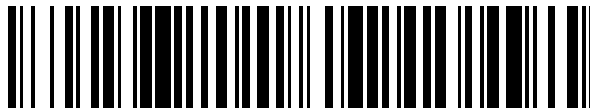


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 643**

51 Int. Cl.:

A61L 17/04 (2006.01)

D02G 3/22 (2006.01)

D02G 3/38 (2006.01)

D04C 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2011 E 11718023 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.11.2014 EP 2563417**

54 Título: **Construcción de hilo multifilamento**

30 Prioridad:

29.04.2010 EP 10161483

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

11.02.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NELIS, MISCHA;
MARISSSEN, ROELOF y
WIERMANS, MANDY MARIA JOZEFINA**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 528 643 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

Construcción de hilo multifilamento

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

- 5 La invención se refiere a una construcción de hilo multifilamento tal como una cuerda, un cable o un hilo de sutura, comprendiendo la construcción una pluralidad de hilos multifilamento. Más particularmente, la invención se refiere a una construcción de hilo multifilamento que tiene hilos dispuestos en una parte de núcleo y una parte de funda trenzada. Además, la invención se refiere a usos de construcciones de hilo multifilamento de este tipo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 Se conocen construcciones de núcleo/funda de hilo multifilamento. Un ejemplo de una construcción de este tipo es el documento US 2008/0009903A1. Construcciones de núcleo/funda de hilo multifilamento se utilizan normalmente para obtener una construcción con una menor fatiga por flexión. Además de ello, construcciones de núcleo/funda de hilo multifilamento se comportan típicamente de una forma plástica al doblarse sin - en todo caso - una gran deformación elástica. La plasticidad bajo flexión se asocia típicamente con esfuerzos de flexión locales. En otras palabras, la resistencia contra la deformación por flexión es muy pequeña.

- 15 Cuando el hilo es un hilo termoplástico, la rigidez de las construcciones de hilo multifilamento puede incrementarse tratando térmicamente la construcción a un nivel en el que los hilos se fusionan al menos parcialmente para formar una funda similar a un monofilamento, por ejemplo tal como se describe en el documento EP 1 771 213. Sin embargo, monofilamentos y construcciones similares a un monofilamento normalmente se comportan de un modo elástico al doblarse en ángulos de flexión más pequeños sin que quede - en todo caso - una gran deformación plástica después de la eliminación de la fuerza de flexión. Para una gran flexión en ángulos agudos el monofilamento y construcciones similares a un monofilamento se pueden deformar plásticamente, sin embargo, dicha deformación plástica introducirá un deterioro considerable a la construcción de monofilamento.
- 20

Otras construcciones de núcleo/funda multifilamento se describen en los documentos US 3.968.725 (Holzhauer), EP 1 293 218 (Grafton et al.) y WO 2009/142766.

25 OBJETOS DE LA INVENCION

Es el objeto de la invención proporcionar una construcción de hilo multifilamento, en donde la construcción exhibe propiedades mejoradas.

Es otro objeto de la invención proporcionar usos de la construcción de hilo multifilamento mejorada.

- 30 La mejora puede aumentar, por ejemplo, la rigidez, la compacidad y/o la capacidad de manipulación de una construcción de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

DESCRIPCION DE LA INVENCION

El objeto de la invención se consigue mediante una construcción de hilo multifilamento, construcción que comprende una parte de núcleo y una parte de funda.

- 35 La parte de núcleo comprende una pluralidad de filamentos del núcleo. Los filamentos del núcleo pueden estar dispuestos en uno o más hilos multifilamento o pueden ser una colección de monofilamentos. Los filamentos del núcleo pueden estar dispuestos ventajosamente en paralelo o sustancialmente en paralelo, lo que permite la utilización más eficaz de la resistencia de los filamentos de núcleo. Si el núcleo consiste en un hilo multifilamento, se prefiere que el hilo esté torcido con un nivel de torsión inferior a 100 vueltas por metro. Si el núcleo consiste en más de un hilo multifilamento tal como al menos 3 hilos multifilamento, o más de un monofilamento se prefiere que los hilos multifilamento o los monofilamentos estén dispuestos en una construcción trenzada, plisada, doblada o retorcida. La más preferida es una construcción de núcleo trenzado tal como uno sobre uno (véase la Fig. 2) de, por ejemplo, cuatro, seis, ocho, doce o dieciséis hilos o monofilamentos. Se encontró que es ventajoso utilizar una trenza de ocho o dieciséis hilos multifilamento en el núcleo, ya que esto proporciona una construcción muy estable.
- 40 En otra realización, se prefiere tener un núcleo de uno o más hilos multifilamento dispuestos sustancialmente paralelos a la longitud de la construcción.
- 45

La parte de funda comprende una pluralidad de filamentos de la funda La parte de funda está trenzada sobre la parte de núcleo. Los filamentos de la funda pueden estar dispuestos en hilos multifilamento o los filamentos de la funda pueden ser monofilamentos, de modo que la funda está trenzada a partir de hilos multifilamento y/o hilos

monofilamento. Se prefiere que los filamentos de la funda estén comprendidos en hilos multifilamento tal como se encontró para permitir una fácil fabricación por el material de partida fácilmente disponible y asequible. La trenza puede ser, por ejemplo, uno sobre uno (véase la Fig. 2), dos sobre uno (véase la Fig. 3) o tres sobre uno (no mostrado) de, por ejemplo, cuatro, seis, ocho, doce o dieciséis hilos o monofilamentos. Se encontró que era muy ventajoso utilizar una trenza de ocho o dieciséis hilos multifilamento en una trenza de uno sobre uno de un diamante, ya que esto permitió un alto nivel de puntada y la mejor unión entre los hilos de la funda con un alto ángulo de trenzado y un alto factor de llenado y se encontró que conducía a las más rígidas construcciones de hilo multifilamento de acuerdo con la invención.

La parte de funda de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con el primer aspecto de la invención oscila entre 4 y 75% del área de una sección transversal de la construcción de hilo multifilamento. Por área de sección transversal se entiende en esta memoria el área en un plano ortogonal a la longitud de la construcción de hilo multifilamento. Además, el ángulo de trenzado de la parte de funda es de al menos 30°. El ángulo de trenzado es el ángulo entre los filamentos de la funda y un plano ortogonal a la longitud de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención. El ángulo de trenzado se calcula como se describe a continuación. Un apunte en el documento US 3.968.725 (Holzhauer) describe una construcción con un paso de 30 por pie (véanse datos en la hoja en la parte experimental). Esto corresponde a un ángulo de trenzado de aproximadamente 30° para un diámetro de 0,3 pulgadas (= 7,6 mm) que está, por lo tanto, funcionalmente lejos de los ángulos de trenzado reivindicados de la presente invención, que también explica por qué no se describió por parte de Holzhauer una rigidez sorprendente.

Además, el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con el segundo aspecto de la invención es de al menos 3 N/mm². El esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, es el esfuerzo aparente de acuerdo con la suposición de la teoría de la viga elástica tal como se supone en la norma ASTM D 790-07 (véase más abajo) en la construcción de hilo multifilamento a 5% de deformación. La anchura de la construcción de hilo multifilamento oscila entre 0,2 y 5 mm. Una forma de realización de la invención opcionalmente tiene un ángulo de trenzado de la parte de funda de al menos 30°.

Construcciones de hilo multifilamento tradicionales son flexibles, ya que a los filamentos múltiples se les permite desplazarse uno respecto al otro cuando se doblan. Por lo tanto es muy sorprendente que la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención sea rígida y se comporte sustancialmente como una barra sólida cuando se trata de un comportamiento de flexión. Esto se observa como una tendencia a ser rígida y - si se dobla - y a permanecer rígida en la nueva forma. Esta es una propiedad muy ventajosa, ya que permite, por ejemplo, girar la construcción de hilo multifilamento alrededor de una obstrucción, sin la necesidad de conducir la construcción por la punta. Un ejemplo de esto es en un proceso médico, en donde la construcción de hilo multifilamento se utiliza en una sutura médica y la sutura necesita ser movida alrededor de un hueso sin espacio para guiar la sutura. Otro ejemplo es cuando una construcción de hilo tiene que seguir un tubo guía de un diámetro significativamente mayor que la construcción de hilo multifilamento, en donde la construcción de hilo multifilamento de la presente invención reduce el riesgo de que el hilo sobresalga dentro del tubo guía.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se explicará más detalladamente a continuación con referencia a realizaciones ilustrativas así como a los dibujos, en los cuales

Fig. 1 muestra una representación esquemática de una sección transversal de una construcción de hilo multifilamento de núcleo y funda,

Fig. 2 muestra una construcción de hilo multifilamento doblada con un trenzado de funda de uno sobre uno,

Fig. 3 muestra una construcción de hilo multifilamento con un trenzado de funda de dos sobre dos,

Fig. 4 muestra detalles del cálculo del factor de relleno,

Fig. 5 muestra el ángulo de trenzado de la funda,

Fig. 6 muestra detalles de una sección transversal de la muestra 34,

Fig. 7 muestra detalles de una sección transversal de la muestra 35,

Fig. 8 muestra un miembro que comprende una construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención,

Fig. 9 muestra otro miembro que comprende una construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención.

Todas las figuras son muy esquemáticas y no necesariamente a escala, y muestran sólo partes que son necesarias con el fin de elucidar la invención, omitiéndose o simplemente sugiriéndose otras partes.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la Fig. 1 se muestra un ejemplo de una sección transversal esquemática 30 de una construcción de hilo multifilamento de núcleo y funda. La parte de núcleo 10 comprende una pluralidad de filamentos del núcleo (no mostrados), y la parte de funda 20 comprende una pluralidad de filamentos de la funda (no mostrados). En una realización, la parte de núcleo o la parte de funda pueden ser de revestimiento, por ejemplo para aumentar la rigidez de la construcción, para introducir un aislamiento eléctrico entre el núcleo y la funda o entre la construcción de hilo multifilamento y el entorno circundante, o para introducir un componente activo tal como un agente antimicrobiano o un factor de crecimiento. El revestimiento puede ser de una cubierta, que sustancialmente no penetra en el espacio entre los filamentos, y/o el revestimiento puede ser un revestimiento de impregnación que puede, por ejemplo, mejorar la rigidez de la construcción de hilo multifilamento.

15 Por sección transversal se entiende en esta memoria una sección ortogonal a la dirección longitudinal de la construcción de hilo.

Por construcción de hilo se entiende en esta memoria una combinación de hilos dispuestos en una construcción a modo de cuerda (tal como una cuerda, un cable, un hilo de sutura, un cordel, un sedal, etc.), una construcción textil tejida o no tejida, una red de o una banda.

20 En una realización muy preferida, el factor de relleno de la parte de funda es de al menos 7. El factor de relleno es un indicador de la cercanía de la disposición de los filamentos (típicamente en hilos multifilamento) sobre la superficie de la parte de núcleo. Más adelante se muestra una especificación sobre el cálculo y la determinación del factor de relleno en el presente caso. Se encontró que un alto factor de relleno tendía a aumentar la rigidez de la construcción de hilo multifilamento. Factores de relleno elevados tal como un factor de relleno de al menos 8 ó 9 mejoraba adicionalmente la rigidez de la construcción de hilo multifilamento y se encontró particularmente ventajoso un factor de relleno de al menos 10. En general, se encontró que cuanto mayor era el factor de relleno, más rígida era la construcción de hilo multifilamento. El factor de relleno máximo viene dictaminado por la limitación estructural y depende de un cierto número de parámetros tales como el ángulo de trenzado y la relación de área entre la parte de núcleo y la parte de funda, y puede determinarse de modo experimental para la configuración individual de la construcción de hilo multifilamento. Sin embargo, como regla general, el factor de relleno está típicamente (pero no necesariamente) por debajo de 20.

En la mayoría de los casos, la sección transversal de las construcciones de hilo multifilamento de acuerdo con la invención es sustancialmente circular. Este es particularmente el caso de las construcciones de hilos multifilamentos de acuerdo con el aspecto de la invención que se refiere a la realización de alta compacidad. El área de la sección transversal de la construcción de hilo multifilamento se calcula a partir del diámetro medio medido con un láser ODAC 15XY por una medición de doble eje. El área teórica de la sección transversal es el área correspondiente al título medido de la construcción de hilo multifilamento suponiendo que no haya porosidad en la construcción. La compactación perfecta del hilo multifilamento en la construcción corresponde a una relación $a/A = 1$, lo que básicamente significa que el hilo está totalmente compactado y sin aire atrapado dentro de la construcción. De acuerdo con este aspecto de la invención, la relación, a/A , del área de la sección transversal de la construcción de hilo multifilamento, a , a la zona de sección transversal teórica de la construcción hilo multifilamento, A , debería ser a lo sumo 1,5, pero se encontró que era muy ventajoso que a/A fuera a lo sumo 1,3, y más preferiblemente la relación fuera a lo sumo 1,2, y aún más preferiblemente a lo sumo 1,1. Esto se puede alcanzar mediante una combinación de uno o más de ángulo de trenzado (se prefieren altos ángulos de trenzado según se comenta en otra parte), el factor de relleno (se prefieren altos factores de relleno tal como se comenta en otra parte), la elección del hilo (se prefieren fibras de alto módulo (con un alto módulo longitudinal) con un módulo transversal relativamente blando, tal como hilo de HPPE hilado en gel). Las construcciones de hilo multifilamento altamente compactas son muy ventajosas para aplicaciones en las que es importante un bajo perfil (diámetro) de la construcción de hilo tal como para aplicaciones médicas que implican técnicas invasivas mínimas.

50 Una característica altamente sorprendente de las construcciones de hilos multifilamento de la presente invención era que tras doblar repetidamente, se limitó la disminución del esfuerzo de fluencia por flexión y la resistencia de la construcción de hilo multifilamento permaneció sustancialmente sin cambios. Esta combinación de características (alta resistencia y rigidez también después de doblar repetidamente) se ha solicitado para las aplicaciones médicas durante mucho tiempo. Por lo tanto, una forma de realización muy preferida de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención tiene un esfuerzo de fluencia por flexión agotado, $\sigma_{5\%, 5}$, de más de 45% del esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento. Particularmente preferidas son construcciones de

ES 2 528 643 T3

hilo multifilamento en donde el esfuerzo de fluencia por flexión agotado, $\sigma_{5\%, 5}$, es al menos 55% del esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento.

5 Los filamentos del núcleo y la vaina pueden seleccionarse de una amplia gama de fibras naturales y sintéticas, sin embargo se prefiere que al menos 50% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento y/o al menos 50% en peso de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento se seleccionen del grupo que consiste en fibras sintéticas tales como polipropileno, nilón, poliésteres, polietileno, aramidas y poliamidas. Más preferiblemente, al menos el 90% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento y/o al menos 90% en peso de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento se seleccionan del grupo que consiste en fibras sintéticas tal como polipropileno, nilón, poliésteres, polietileno, aramidas y poliamidas. La rigidez más elevada se encontró cuando los filamentos fueron seleccionados a partir de filamentos de alto módulo tales como filamentos con un módulo e de al menos 5 GPa, e incluso mejor con un módulo e de al menos 9 GPa. En una realización preferida, al menos 90% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento y/o al menos 90% en peso de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento se seleccionan, por lo tanto, del grupo que consiste en polietileno de alto rendimiento (HPPE) y aramidas de alto rendimiento.

20 Por HPPE se entiende en esta memoria polietileno de alto rendimiento, que se basa en hilo de polietileno estirado con un módulo de Young de al menos 30 GPa. HPPE se puede preparar, por ejemplo, por un proceso de hilatura en masa fundida (tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP1445356), mediante el proceso en estado sólido (tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP1627719) o mediante hilatura en gel (tal como se describe, por ejemplo, en el documento WO 2005/066401). Un tipo de HPPE particularmente preferido es polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE), en donde el UHMWPE tiene una viscosidad intrínseca (IV), según se mide en disolución en decalina a 135°C, de al menos 5 dl/g, preferiblemente al menos 10 dl/g, más preferiblemente al menos 15 dl/g, lo más preferiblemente al menos 21 dl/g. Preferiblemente, la IV es a lo sumo 40 dl/g, más preferiblemente a lo sumo 30 dl/g, incluso más preferiblemente a lo sumo 25 dl/g. El UHMWPE hilado en gel tiene típicamente un módulo de Young de al menos 50 GPa.

30 Particularmente ventajoso era HPPE, que es polietileno estirado. El HPPE más preferido era UHMWPE hilado en gel, que combina una tenacidad, módulo y resistencia a la abrasión extremadamente altos. Por lo tanto, en una realización preferida de la invención, al menos 90% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento y/o al menos 90% en peso de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento son UHMWPE hilado en gel.

35 En una realización, la parte de núcleo y/o la parte de funda comprende un componente eléctrica u ópticamente conductor, de modo que la construcción de hilo multifilamento puede conducir la electricidad (tal como señales eléctricas o energía eléctrica) o la luz (tales como señales ópticas o energía tal como, por ejemplo, un haz de láser). En esta realización, es altamente preferido que al menos uno de los filamentos del núcleo o los filamentos de la funda sea de polietileno de alto rendimiento (HPPE), ya que HPPE combina una alta resistencia y resistencia a la abrasión y, con ello, reduce el riesgo de que el componente eléctrica u ópticamente conductor sea dañado durante el uso.

40 La relación entre el área de la parte de núcleo y la parte de funda puede variar considerablemente. En general, también se observó que cuanto mayor era la fracción del área de la sección transversal que representa la parte de funda, mayor será la rigidez de la construcción de hilo multifilamento cuando los filamentos de la parte de núcleo y la parte de funda consisten en el mismo material. Por lo tanto, en una realización preferida, la parte de núcleo 10 es al menos el 25% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a, más preferiblemente la parte de núcleo es al menos 30% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a, y cuando la resistencia de la construcción de hilo multifilamento es particularmente importante, se prefiere que la parte de núcleo sea al menos el 35% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento. En una realización preferida de la construcción de hilo multifilamento que tiene una resistencia especialmente alta, la parte de núcleo cubre una gran parte de la sección transversal, siendo la parte de núcleo a lo sumo el 96% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a. Para obtener construcciones de hilo multifilamento de alta rigidez, se encontró que es ventajoso que la parte de núcleo representara a lo sumo el 50% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a, y más preferiblemente la parte de núcleo representara a lo sumo el 40% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a. Para construcciones de hilo multifilamento de muy alta rigidez, la parte de núcleo representaba a lo sumo el 35% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a tal como, por ejemplo, a lo sumo 30% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a.

55 También se observó que cuanto mayor era la fracción del área de la sección transversal que representa la parte de núcleo, mayor es la resistencia cuando los filamentos de la parte de núcleo y de la parte de funda consisten en el mismo material. En otra realización, en la construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con la invención la parte de núcleo era al menos el 80% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a, y

más preferiblemente al menos el 85% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a. Para la construcción de hilo multifilamento de la mayor resistencia de acuerdo con la invención, se encontró que es ventajoso que el núcleo representara al menos el 90% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a tal como al menos el 93% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a. Para asegurar una cierta rigidez para la construcción de hilo multifilamento de la mayor resistencia de acuerdo con la invención, se encontró que la parte de núcleo preferiblemente debería representar a lo sumo el 96% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a, y más preferiblemente a lo sumo el 94% del área de la sección transversal 30 de la construcción de hilo multifilamento 4a.

El diámetro de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención puede variar dependiendo de la aplicación de la construcción. Para la mayoría de aplicaciones, es adecuada una anchura entre 0,2 mm y 5 mm. Por anchura se entiende en esta memoria la mayor dimensión de una sección transversal de la construcción de hilo multifilamento ortogonal a la dirección longitudinal de la construcción de hilo multifilamento. Parece que para anchuras elevadas, se reduce el efecto de la construcción en el esfuerzo de fluencia por flexión, y el mero diámetro de la construcción parece tener una influencia incrementada sobre el comportamiento a la flexión de la construcción de hilo multifilamento. Esto también explica el por qué no se observó rigidez sorprendente en el documento US 3.968.725 (Holzhauer) para una construcción con un diámetro de 0,3 pulgadas (= 7,6 mm).

Para aplicaciones en el deporte tales como cuerdas finas para yates y sedales, y aplicaciones médicas tales como hilos de sutura, cables y actuadores, es adecuada una anchura de 0,3 mm a 4 mm, y lo más preferiblemente anchuras de 0,4 mm a 3 mm proporcionan el mayor efecto para aplicaciones tales como cables e hilos de suturas médicos.

La resistencia a la tracción de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención puede depender considerablemente de la resistencia a la tracción de los filamentos utilizados para el núcleo y los filamentos de la funda. Se prefiere - pero no se requiere para lograr algún esfuerzo de fluencia por flexión - que la resistencia a la tracción de la construcción de hilo multifilamento sea de al menos 10 cN/dtex, y más preferiblemente de al menos 15 cN/dtex. Esto se puede conseguir, por ejemplo, para la construcción de hilo multifilamento que comprende HPPE opcionalmente en combinación con otros tipos de filamentos tales como poliéster o aramidas. Las más preferidas son construcciones de hilo multifilamento con una resistencia a la tracción de al menos 20 cN/dtex, ya que una construcción de hilo multifilamento de este tipo permite una resistencia muy alta a una anchura muy baja de la construcción, que está muy solicitada, por ejemplo, en aplicaciones médicas en las que técnicas invasivas mínimas continúan empujando la límite de comportamiento del material necesario.

De manera muy sorprendente se encontró que para la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención, la rigidez de la construcción aumenta cuando aumentaba el ángulo de trenzado. Esto es contrario a la situación típica para materiales fibrosos, en donde la alineación de las fibras en la dirección longitudinal tiende a aumentar la rigidez y el alineamiento de las fibras fuera de la dirección longitudinal tiende a disminuir la rigidez.

Por lo tanto, para una realización preferida de la invención, el ángulo de trenzado de la parte de funda de la construcción de hilo multifilamento 4a es de al menos 33°, y más preferiblemente el ángulo de trenzado de la parte de funda es de al menos 35°. En una realización adicional, el ángulo de trenzado de la parte de funda de la construcción de hilo multifilamento 4a es de al menos 40°, y preferiblemente el ángulo de trenzado de la parte de funda de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 45° o incluso mejor al menos 55°. Además, se encontró que las construcciones de hilos multifilamento más rígidas tenían un ángulo de trenzado de la parte de funda de la construcción de hilo multifilamento 4a de al menos 60°.

También se encontró que para ángulos de trenzado extremadamente altos, la construcción tendía a ser engorrosa y llevaba tiempo prepararla. En otra realización la construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con la invención, por lo tanto, tiene un ángulo de trenzado de la parte de funda es a lo sumo de 75°, y preferiblemente el ángulo de trenzado es a lo sumo de 70°. Lo más preferiblemente, el ángulo de trenzado de la parte de funda es a lo sumo de 66°.

Las construcciones de hilo multifilamento 4a de acuerdo con la invención son todas rígido, pero la rigidez varía dependiendo de la construcción real, así como de la elección del material del filamento de la parte de núcleo y - particularmente - la parte de la funda. En una realización de la invención, el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento 4a es de al menos 3 N/mm², y preferiblemente el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento 4a es de al menos 5 N/mm². Para las realizaciones más preferidas, el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento 4a es de al menos 7 N/mm², y más preferiblemente el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento 4a es de al menos 15 N/mm². La mejor combinación de rendimientos de parámetros de construcción exhibía un esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento 4a de al menos 20 N/mm².

Dado que una rigidez demasiado alta es desventajosa en algunas aplicaciones, en una realización el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento 4a puede ser, opcionalmente, menor que 50 N/mm² tal como menor que 30 N/mm².

5 Otro aspecto de la invención se refiere a un miembro 2 que comprende una construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con el primer aspecto de la invención. En una realización, el miembro 2 es un utensilio de deporte tal como un sedal, cuerdas para yates o un hilo de una cometa. Dichos miembros tienden a enredarse durante el uso, y sorprendentemente se encontró que si el miembro comprende la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención, la tendencia a enredarse se reduce y la capacidad de desenredar el miembro se incrementa. Lo mismo se observa para las cuerdas y construcciones de cuerda, así como redes tales como las redes de pesca y redes de carga. En otra realización, el miembro es un artículo antibalas.

10 En una realización particularmente preferida de la invención, el miembro es un implante médico o un producto de reparación médico, tal como un hilo de sutura, un cable o una malla, en que se requiere mucho una combinación de rigidez y capacidad de conservar la rigidez y la resistencia después de doblar repetidamente. Para los miembros a utilizar en aplicaciones médicas, es particularmente ventajoso utilizar construcciones de hilo multifilamento que comprenden filamentos de HPPE, ya que esto permite además una resistencia muy alta y, por lo tanto, permite una miniaturización adicional requerida para técnicas invasivas mínimas. Otro aspecto de la invención, por lo tanto, se refiere al uso de una construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con el primer aspecto de la invención, o un miembro 2 de acuerdo con el segundo aspecto de la invención en un producto de reparación médica. Particularmente dicho uso es ventajoso cuando el producto de reparación médico es un hilo de sutura, un cable o una malla.

15 Debido a la capacidad de la construcción de hilo multifilamento de reducir el enredo y mejorar el desenredo del miembro que comprende la construcción de hilo multifilamento, otro aspecto de la invención se refiere al uso de un segmento 4a de acuerdo con el primer aspecto de la invención o un miembro de acuerdo con el segundo aspecto de la invención para reducir la formación de nudos o reducir la fuerza del nudo. Es muy sorprendente que la construcción tenga estas capacidades altamente útiles. Podría sacarse la teoría, sin limitarse a la misma, que estas capacidades están relacionadas con la rigidez de las construcciones de hilos multifilamento en comparación con otras construcciones de hilo de tamaño similar.

20 Un tipo particular de los miembros 2 de acuerdo con la invención comprende tanto una construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con la invención como una construcción adicional de hilo multifilamento 4b, en donde la construcción adicional de hilo multifilamento 4b es diferente de la construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con la invención. Esto se ilustra en la Fig. 8. Particularmente, se encontró que es ventajoso que la construcción adicional de hilo multifilamento 4b NO sea una construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención. Particularmente esto permite disponer las construcciones rígidas de hilo multifilamento de acuerdo con la invención en conexión con una construcción más flexible, de modo que la parte rígida pueda ser utilizada para posicionar el miembro y la parte flexible pueda ser utilizado para anudar la construcción de hilo multifilamento una vez en su lugar. Por lo tanto, es particularmente ventajoso que la construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con la invención esté dispuesta cerca de un extremo del miembro (2), e incluso más preferiblemente que la construcción de hilo multifilamento 4a de acuerdo con la invención esté dispuesto cerca de los dos extremos del miembro 2 con al menos una construcción de hilo multifilamento 4b adicional, dispuesta entre las construcciones de hilos multifilamento 4a. Esto se ilustra en la Fig. 9. Debe observarse que la Fig. 8 y la Fig. 9 no están dibujadas a escala y que la longitud de las secciones puede variar considerablemente, de manera que la sección 4a puede ser muy corta en comparación con la sección 4b, o viceversa.

Determinación ángulo de trenzado

45 El ángulo de trenzado, θ , es el ángulo entre el hilo trenzado en la superficie de la construcción de hilo y los ejes longitudinales de la construcción de hilo. El ángulo de trenzado se define en la norma DIN 47250 como

$$\theta = \arctan\left(\frac{\pi D_m}{L}\right)$$

Aquí, θ es el ángulo de trenzado; D_m es el diámetro medio de la construcción y L es la longitud de carrera. El diámetro se midió con un láser ODAC 15XY por una medición de doble eje. La longitud de la carrera, L , se calculó a partir del número de puntadas, S , por cm y el número de hebras, N . La longitud de la carrera es entonces

50
$$L = \frac{10mm}{S} \frac{N}{2}$$

Determinación del factor de relleno

ES 2 528 643 T3

El factor de relleno, F, es una medida de la estanqueidad de los hilos de la funda en la superficie definida como

$$F = \frac{\sqrt{t/\rho}}{d}$$

Aquí, t es el título de los hilos de la funda en tex (gramo/km), d es la distancia media entre dos hilos paralelos en la cubierta en mm y ρ es la densidad en gramos/cm³ del polímero del hilo de la funda. Para hilos de HPPE utilizado, $\rho = 0,975$ y los hilos de poliéster utilizados $\rho = 1,37$.

En la Fig. 4, se ilustra la medición y el cálculo. La distancia media entre dos hilos paralelos, d, se mide por microscopía electrónica de barrido en una pieza recta de construcción de hilo. Trazar una línea (virtual), I1, dispuesta longitudinalmente sobre el centro de la trenza. Elegir un primer hilo y trazar una línea (virtual), I2, paralela a la dirección del hilo local en el lugar en donde el primer hilo intersecta I1. Contar 10 hilos desde el primer hilo y trazar una línea (virtual), I3, paralela a la dirección del hilo local en el lugar en el que el 10° hilo intersecta I1.

Encontrar el centro de I1 entre las dos intersecciones de I2 y I3 con I1. Construir la línea I4 más corta entre I2 y I3 a través de I1. d es la longitud de I4 dividida por 10. En el caso ideal, I2 y I3 son paralelas y I4 es perpendicular a I2 y I3, pero son probables pequeñas desviaciones.

Esfuerzo de fluencia por flexión

Las construcciones de hilos multifilamento se someten a ensayo según la Norma ASTM D 790-07. Sin embargo, se requieren algunas ligeras modificaciones con respecto al método descrito en la norma para tener en cuenta las condiciones del presente caso.

ASTM D 790-07 asume una relación de envergadura a profundidad de 16 según como el caso normal. El apartado 7.5 de la Norma discute la posibilidad de utilizar una relación de envergadura a profundidad mayor. Se recomienda una relación mayor para materiales compuestos de alta resistencia. Las presentes probetas no son materiales compuestos de alta resistencia, pero los componentes preferidos son hilos de alta resistencia tales como hilo de HPPE. Así, razones de la recomendación de una relación mayor de envergadura a profundidad se aplican asimismo a la presente probeta, y la siguiente mayor relación de envergadura a profundidad de 32 recomendada ha sido adoptada por las presentes probetas.

La segunda diferencia es la forma de la sección transversal. ASTM D 790-07 se escribe para probetas con secciones transversales rectangulares. Las secciones transversales de las construcciones de hilos multifilamento de acuerdo con la invención son sustancialmente circulares. El uso de otras secciones transversales distintas a la sección transversal rectangular, descritas en ASTM D 790-07, no viola la física del ensayo de flexión. Sin embargo, las fórmulas que traducen cargas a tensión del material y rigidez deben ser adaptadas a otras geometrías. Las fórmulas en la Norma ASTM D 790-07 se derivan de la teoría de la viga primaria. La teoría de la viga también ofrece este tipo de fórmulas para secciones transversales circulares. Los cambios son:

En la ecuación (3) de la Norma ASTM D 790-07 para la resistencia a la flexión

$$\sigma_f = 3PL / 2bd^2 \text{ se sustituye por: } \sigma_f = 8PL / \pi d^3$$

En la ecuación (6) de la Norma ASTM D 790-07 para el módulo

$$E_b = L^3m / 4bd^3 \text{ se sustituye por: } E_b = L^3m / 3\pi d^4$$

ASTM D 790-07 analiza el nivel de esfuerzo al que se determina la resistencia. Esto puede ser a carga máxima, pero también en un cierto nivel de esfuerzo. Se establece en la Norma ASTM D 790-07 que los resultados en esfuerzos mayores que 5% ya no son válidos. Por supuesto este valor es algo arbitrario. Sorprendentemente, se encontró que las construcciones de hilos multifilamento de acuerdo con la invención muestran a menudo una carga máxima a valores de deformación algo por encima de 5%. Están, por lo tanto, en principio, más allá de la validez establecida de la Norma. No obstante, también se reseñó el esfuerzo de fluencia por flexión máximo, $\sigma_{\text{máx}}$ se reseña adicionalmente al esfuerzo de fluencia por flexión a una deformación de 5%, $\sigma_{5\%}$, (que está dentro de la validez establecida de ASTM D 790-07).

La curva de tensión-deformación de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención es ligeramente diferente de otros materiales. Sin embargo, existen muchas similitudes. La punta en el inicio de la curva, tal como se comenta en la Norma ASTM D 790-07, también está presente durante los ensayos de la construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención. Esta punta es debida al apilamiento, etc. tal como se comenta en la

ES 2 528 643 T3

5 Norma ASTM D 790-07 y, por lo tanto, se desecha, por lo que el módulo se deriva de la parte más inclinada de la curva, tal como se recomienda en la Norma. De hecho la mayoría de los ensayos muestran una zona razonablemente recta en el diagrama de desplazamiento de carga, después de superar la "zona de la punta". Esta zona razonablemente recta es la región con la pendiente más pronunciada y, de hecho, muestra características de un módulo real y, por lo tanto, se reseña como $E_{\text{verdadera}}$ totalmente de acuerdo con la recomendación de la Norma, tal como se presenta en la sección 12.9.1 de la Norma ASTM D 790-07. La construcción de hilo multifilamento de acuerdo con la invención muestra una transición a una segunda región lineal alrededor de aproximadamente 2% - 3% de deformación. Esta segunda región lineal permite la determinación de un módulo secundario que se reseña adicionalmente como E_{sec} . Este es un módulo secante tal como se comenta en el párrafo 12.9.2 de la Norma. Resumiendo, los resultados obtenidos son:

Tabla 1: Significado de los símbolos

Símbolo	Propiedad	Comentario
$\sigma_{5\%}$	Esfuerzo aparente de acuerdo con la suposición de la teoría de la viga elástica a 5% de deformación	Ajustado a ASTM D 790-07
$\sigma_{\text{máx}}$	Esfuerzo máximo (corresponde a resistencia final)	A mayor valor de esfuerzo que el aceptado por ASTM D 790-07, pero valor informativo
$E_{\text{verdadera}}$	Módulo	Ajustado a ASTM D 790-07
E_{sec}	Módulo secundario	Ajustado a ASTM D 790-07. Módulo secante

Se debe observar que $\sigma_{5\%}$ es la evaluación conservadora de la rigidez de la construcción de hilo multifilamento, ya que el esfuerzo máximo $\sigma_{\text{máx}}$ (también correspondiente a la resistencia máxima) es mayor que $\sigma_{5\%}$.

15 Esfuerzo de fluencia por flexión agotado

Cables rígidos tradicionales son monolíneas de acero debido al bajo costo y a la alta rigidez específica. Monolíneas de acero son típicamente propensas a un considerable trabajo en frío al doblarse y, por lo tanto, exhibirán típicamente un cambio sustancial en las propiedades tras flexión repetida, y a menudo incluso se rompen después de sólo unos pocos ciclos de flexión, de manera que virtualmente no es posible una remodelación múltiple.

20 Sorprendentemente, se encontró que segmentos de acuerdo con la presente invención mostraron una baja reducción del esfuerzo de fluencia por flexión tras doblarse repetidamente (en lo sucesivo denominado esfuerzo de fluencia por flexión agotado, $\sigma_{5\%, 5}$). En una realización preferida de la presente invención, el esfuerzo de fluencia por flexión agotado, $\sigma_{5\%, 5}$ del segmento es más del 50% de esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$. Más preferiblemente, $\sigma_{5\%, 5}$ es más del 55% de $\sigma_{5\%}$, y lo más preferiblemente $\sigma_{5\%, 5}$ del segmento es más del 70% de $\sigma_{5\%}$. Un alto esfuerzo de fluencia por flexión agotado es muy ventajoso, dado que las construcciones de hilos que comprenden los segmentos de esta realización pueden ser re-configurados varias veces por el usuario final (tal como un cirujano) sin que el usuario final experimenta un cambio importante en el comportamiento de flexión.

EJEMPLOS

Ejemplo 1: Preparación de la construcción de núcleo

30 Para el trabajo experimental, se preparan núcleos en una máquina de trenzado Herzog RU 2/16-80 trenzando 16 hilos del núcleo de filamentos del núcleo en una trenza diamante de uno sobre uno. Los hilos del núcleo tenían un tipo de material, título del hilo y título del filamento variables. Los núcleos preparados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Núcleos

Núcleo	Hilo del núcleo	Nivel de puntadas	Título del núcleo
A	16*1*220 HPPE Dyneema Purity® SGX	8,0 punt./cm	3880 dTex
B	16*1*440 HPPE Dyneema Purity® SGX	7,4 punt./cm	7880 dTex
C	16*1*280 Poliéster (PES) 280 dTex, f48, 57 T	8,0 punt./cm	4680 dTex

35 Todos los núcleos mostraron muy baja resistencia a la deformación por flexión con $\sigma_{5\%}$ y $\sigma_{\text{máx}}$ por debajo de 1 N/mm².

Ejemplo 2: Trenzado de la construcción de funda en la construcción del núcleo

40 Para el trabajo experimental, las fundas se preparan en una máquina de trenzado Herzog RU 2/16-80 trenzando 16 hilos de funda de filamentos de funda. Las fundas se trenzaron directamente sobre los núcleos preparados en el Ejemplo 1. Los hilos de la funda tenían un tipo de material, título del hilo y título del filamento variables. Las construcciones de hilo multifilamento preparadas se presentan en la Tabla 3.

ES 2 528 643 T3

Ejemplo 3: Determinación del ángulo de trenzado

Ángulos de trenzado de la funda se determinaron de acuerdo con el método arriba descrito. Los valores se presentan en la Tabla 3.

Ejemplo 4: Medición del factor de relleno de la capa de la funda

- 5 Los factores de relleno de la funda se midieron de acuerdo con el método arriba descrito. Los valores se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Muestras

Muestra	Núcleo	Funda					Total	
		Material	Nivel de puntadas [punt./cm]	Título [dtex]	Factor de relleno	Ángulo de trenzado	Título [dtex]	Diámetro [mm]
1	A	I	37	570	7,6	52°	4450	0,88
2	A	I	40	760		54°	4640	0,88
3	A	I	50	850		60°	4730	0,89
4	A	I	60	1100	10,7	65°	4980	0,88
5	A	II	30	1420	10,5	48°	5300	0,97
6	A	II	40	1680		57°	5560	0,98
7	A	II	50	1850		62°	5730	0,99
8	A	II	55	2130	14,94	65°	6010	0,99
9	A	III	15	4570	7,8	36°	8450	1,24
10	A	III	20	5070	12,5	44°	8950	1,25
11	A	III	25	5900		52°	9780	1,30
12	A	III	30	6340		57°	10220	1,31
13*	B	II	30	1330	7,8	29°	9210	1,30
14	B	II	35	1830		33,5°	9710	1,30
15	B	II	40	2000	9,8	38°	9880	1,30
16	B	II	50	2360	11,5	48°	10240	1,32
17	B	II	55	2520		52°	10400	1,34
18	B	I	35	630		33°	8510	1,24
19	B	I	40	710		38°	8590	1,24
20	B	I	50	1100		47°	8980	1,25
21	B	I	60	1210		57°	9090	1,25
22*	C	IV	15	5320	7,2	36°	10000	1,25
23*	C	IV	20	5920	9,8	45°	10600	1,25
24	C	IV	25	6660	12,0	51°	11340	1,26
25	C	IV	30	7490	12,4	56°	12170	1,28
26	C	III	15	4630	6,0	36°	9310	1,26
27	C	III	20	5200	6,6	44°	9880	1,26
28	C	III	25	6070	7,0	51°	10750	1,28
29	C	III	30	6820	7,4	57°	11500	1,30
30*	A	IV	15	5220	5,5	37°	9100	1,21
31*	A	IV	20	5770	6,3	45°	9650	1,24
32	A	IV	25	6380	7,0	51°	10260	1,28
33	A	IV	30	7020	7,4	57°	10900	1,32

* indica ejemplo de referencia

10 Funda

- I: calidad 16*1*25 HPPE Dyneema Purity® TG
- II: calidad 16*1*55 HPPE Dyneema Purity® SGX
- III: calidad 16*1*220 HPPE Dyneema Purity® SGX
- IV: 16*1*280 PES

ES 2 528 643 T3

Ejemplo 5: Medición del esfuerzo de fluencia por flexión

El esfuerzo de fluencia por flexión se midió según el método arriba descrito. Los valores se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: Resultados del ensayo mecánico

Muestra	$\sigma_{5\%}$ [N/mm ²]	$\sigma_{\text{máx}}$ [N/mm ²]	$E_{\text{verdadera}}$ [N/mm ²]	E_{sec} [N/mm ²]	Evaluación de la rigidez
1	12,1	13,8	186,2	1413,7	1
2	13,9	15,6	265,9	1498,3	1
3	17,8	19,8	319,5	2105,7	2
4	24,2	27,3	501,4	2801,7	2
5	8,9	9,6	174,5	814,5	1
6	10,9	11,9	282,7	1094,6	1
7	12,6	13,7	280,3	1251,9	2
8	16,24	17,54	311,7	1862,7	2
9	3,6	3,7	52,1	327,0	0
10	4,8	5,0	65,0	527,6	1
11	5,5	5,5	71,1	548,8	1
12	6,0	6,1	75,5	636,4	1
13*	5,5	5,6	99,7	413,7	1
14	6,7	6,8	104,4	524,1	1
15	6,9	7,1	114,0	528,5	1
16	7,6	7,8	135,8	613,3	2
17	7,8	8,4	144,6	634,9	2
18	4,6	4,7	102,4	246,0	1
19	6,4	6,5	125,24	410,4	2
20	9,0	9,2	148,3	706,0	2
21	11,1	11,2	207,6	944,6	2
22*	1,8	1,9	26,9	192,8	0
23*	2,5	2,6	36,7	180,2	0
24	3,3	3,4	49,8	256,7	1
25	3,4	3,5	56,7	351,4	1
26*	2,3	2,5	42,5	174,1	0
27	3,3	3,5	56,6	240,6	0
28	4,9	4,9	97,2	360,5	0
29	4,8	4,9	82,3	375,7	0
30*	1,8	1,9	101,6	33,1	0
31*	2,6	2,7	169,7	52,7	0
32	3,0	3,1	216,3	57,9	1
33	4,2	4,4	359,8	86,8	1

5 * indica muestra de referencia

La "Evaluación de la rigidez" es una evaluación cualitativa, en que 2 indica muy alta rigidez de la construcción de hilo multifilamento; 1 indica rígida construcción de hilo multifilamento; 0 indica baja, pero todavía rigidez de la construcción de hilo multifilamento medible.

10 A partir de los resultados de la Tabla 4 se observa que la rigidez, según se indica por $\sigma_{5\%}$ y $\sigma_{\text{máx}}$ de las construcciones de hilos multifilamento de acuerdo con la invención es una función compleja de un cierto número de parámetros. Sin embargo, se observan una serie de tendencias. En general, se encontró que cuanto mayor era el ángulo de trenzado, más rígida era la construcción de hilo multifilamento. Además, cuanto mayor era el factor de relleno, más rígida era la construcción de hilo multifilamento. Finalmente, se observó la mayor rigidez para muestras de % de área menor de la funda que del núcleo.

15 Ejemplo 6: Medición del esfuerzo de fluencia por flexión agotado

La muestra consiste en una pieza de 1 metro del segmento a investigar. En la mitad de la muestra (50 cm desde ambos extremos) el segmento se dobla en un ángulo de 90° sobre un borde con una curvatura que tiene un radio de 1 mm, después de lo cual se endereza el segmento. La flexión se lleva a cabo 5 veces en el mismo lugar, tras lo cual el esfuerzo de fluencia por flexión (al que se alude como esfuerzo de fluencia por flexión agotado, $\sigma_{5\%, 5}$) se

ES 2 528 643 T3

mide como se describe en otra parte en el mismo lugar. El esfuerzo de fluencia por flexión agotado se compara con el esfuerzo de fluencia por flexión de una muestra que no está expuesta a la flexión repetida.

Los resultados se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5: Esfuerzo de fluencia por flexión agotado

5

Muestra	$\sigma_{5\%}$ [N/mm ²]	$\sigma_{5\%,5}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m\acute{a}x}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m\acute{a}x5}$ [N/mm ²]
1	12,1	7,0 (= 58% $\sigma_{5\%}$)	13,8	7,6 (= 55% $\sigma_{m\acute{a}x}$)
4	24,2	14,9 (= 61% $\sigma_{5\%}$)	27,3	16,0 (= 58 % $\sigma_{m\acute{a}x}$)

En la Tabla 5 se observa que el esfuerzo de fluencia por flexión agotado de las muestras A y B de acuerdo con la invención es más de 50% del esfuerzo de fluencia por flexión del de las muestras que no están expuestas a una flexión repetida.

10 Ejemplo 7: La compacidad de construcción de hilo multifilamento

Se prepararon tres muestras de acuerdo con las especificaciones de la Tabla 6.

Tabla 6: Especificaciones para las muestras 34, 35 y 36

Nº	Descripción	Título	Diámetro	Comentarios
34*	Núcleo: 16x1x220 SGX 8 punt./cm Funda: 6x1x55 SGX 15 punt./cm	489 tex	1,25 mm	Muestra comparativa. Bajo esfuerzo de fluencia por flexión
35	Núcleo: 16x1x220 SGX 8 punt./cm Funda: 16x1x55 SGX 47 punt./cm	567 tex	0,930 mm	Alto esfuerzo de fluencia por flexión
36	Núcleo: 2x1760 SK75 Funda: 16x1x25 62,0 punt./cm	462 tex	0,800 mm	Alto esfuerzo de fluencia por flexión

* indica muestra de referencia

15 SGX: calidad HPPE Dyneema Purity® SGX

SK75: calidad HPPE Dyneema SK75

20 Micrografías electrónicas de barrido de la muestra 34 se muestran en la Fig. 6 y de la muestra 35 en la Fig. 7. En la Fig. 6, los filamentos (puntos oscuros) están dispuestos como puntos discretos con grandes áreas con la resina más ligera utilizada para la preparación de las imágenes. En la Fig. 7, los filamentos están muy estrechamente dispuestos y se observa claramente que la mayor parte de los filamentos están fuertemente deformados. La funda todavía se observa como una zona separada, pero el espacio entre el núcleo y la funda es muy pequeño y sólo se observa una pequeña cantidad de la fase de resina más ligera.

El área de la sección transversal teórica se calcula basándose en la fórmula

$$D = 0.0357 \sqrt{T/\rho}$$

25 , en que donde D es el diámetro teórico de la sección transversal, T es el título en tex de la construcción de hilo multifilamento, y ρ es la densidad del hilo multifilamento. Las áreas en sección transversal calculadas se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7: Áreas en sección transversal

Nº	Área en sección transversal de la construcción, a, [mm ²]	Área en sección transversal teórica de la construcción, A, [mm ²]	Relación a/A	Comentarios
34*	1,45	0,64	2,45	Grandes cantidades de resina observadas en el interior de la construcción
35	0,86	0,74	1,17	Resina muy limitada observada en el interior de la construcción
36	0,64	0,60	1,06	Virtualmente ninguna resina observada en el interior de la construcción

* indica muestra de referencia

A partir de la Tabla 7 se observa que se han realizado construcciones con muy baja relación a/A.

5

REIVINDICACIONES

1. Una construcción de hilo multifilamento (4a) que comprende una parte de núcleo (10) y una parte de funda (20), comprendiendo la parte de núcleo (10) una pluralidad de filamentos del núcleo (12), y comprendiendo la parte de funda (20) una pluralidad de filamentos de la funda (22), en que
- 5 - la parte de funda (20) oscila entre 4 y 75% de área de una sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a),
- la parte de funda (20) está trenzada sobre la parte de núcleo (10),
- el ángulo de trenzado (α) de la parte de funda (20) es al menos 30°, y
- la anchura de la construcción de hilo multifilamento oscila entre 0,2 y 5 mm,
- 10 - en donde el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento (4a) es al menos 3 N/mm².
2. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con la reivindicación 1, en que
- la relación (a/A) del área en sección transversal de la construcción de hilo multifilamento (a) al área en sección transversal teórica de la construcción de hilo multifilamento (A) es de a lo sumo 1,5; preferiblemente, la relación es a lo sumo 1,3, más preferiblemente, la relación es a lo sumo 1,2, y aún más preferiblemente, a lo sumo 1,1.
- 15
3. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde la parte de funda (20) tiene un factor de relleno de al menos 7, preferiblemente el factor de relleno de la parte de funda (20) es de al menos 8, más preferiblemente el factor de relleno de la parte de funda (20) es de al menos 9, lo más preferiblemente el factor de relleno de la parte de funda (20) es de al menos 10, opcionalmente el factor de relleno de la parte de funda (20) es menor que 20.
- 20
4. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el esfuerzo de fluencia por flexión agotado, $\sigma_{5\%,5}$ es más del 45% del esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$.
5. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la parte de núcleo (10) es al menos el 25% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), preferiblemente la parte de núcleo es al menos el 30% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), más preferiblemente al menos el 35% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), y la parte de núcleo es a lo sumo el 96% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), preferiblemente a lo sumo el 50% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), más preferiblemente a lo sumo el 40% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), más preferiblemente a lo sumo el 35% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), lo más preferiblemente a lo sumo el 30% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a).
- 25
6. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la parte de núcleo es al menos el 80% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), más preferiblemente al menos el 85% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), más preferiblemente al menos el 90% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), lo más preferiblemente al menos el 93% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), y la parte de núcleo es a lo sumo el 96% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a), preferiblemente a lo sumo el 94% de área de la sección transversal (30) de la construcción de hilo multifilamento (4a).
- 30
7. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde al menos el 50% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento (4a), y/o al menos el 50% en peso de la pluralidad de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento (4a) se selecciona del grupo que consiste en fibras sintéticas tales como polipropileno, nilón, poliésteres, polietileno, aramidias y poliaramidas;
- 35
- 40
- 45
- preferiblemente, al menos el 90% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento (4a) y/o al menos 90% en peso de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento

ES 2 528 643 T3

(4a) se seleccionan del grupo que consiste en fibras sintéticas tal como polipropileno, nilón, poliésteres, polietileno, aramidas y poliamidas;

más preferiblemente, al menos el 90% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento (4a) y/o al menos 90% en peso de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento (4a) se seleccionan del grupo que consiste en polietileno de alto rendimiento y aramidas de alto rendimiento,

lo más preferiblemente, al menos el 90% en peso de la pluralidad de los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento (4a) y/o al menos 90% en peso de los filamentos de la funda de la construcción de hilo multifilamento (4a) son UHMWPE hilado en gel.

8. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el ángulo de trenzado (α) de la parte de funda (20) de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 33° , preferiblemente el ángulo de trenzado (α) de la parte de funda de la construcción de hilo multifilamento es de al menos 35° , más preferiblemente el ángulo de trenzado (α) de la parte de funda (20) de la construcción de hilo multifilamento es de al menos 40° , más preferiblemente el ángulo de trenzado de la parte de funda (20) de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 45° , más preferiblemente el ángulo de trenzado de la parte de funda de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 55° , y aún más preferiblemente el ángulo de trenzado de la parte de funda (20) de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 60° .

9. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el ángulo de trenzado (α) de la parte de funda (20) de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de a lo sumo 75° , preferiblemente el ángulo de trenzado es de a lo sumo 70° , más preferiblemente el ángulo de trenzado de la parte de funda es de a lo sumo 66° .

10. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde los filamentos del núcleo de la construcción de hilo multifilamento (4a) comprende al menos 25 filamentos, preferiblemente los filamentos del núcleo están dispuestos

- en paralelo;
- en paralelo con una torsión inferior a 100 vueltas por metro;
- con los filamentos dispuestos en al menos 3 hilos multifilamento dispuestos en una construcción trenzada, plisada, doblada o retorcida;
- en una combinación de al menos dos de las disposiciones arriba mencionadas.

11. La construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 3 N/mm^2 , preferiblemente el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 5 N/mm^2 , más preferiblemente el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 7 N/mm^2 , más preferiblemente el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 15 N/mm^2 , y lo más preferiblemente el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento (4a) es de al menos 20 N/mm^2 , opcionalmente el esfuerzo de fluencia por flexión, $\sigma_{5\%}$, de la construcción de hilo multifilamento (4a) es menor que 50 N/mm^2 tal como menor que 30 N/mm^2 .

12. Un miembro (2) que comprende una construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11; preferiblemente el miembro es un sedal, una cuerda o una construcción de cuerda, una red de pesca, una red de carga, un artículo antibalas, un hilo de una cometa o un producto médico tal como un implante, un producto de reparación médico, un hilo de sutura, un cable o una malla.

13. El miembro (2) de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende, además, una construcción adicional de hilo multifilamento (4b), en donde la construcción adicional de hilo multifilamento (4b) es diferente de la construcción de hilo multifilamento (4a); preferiblemente, la construcción adicional de hilo multifilamento (4b) NO es una construcción de hilo multifilamento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11; más preferiblemente, la construcción de hilo multifilamento (4a) está dispuesta cercana a un extremo del miembro (2).

14. Uso de una construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 o de un miembro (2) de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, en un producto de reparación médico, un hilo de sutura, un cable o una malla.

15. Uso de una construcción de hilo multifilamento (4a) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 o de un miembro (2) de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, para reducir la formación de nudos o reducir la resistencia de los nudos.

FIG. 1/9

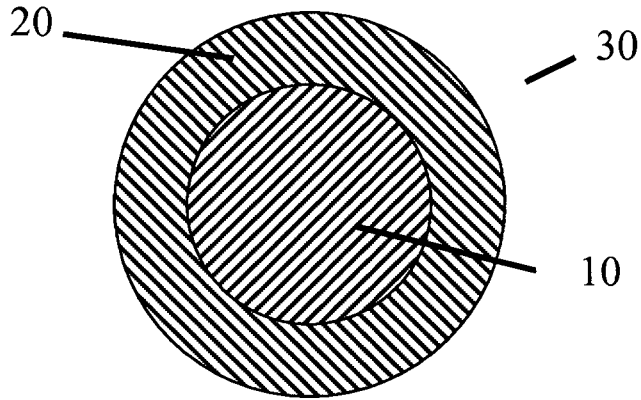


FIG. 2/9

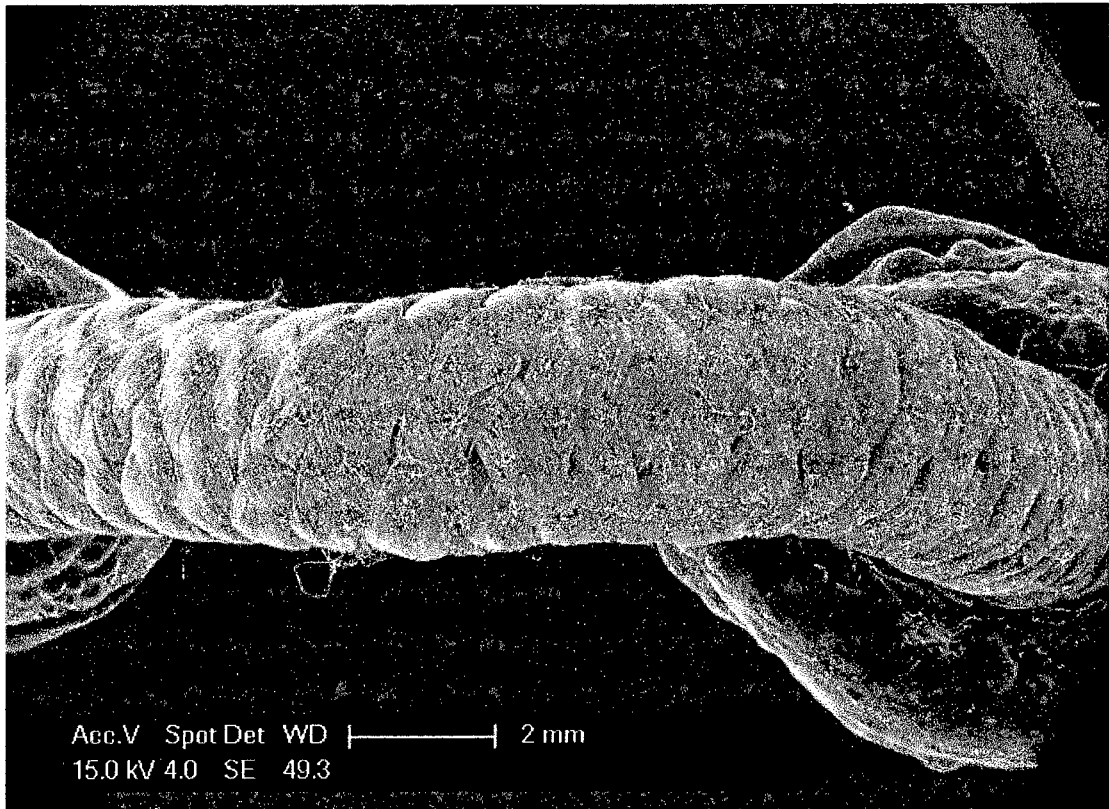


FIG. 3/9

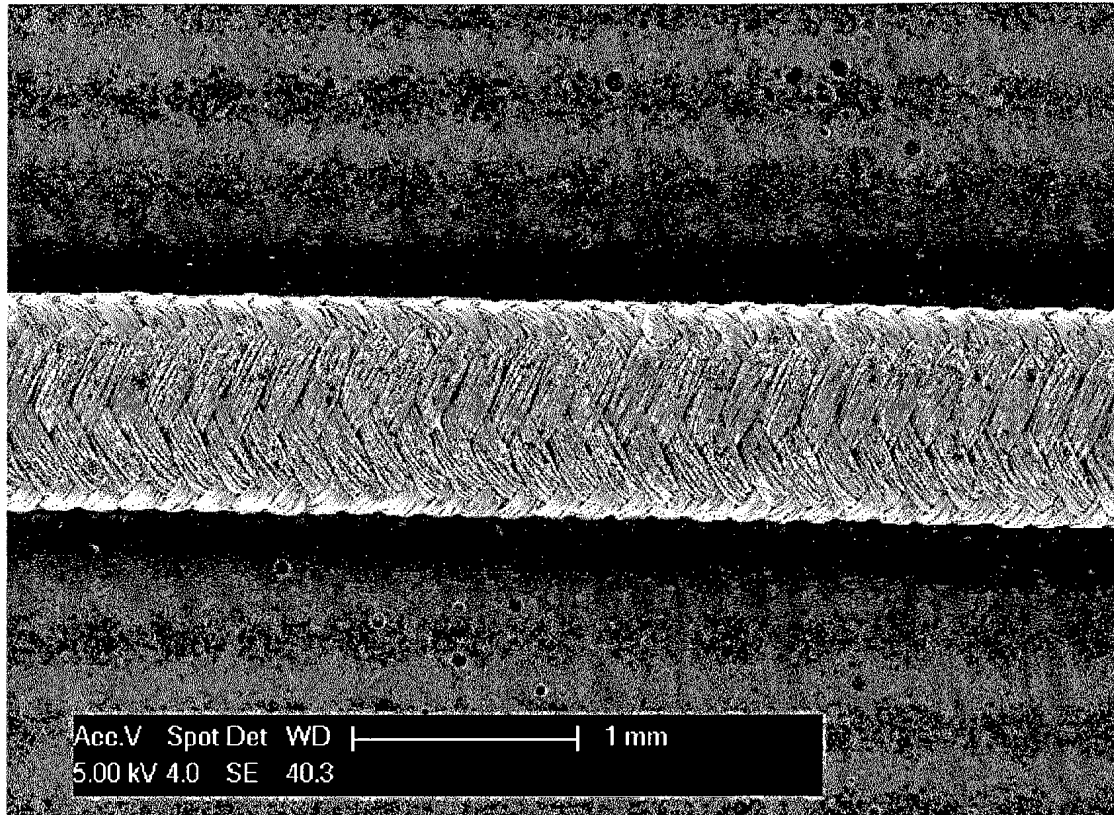


FIG. 4/9

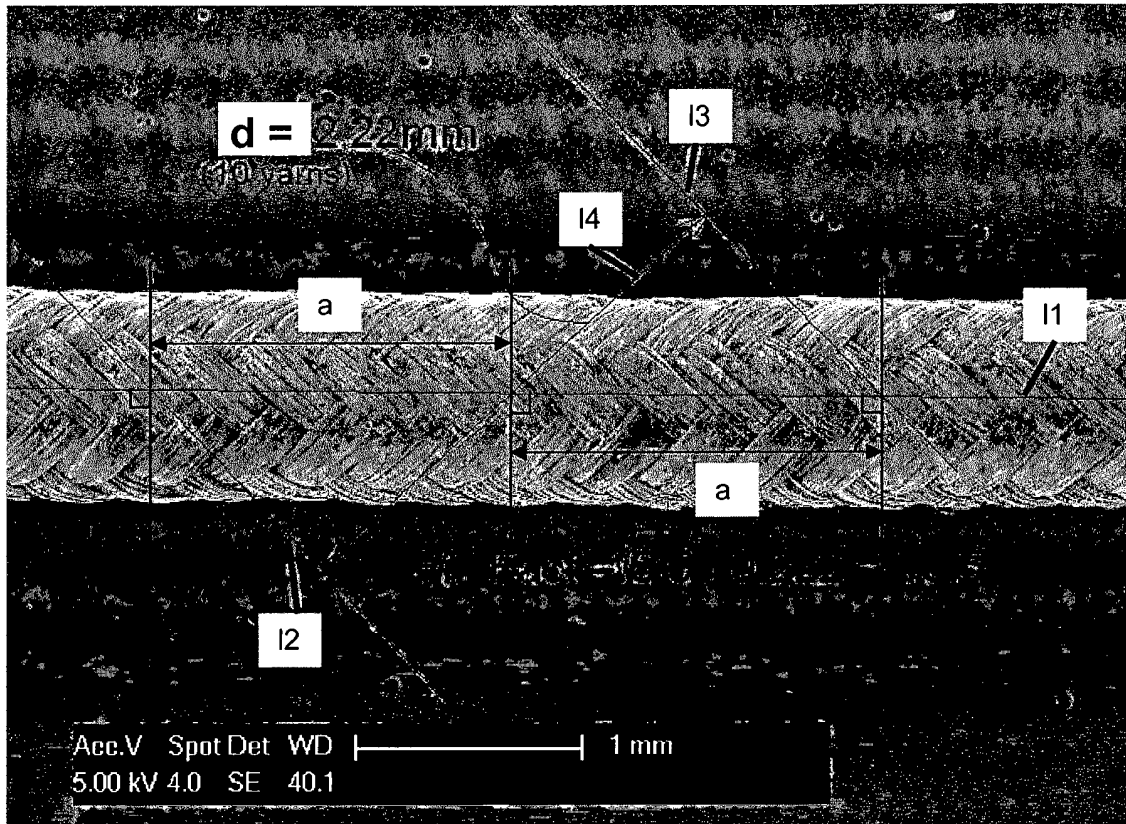


FIG. 5/9

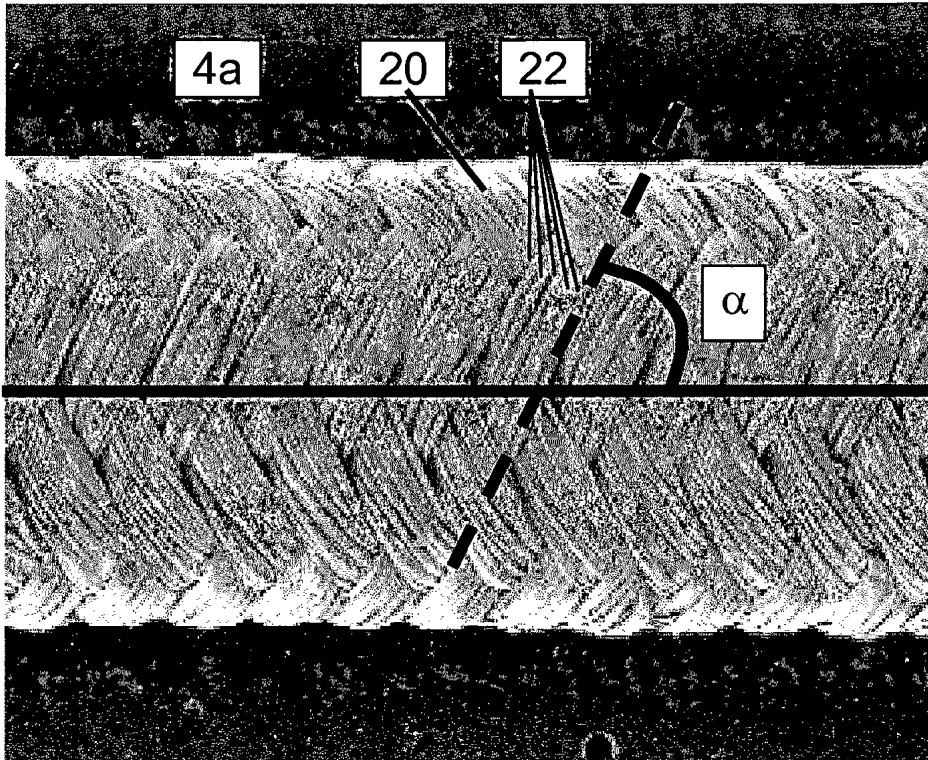


FIG. 6/9

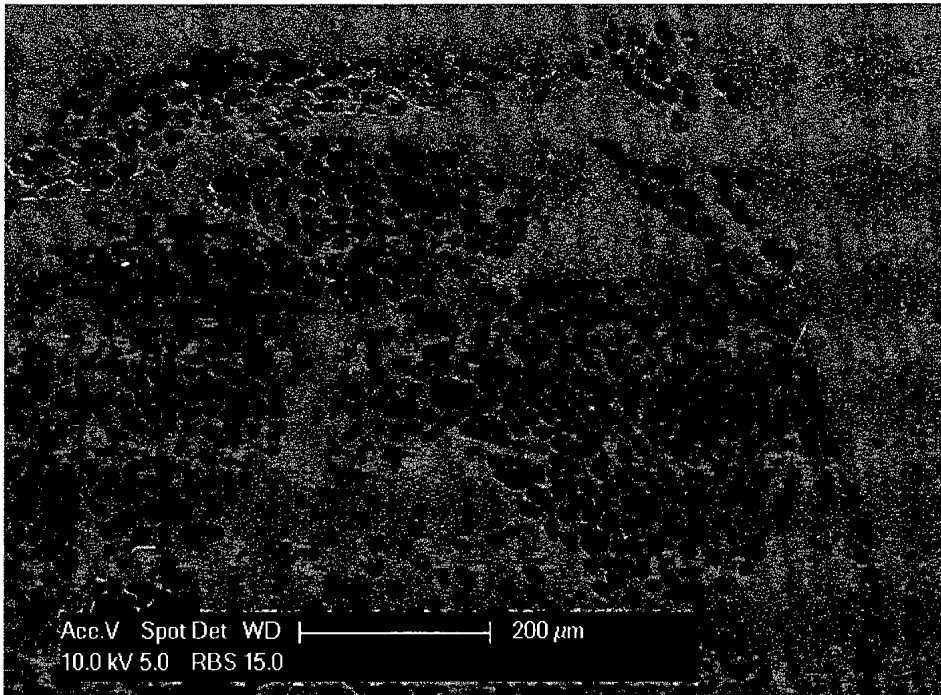


FIG. 7/9

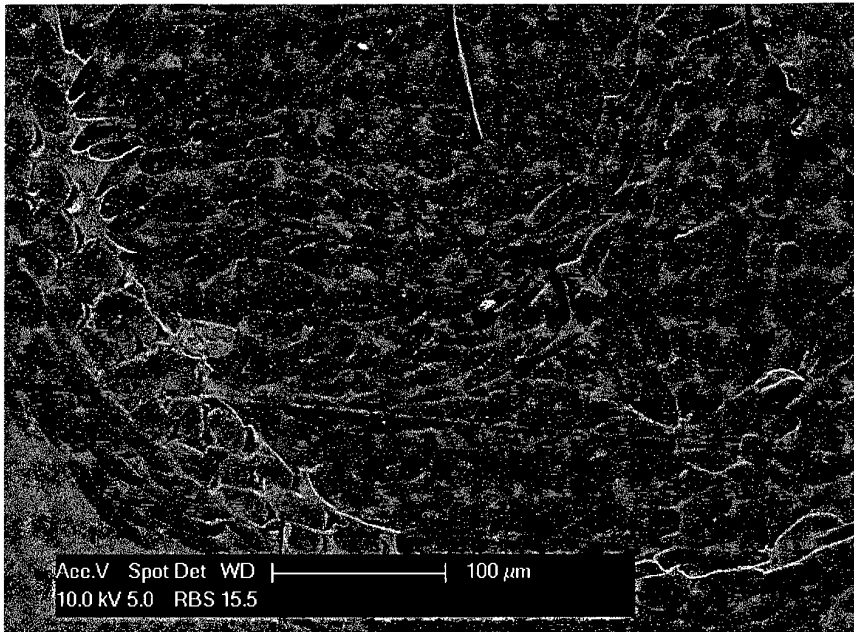


FIG. 8/9

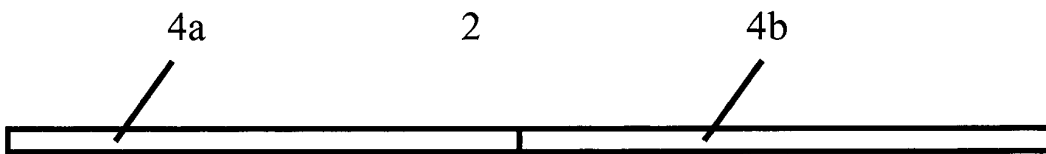


FIG. 9/9

