdo con el siguiente protocolo.

Las cuerdas se sometieron a un ensayo de carga hasta rotura en una máquina de ensayo de carga hasta rotura. Las cuerdas se fijaron a la máquina mediante abrazaderas de acero diseñadas específicamente para ese fin. La elongación de las muestras se midió por medio de un extensiómetro a al menos 5000, 10.000, 25.000 y 50.000 N (eventualmente también a 75.000 N). Se seleccionan puntos de carga para realizar ciclos secuenciales hasta 1000 N aproximadamente antes de romper finalmente las muestras; la pendiente del ciclo final de hasta 50.000 N (eventualmente también a 75.000 N) se puede usar para la evaluación del módulo elástico.

	Resistencia hasta rotura (kN)
Ejemplo 1	146
Ejemplo Comparativo 1	113
Ejemplo Comparativo 2	137

REIVINDICACIONES

1. Una cuerda híbrida que tiene un núcleo que contiene hilos de módulo elevado rodeados por una capa externa que contiene hebras de cables de acero, en la que el núcleo está recubierto con un plastómero caracterizado por que los
5 hilos de módulo elevado son hilos de polietileno de módulo elevado, y el plastómero es un copolímero semicristalino de etileno o propileno y uno o más comonomeros de α -olefinas C2 a C12 y en el que el plastómero tiene una densidad como se mide de acuerdo con la norma ISO 1183 de entre 870 y 930 kg/m³.
2. La cuerda híbrida de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el plastómero está fabricado mediante un proceso
10 de polimerización catalítico de un solo sitio.
3. La cuerda híbrida de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que el plastómero es un copolímero termoplástico de etileno o propileno y contiene como comonomeros una o más α -olefinas que tienen 2-12 átomos de carbono.
4. La cuerda híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el plastómero tiene una
15 densidad de entre 880 y 910 kg/m³.
5. La cuerda híbrida de acuerdo con cualquiera de la reivindicación es anteriores, en la que el plastómero tiene un
20 punto de fusión máximo de entre 70 °C y 120 °C.
6. La cuerda híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los hilos de polietileno de módulo elevado contienen fibras que son fibras hiladas en gel de polietileno de peso molecular ultra elevado.
7. La cuerda híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los hilos de polietileno
25 de módulo elevado contienen fibras de polietileno de alto peso molecular que tienen una viscosidad intrínseca de al menos 3 dl/g determinada en decalina a 135 °C.
8. La cuerda híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los hilos de polietileno de módulo elevado contienen fibras que tienen un módulo de tensión de al menos 30 GPa.
30
9. La cuerda híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el núcleo es una cuerda trenzada o torcida.

35