

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 604**

51 Int. Cl.:

**A01K 91/00** (2006.01)

**D02G 3/02** (2006.01)

**D02G 3/04** (2006.01)

**D02G 3/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2011 PCT/US2011/024962**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2011 WO11112322**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2011 E 11753765 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2544527**

54 Título: **Haz compuesto de fibra de fluoropolímero**

30 Prioridad:

**09.03.2010 US 720074**

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

**24.03.2017**

73 Titular/es:

**W.L. GORE & ASSOCIATES, INC. (100.0%)  
555 Paper Mill Road, P.O. Box 9206  
Newark DE 19714, US**

72 Inventor/es:

**CLOUGH, NORMAN, E.**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 606 604 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

Haz compuesto de fibra de fluoropolímero

### CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a un sedal hecho de un haz compuesto que incluye politetrafluoroetileno expandido (ePTFE).

### DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

10 Como se usa en la presente solicitud, el término "fibra" significa un artículo similar a hebra como se indica en 16 y 18 de la Fig. 1. Fibra como se usa en el presente documento incluye fibra monofilamento y fibra multifilamento. Una pluralidad de fibras pueden combinarse para formar un "haz" 14 como se muestra en la Fig. 1. Cuando se combinan diferentes tipos de fibras para formar un haz, se denomina en el presente documento un "haz compuesto". Una pluralidad de haces pueden combinarse para formar un "grupo de haces" 12 como se muestra en la Fig. 1. Una pluralidad de grupos de haces pueden combinarse para formar una "cuerda" 10 como se muestra en la Fig. 1 (aunque se contemplan y describen construcciones de cuerda alternativas en el presente documento).

15 "Aplicaciones de tensiones repetidas", como se usa en el presente documento, significa aquellas aplicaciones en las que las fibras están sometidas a fuerzas de tracción, flexión o torsión, o combinaciones de las mismas, que producen fallo a la abrasión y/o compresión de la fibra, tal como en cuerdas para aplicaciones de amarre y de elevaciones pesadas, que incluyen, por ejemplo, aplicaciones oceanográficas, marinas y de perforación en alta mar, y en cuerdas que se flexionan bajo tensión contra una polea, tambor o roldana.

20 "Fibra de alta resistencia", como se usa en el presente documento, se refiere a una fibra que tiene una tenacidad superior a 132,5 cN/tex (15 g/d).

"Tasa de abrasión", como se usa en el presente documento, significa el cociente de la disminución en la fuerza de rotura de una muestra y el número de ciclos de la prueba de abrasión (como se define adicionalmente en el Ejemplo 1).

25 "Relación de resistencias a la rotura después de la prueba de abrasión", como se usa en el presente documento, significa el cociente de la resistencia a la rotura después de la prueba de abrasión para un artículo de prueba dado que incluye la adición de fibras de fluoropolímero y la resistencia a la rotura después de la prueba de abrasión para la misma construcción del artículo de prueba sin la adición de las fibras de fluoropolímero.

"Baja densidad", como se usa en el presente documento, significa densidad inferior a aproximadamente 1 g/cc.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

30 Se usan fibras de alta resistencia en muchas aplicaciones. Por ejemplo, se usan cuerdas poliméricas ampliamente en aplicaciones de amarre y de elevaciones pesadas, que incluyen, por ejemplo, aplicaciones oceanográficas, marinas y de perforación en alta mar. Están sometidas a altas tensiones de tracción y flexión en uso, además de a una amplia variedad de desafíos medioambientales. Estas cuerdas se construyen en una variedad de formas a partir de diversos tipos de fibra. Por ejemplo, las cuerdas pueden ser cuerdas trenzadas, cuerdas de trama de alambres, o cuerdas de hebras paralelas. Las cuerdas trenzadas se forman trenzando grupos de haces juntos a diferencia de retorcerlos juntos. Las cuerdas de trama de alambres se hacen de una manera similar a las cuerdas de alambre, donde cada capa de haces retorcidos está generalmente enrollada (dispuesta) en la misma dirección alrededor del eje central. Las cuerdas de hebras paralelas son un ensamblaje de grupos de haces mantenidos juntos por una cubierta trenzada o extruída.

40 Las fibras componentes en cuerdas usadas en aplicaciones de amarre y de elevaciones pesadas incluyen módulo alto y fibras de alta resistencia tales como fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE). Fibras de las marcas DYNEEMA® y SPECTRA® son ejemplos de tales fibras. También se usan fibras de polímero de cristal líquido (LCP) tales como poliéster aromático de cristal líquido comercializado con el nombre comercial VECTRAN® para construir tales cuerdas. Las fibras de para-aramida, tales como la fibra Kevlar®, asimismo, también tienen utilidad en tales aplicaciones.

50 La vida útil de estas cuerdas está comprometida por uno o más de los tres mecanismos. La abrasión de fibras es uno de los mecanismos. Esta abrasión podría ser abrasión fibra a fibra internamente o abrasión externa de las fibras contra otro objeto. La abrasión daña las fibras, disminuyendo así la vida de la cuerda. Las fibras de LCP son particularmente susceptibles a este mecanismo de fallo. Un segundo mecanismo es otra consecuencia de la abrasión. Como las fibras de cuerda se erosionan las unas a las otras durante el uso, tal como cuando la cuerda se flexiona bajo tensión contra una polea o tambor, se genera calor. Este calor interno debilita gravemente las fibras. Se observa que las fibras presentan tasas de alargamiento aceleradas o se rompen (es decir, rotura en fluencia) bajo carga. Las fibras de UHMWPE padecen este modo de fallo. Otro mecanismo es a consecuencia de la compresión de la cuerda o partes de la cuerda donde la cuerda se estira tensa sobre una polea, tambor, u otro objeto.

Se han explorado diversas soluciones para tratar estos problemas. Estos intentos normalmente implican cambios del material de fibra o cambios de la construcción. El uso de fibras nuevas y más fuertes se examina frecuentemente como una forma para mejorar la vida de la cuerda. Una solución implica la utilización de múltiples tipos de fibras en nuevas configuraciones. Es decir, se combinan dos o más tipos de fibras para crear una cuerda. Las fibras de diferentes tipos pueden combinarse de una manera específica de manera que compensen el inconveniente de cada tipo de fibra. Un ejemplo de donde una combinación de dos o más fibras puede proporcionar beneficios de propiedades son resistencia mejorada a la fluencia y rotura en fluencia (a diferencia de un 100 % de la cuerda de UHMWPE) y resistencia mejorada a la auto-abrasión (a diferencia de un 100 % de la cuerda de LCP). Todas aquellas cuerdas, sin embargo, todavía rinden inadecuadamente en algunas aplicaciones, fallando debido a uno o más de los tres mecanismos anteriormente mencionados.

El rendimiento de la cuerda se determina a un gran grado por el diseño del elemento estructural más fundamental usado para construir la cuerda, el haz de fibras. Este haz puede incluir diferentes tipos de fibras. El mejorar la vida del haz generalmente mejora la vida de la cuerda. Los haces tienen valor en aplicaciones menos exigentes que las cuerdas para cargas pesadas descritas anteriormente. Tales aplicaciones incluyen levantar, atar, asegurar, y similares. Se han hecho intentos por combinar los materiales de fibra en tales aplicaciones de tensiones repetidas. Por ejemplo, se han mezclado fibras de UHMWPE y fibras de alta resistencia, tales como fibras de LCP, para crear una cuerda de gran diámetro con mejor resistencia a la abrasión, pero todavía no son tan eficaces como se desea.

Se ha mejorado la resistencia a la abrasión de cuerdas para ascensores utilizando fibras sintéticas de módulo alto, impregnando uno o más de los haces con dispersión de politetrafluoroetileno (PTFE), o recubriendo las fibras con polvo de PTFE. Normalmente, tales recubrimientos se desgastan relativamente rápidamente. También se ha mostrado que proporcionar una cubierta al exterior de una cuerda o los haces individuales mejora la vida de la cuerda. Sin embargo, las cubiertas añaden peso, volumen y rigidez a la cuerda.

Se han combinado fibra de vidrio y PTFE con el fin de prolongar la vida de las fibras de la fibra de vidrio. Estas fibras han sido tejidas en tejidos. Los artículos resultantes poseen vida de flexión y resistencia a la abrasión superiores en comparación con las fibras de la fibra de vidrio sola. Se han combinado resinas que contienen flúor termofusibles con fibras, en particular con fibras de material similar a algodón. La fibra resultante se ha usado para crear tejidos mejorados. Se han usado fibras de PTFE en combinación con otras fibras en hilo dental y otras aplicaciones de baja carga, pero no en las aplicaciones de tensiones repetidas descritas en el presente documento.

El documento JP 2954925 (Gosen KK) describe un sedal adaptado para ir bajo el agua que tiene una trenza que comprende filamento de UHMWPE y un filamento de PTFE.

El documento WO 2006/086338 (Gore Enterprise Holdings Inc.) describe un haz compuesto para aplicaciones de tensiones repetidas que comprende al menos una fibra de alta resistencia y al menos una fibra de fluoropolímero.

El documento US 2005/086850 (Gore Enterprise Holdings Inc.) describe un sedal polimérico de alta densidad que tiene una densidad de al menos aproximadamente 1,9 g/cc. El sedal comprende preferentemente politetrafluoroetileno expandido.

El documento WO 2005/001177 (Bloch) describe un sedal que comprende un núcleo que consiste en al menos un hilo multifilamento basado en materiales fibrosos orgánicos sintéticos y un revestimiento formado de cinta de película de PTFE envuelta alrededor del núcleo.

En resumen, ninguno de los intentos conocidos por mejorar la vida de las cuerdas o cable han proporcionado durabilidad suficiente en aplicaciones que implican tanto flexión como alta tensión. La solución ideal beneficiaría tanto a cuerdas para cargas pesadas como a configuraciones de diámetro más pequeño, tales como haces. También se desea un sedal mejorado.

### SUMARIO DE LA INVENCION

La invención proporciona un sedal que tiene múltiples fibras de UHMWPE y fibras de politetrafluoroetileno expandido. Las fibras de politetrafluoroetileno expandido están presentes en una cantidad de aproximadamente el 1 por ciento en peso en el haz compuesto.

El sedal tiene una fuerza de rotura posterior a la prueba de abrasión de al menos el 40 por ciento de la fuerza de rotura antes de la prueba de abrasión, preferentemente al menos el 50 por ciento, y lo más preferentemente al menos el 60 por ciento. El sedal tiene una tenacidad de al menos aproximadamente 88,3 cN/tex (10 g/d), preferentemente al menos aproximadamente 132,5 cN/tex (15 g/d), y lo más preferentemente al menos aproximadamente 176,6 cN/tex (20 g/d). El sedal tiene una fuerza de rotura de al menos aproximadamente 13 kg posterior a la prueba de abrasión, preferentemente al menos 14,5 kg, lo más preferentemente al menos aproximadamente 16 kg.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 es una vista en despiece ordenado de una cuerda a modo de ejemplo hecha como se describe en el presente documento.

La Fig. 2 es una ilustración de una configuración de prueba de resistencia a la abrasión.

5 La Fig. 3 es una ilustración de una muestra de fibra retorcida sobre ella misma como se usa en la prueba de resistencia a la abrasión.

La Fig. 4 es una ilustración de una configuración de prueba de abrasión del sedal.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

10 Los inventores han descubierto que un porcentaje en peso relativamente pequeño de una fibra de fluoropolímero añadida a un haz de fibras de alta resistencia produce un aumento sorprendentemente espectacular en la resistencia a la abrasión y la vida útil.

15 Las fibras de alta resistencia usadas para formar cuerdas, cables y otros miembros de tracción para su uso en aplicaciones de tensiones repetidas incluyen polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE) tal como fibras de las marcas DYNEEMA® y SPECTRA®, fibras de polímero de cristal líquido (LCP) tales como aquellas comercializadas con el nombre comercial VECTRAN®, otros LCAPs, PBO, fibras de aramida de alto rendimiento, fibras de para-aramida tales como fibra Kevlar®, fibra de carbono, nailon y acero. Las combinaciones de tales fibras también están incluidas, tales como UHMWPE y LCP, que normalmente se usan para cuerdas en aplicaciones oceanográficas y otras aplicaciones de elevaciones pesadas.

20 Las fibras de fluoropolímero usadas en combinación con cualquiera de las fibras anteriores según realizaciones incluyen, pero no se limitan a, polímero de politetrafluoroetileno (PTFE) (incluyendo PTFE expandido (ePTFE) y PTFE modificado), etileno-propileno fluorado (FEP), etileno-clorotrifluoroetileno (ECTFE), etileno-tetrafluoroetileno (ETFE) o perfluoroalcoxi (PFA). Las fibras de fluoropolímero incluyen fibras monofilamento, fibras multifilamento, o ambas. Pueden usarse fibras de fluoropolímero tanto de alta como de baja densidad.

25 Aunque la fibra de fluoropolímero normalmente tiene menos resistencia que la fibra de alta resistencia, la resistencia global del haz combinado no se compromete significativamente mediante la adición de la fibra o fibras de fluoropolímero (o sustitución de las fibras de alta resistencia con la fibra o fibras de fluoropolímero). Preferentemente, se observa menos del 10 % de reducción de la resistencia después de la inclusión de las fibras de fluoropolímero.

Las fibras de fluoropolímero se combinan con las fibras de alta resistencia en una cantidad tal que aproximadamente el 1 % en peso de las fibras de fluoropolímero estén presentes en el haz compuesto.

30 Sorprendentemente, incluso a estos bajos niveles de adición, y con solo una reducción moderada (inferior a aproximadamente el 10 %) en la resistencia, los haces compuestos de la presente invención muestran un aumento espectacular en la resistencia a la abrasión y así en la vida útil. En algunos casos, la relación de resistencias a la rotura después de las pruebas de abrasión ha superado 4,0, como se ilustra por los ejemplos presentados más adelante (véase la Tabla 3). Específicamente, como se demuestra en los Ejemplos 1-4 más adelante, la fuerza de rotura de un haz de fibras que incluye PTFE y una fibra de alta resistencia después de un número dado de ciclos de la prueba de abrasión es espectacularmente superior a la de la fibra de alta resistencia sola. Las tasas de abrasión, por tanto, son más bajas para los haces compuestos que contienen fibra de PTFE que para las mismas construcciones que carecen de fibras de PTFE.

40 Sin estar limitado por teoría, se cree que es la lubricidad de las fibras de fluoropolímero la que produce la resistencia a la abrasión mejorada de los haces compuestos. En este aspecto, la invención proporciona un método de lubricación de una cuerda o haz de fibras incluyendo una fibra lubricante sólida en ella.

45 Las fibras de fluoropolímero opcionalmente incluyen cargas. Pueden usarse lubricantes sólidos tales como grafito, ceras, o incluso lubricantes fluidos como aceites de hidrocarburo o aceites de silicona. Tales cargas confieren propiedades favorables adicionales a las fibras de fluoropolímero. Por ejemplo, el PTFE cargado con carbono tiene conductividad térmica mejorada y es útil para mejorar la resistencia al calor de la fibra y la cuerda. Esto previene o al menos retarda la formación de calor en la cuerda, que es uno de los factores que contribuyen al fallo de la cuerda. Pueden usarse grafito u otras cargas lubricantes para potenciar los beneficios de lubricación realizados añadiendo las fibras de fluoropolímero.

50 Puede usarse cualquier método convencionalmente conocido para combinar las fibras de fluoropolímero con las fibras de alta resistencia. No se requiere procesamiento especial. Las fibras pueden mezclarse, retorcerse, trenzarse, o simplemente co-procesarse junto con procesamiento de combinación no especial. Normalmente, las fibras se combinan usando procesos de fabricación de cuerda convencionales conocidos para aquellos expertos en la materia.

Reemplazando las hebras de UHMWPE en un sedal con fibras de ePTFE, un sedal de la presente invención presenta durabilidad significativamente mejorada en comparación con todos los sedales de UHMWPE contruidos de la misma forma. La cantidad de fibras de ePTFE con respecto al número total de fibras en el sedal trenzado se optimiza para proporcionar máxima resistencia a la abrasión mientras que se optimiza la disminución en la tenacidad. Por ejemplo, en la construcción de una trenza de 8 fibras, normalmente es preferible incorporar una o dos fibras de ePTFE. Se prefieren recuentos de pasadas más altos en la construcción del sedal.

Tanto los sedales trenzados inventivos como comparativos se sometieron a una etapa de estiramiento calentado con el fin de mejorar la redondez y la adhesión fibra a fibra de las líneas. Las pruebas de abrasión se realizaron por tensionado de las líneas sobre un blanco metálico que poseía un ángulo de 90 grados con el fin de simular la abrasión causada en uso por los sedales tensionados frotando contra los manguitos de la caña de pescar y la abrasión contra rocas y otros objetos, cuando están en uso.

## EJEMPLOS

En los ejemplos presentados a continuación, se prueban la resistencia a la abrasión y la vida útil en diversos haces de fibra. Los resultados son indicativos de los efectos observados en cuerdas contruidas a partir de los haces descritos en el presente documento, como será apreciado por aquellos expertos en la materia. Los Ejemplos 1 a 10 están incluidos para fines ilustrativos solo.

Específicamente, se usa la tasa de abrasión para demostrar la resistencia a la abrasión. La vida útil se demuestra por ciertos ejemplos en los que los haces de fibra (con y sin la combinación de fibras de fluoropolímero) se someten a ciclos hasta el fallo.

Los resultados se informan como ciclos hasta el fallo. Más detalle de las pruebas se proporciona a continuación.

### Métodos de prueba

#### Mediciones de masa por unidad de longitud y resistencia a la tracción

Se determinó el peso por unidad de longitud de cada fibra individual pesando una muestra de 9 m de longitud de la fibra usando una balanza analítica Modelo AA160 de Denver Instruments. Inc. y multiplicando la masa, expresada en gramos, por 1000, expresando así los resultados en las unidades de denier. Con la excepción de los Ejemplos 6a y 6b, todas las pruebas de tracción se realizaron a temperatura ambiente en una máquina de pruebas de tracción (Zellweger USTER® TENSORAPID 4, Uster, Suiza) equipada con sujeciones de fibra neumáticas, utilizando una longitud entre puntos de 350 mm y una velocidad de cruceta de 330 mm/min. La tasa de deformación, por tanto, fue de 94,3 %/min. Para los Ejemplos 6a y 6b, la prueba de tracción se realizó a temperatura ambiente en un máquina de prueba de tracción INSTRON 5567 (Canton, MA) equipada con sujeciones de fibra de herradura neumáticas, utilizando nuevamente una longitud entre puntos de 350 mm, una velocidad de cruceta de 330 mm/min y, por lo tanto, una tasa de deformación de 94,3 %/min. Se registró la fuerza pico, que se refiere a la resistencia a la rotura de la fibra. Se probaron cuatro muestras y se calculó su resistencia a la rotura promedio. Se calculó la tenacidad promedio de la muestra de fibra individual expresada en g/d dividiendo la resistencia a la rotura promedio expresada en gramos entre el valor de denier de la fibra individual. En el caso de probar haces compuestos o grupos de haces, la tenacidad promedio de estas muestras se calculó dividiendo la resistencia a la rotura promedio del haz compuesto o grupo de haces (en unidades de gramos) entre el valor del peso por longitud del haz compuesto o grupo de haces (expresado en unidades de denier). El valor de denier del haz compuesto o grupo de haces puede determinarse midiendo la masa de la muestra o sumando los valores de denier de los componentes individuales de la muestra.

#### Medición de la densidad

Se determinó la densidad de la fibra usando la siguiente técnica. Se calculó el volumen de la fibra a partir del espesor promedio y los valores de anchura de una longitud de fibra fija y la densidad se calculó a partir del volumen de fibra y la masa de la fibra. Se dispuso una fibra de 2 metros de longitud en una balanza A&D FR-300 y se anotó la masa en gramos (C). El espesor de la muestra de fibra se midió entonces en 3 puntos a lo largo de la fibra usando un medidor de espesor AMES (Waltham, Masa., EE.UU.) Modelo LG3600. La anchura de la fibra también se midió en 3 puntos a lo largo de la misma muestra de fibra usando un LP-6 Profile Projector disponible de Ehrenreich Photo Optical Ind. Inc. Garden City, Nueva York. Entonces se calcularon los valores promedio del espesor y la anchura y se determinó el volumen de la muestra de fibra (D). La densidad de la muestra de fibra se calculó del siguiente modo:

$$\text{Densidad de la muestra de fibra (g/cc)} = C/D.$$

#### Medición de la resistencia a la abrasión

Se adaptó la prueba de abrasión del Método de prueba estándar ASTM para la resistencia la abrasión hilo a hilo en húmedo y en seco (Designación D 6611-00). Este método de prueba se aplica a la prueba de hilos usados en la construcción de cuerdas, en particular, en cuerdas previstas para su uso en entornos marinos.

- El aparato de prueba se muestra en la Figura 2 con tres poleas 21, 22, 23 dispuestas en un marco vertical 24. Las poleas 21, 22, 23 tuvieron 22,5 mm de diámetro. Las líneas centrales de las poleas superiores 21, 23 se separaron una distancia de 140 mm. La línea central de la polea inferior 22 fue 254 mm por debajo de una línea horizontal que conecta las líneas centrales de las poleas superiores 21, 23. Se colocaron un motor 25 y manivela 26 como se indica en la Figura 2. Se empleó una barra de extensión 27 accionada por la manivela accionada por el motor 26 mediante un rodamiento 28 para desplazar la muestra de prueba 30 una distancia de 50,8 mm a medida que se movía la barra 27 hacia adelante y hacia atrás durante cada ciclo. Un ciclo comprendió una carrera hacia adelante y hacia atrás. Un contador digital (no mostrado) registró el número de ciclos. La velocidad de la manivela era ajustable dentro del intervalo de 65 y 100 ciclos por minuto.
- Se ató un peso 31 (en forma de un recipiente de plástico en el que podían añadirse diversos pesos) a un extremo de la muestra 30 con el fin de aplicar una tensión prescrita correspondiente al 1,5 % de la resistencia a la rotura promedio de la muestra de prueba 30. La muestra 30, mientras no estaba bajo tensión, se cargó sobre la tercera polea 23, bajo la segunda polea 22, y luego sobre la primera polea 21, según la Figura 2. Entonces se aplicó tensión a la muestra 30 colgando el peso 31 como se muestra en la figura. El otro extremo de la muestra 30 se fijó entonces a la barra de extensión 27 unida a la manivela de motor 26. La barra 27 se había situado previamente en el punto más alto de la carrera, asegurando así que el peso 31 que proporcionaba la tensión se situara a la máxima altura antes de la prueba. La máxima altura fue normalmente 6-8 cm por debajo de la línea central de la tercera polea 23. Se tuvo cuidado para garantizar que la muestra de fibra 30 se uniera de forma segura a la barra de extensión 27 y el peso 31 con el fin de prevenir el deslizamiento durante la prueba.
- Entonces se quitó cuidadosamente la muestra de prueba 30, mientras que todavía estaba bajo tensión, de la segunda polea inferior 22. Se puso un cilindro (no mostrado) de aproximadamente 27 mm de diámetro en la horquilla formada por la muestra 30 y entonces se giró 180° a la derecha con el fin de efectuar una media envoltura a la muestra 30. El cilindro se giró 180° adicionales a la derecha para completar una envoltura de 360° completa. El retorcido continuó en incrementos de 180° hasta que se logró el número deseado de envolturas. Entonces, el cilindro se quitó cuidadosamente mientras que la muestra 30 estaba todavía bajo tensión y la muestra 30 se sustituyó alrededor de la segunda polea 22. A modo de ejemplo, en la Figura 3 se muestran tres envolturas completas (3 x 360°) para una muestra de fibra 30. La única desviación de la dirección de retorcido durante la envoltura surgiría en el caso de que la muestra fuera un multifilamento retorcido. En este caso, la dirección de esta dirección de retorcido debe estar en la misma dirección que el retorcido inherente de la fibra multifilamento.
- En pruebas en las que la muestra de prueba consiste en dos o más fibras individuales, que incluyen al menos una fibra de fluoropolímero, se siguió el siguiente procedimiento modificado. Después de fijar la muestra de prueba al peso, la fibra o fibras de fluoropolímero se colocaron lado a lado a las otras fibras sin retorcer. A menos que se establezca de otro modo, la fibra o fibras de fluoropolímero siempre se colocaron lo más próximas al operario. El posterior procedimiento para envolver las fibras fue por lo demás idéntico a aquél brevemente expuesto anteriormente.
- Una vez se completó la configuración de prueba, el contador de ciclos se puso a cero, la velocidad de la manivela se ajustó a la velocidad deseada, y se puso en marcha el motor de engranajes. Después de completarse el número de ciclos deseado, se detuvo el motor de engranajes y la muestra de prueba erosionada se quitó del peso y la barra de extensión. Cada prueba se realizó cuatro veces.
- Las muestras de prueba erosionadas se probaron entonces a tracción para resistencia a la rotura y se promediaron los resultados. La tenacidad promedio se calculó usando el valor promedio de la resistencia a la rotura y el valor de peso total por unidad de longitud de la fibra o muestra de haz compuesto.
- En un ejemplo, la prueba de abrasión continuó hasta que la fibra o haz compuesto se rompió completamente bajo la tensión aplicada. Se anotaron el número de ciclos como los ciclos hasta el fallo de la muestra. En este ejemplo, se probaron tres muestras y se calcularon los ciclos promedio hasta el fallo.

#### Prueba de abrasión del sedal

- Se adaptó la prueba de abrasión del sedal del Método de prueba estándar ASTM para la resistencia a la abrasión hilo a hilo en húmedo y en seco (Designación D 6611-00). Este método de prueba se aplica a la prueba de hilos usados en la construcción de cuerdas, en particular, en cuerdas previstas para su uso en entornos marinos.
- El aparato de prueba se muestra en la Figura 4 con dos poleas 41, 42 dispuestas en un marco vertical 43. Las poleas 41, 42 tuvieron 45 mm de diámetro. Los centros de las poleas 41, 42 se separaron una distancia de 205 mm. Se colocaron un motor de engranajes 44 y manivela 45 como se indica en la Figura 4. Se empleó una barra de extensión 46 accionada por la manivela accionada por el motor 45 mediante un rodamiento 47 para desplazar la muestra de prueba 40 una distancia de 50,8 mm a medida que se movía la barra 46 hacia adelante y hacia atrás durante cada ciclo. Un ciclo comprendió una carrera hacia adelante y hacia atrás. Un contador digital (no mostrado) registró el número de ciclos. La velocidad de la manivela era ajustable dentro del intervalo de 65 y 100 ciclos por minuto.

Se ató un peso 48 (en forma de un recipiente de plástico en el que podían añadirse diversos pesos) a un extremo de la muestra 40 con el fin de aplicar una tensión prescrita de 800 g. La muestra 40, mientras no estaba bajo tensión, se cargó sobre la primera polea 41, bajo un blanco metálico romo 49, y sobre la segunda polea 42, según la Figura 4. El blanco metálico romo 49 fue una esquina de acero endurecido mecanizada a un ángulo de 90 grados. El blanco 49 se situó a mitad de camino entre las poleas 41, 42 y se alineó de forma que el vértice del blanco 49 se extendiera 2,5 cm por debajo de la parte superior de las poleas 41, 42. Entonces se aplicó tensión a la muestra 40 colgando el peso 48 como se muestra en la figura. El otro extremo de la muestra 40 se fijó entonces a la barra de extensión 46 unida a la manivela de motor 45. La barra 46 se había colocado previamente en el punto más alto de la carrera, asegurando así que el peso 40 que proporcionaba la tensión se situara a la máxima altura antes de la prueba. La máxima altura fue normalmente 6-8 cm por debajo de la línea central de la segunda polea 42. Se tuvo cuidado para garantizar que la muestra de fibra 40 se uniera de forma segura a la barra de extensión 46 y el peso 48 con el fin de prevenir el deslizamiento durante la prueba.

Una vez se completó la configuración de prueba, el contador de ciclos se puso a cero, la velocidad de la manivela se ajustó a la velocidad deseada, y se puso en marcha el motor de engranajes 44. Después de completarse el número de ciclos deseado, se detuvo el motor de engranajes 44 y la muestra de prueba erosionada 40 se quitó del peso 48 y la barra de extensión 46. Cada prueba se realizó una vez. Las pruebas se realizaron durante 2000 ciclos.

Las muestras de la prueba de abrasión del sedal se probaron entonces a tracción para resistencia a la rotura y se promediaron los resultados, entonces se informaron. Las pruebas de tracción se realizaron usando una velocidad de cruceta de 200 mm/min y una separación de mordazas de 200 mm.

## 20 **EJEMPLO 1**

Se combinó una fibra de ePTFE individual con una fibra de polímero de cristal líquido (LCP) individual (Vectran®, Celanese Acetate LLC, Charlotte, NC) y se sometió a la prueba de abrasión anteriormente mencionada. Los resultados de esta prueba se compararon con los resultados de la prueba de una fibra de LCP individual.

Se obtuvo una fibra monofilamento de ePTFE (fibra HT400d Rastex®, W.L. Gore and Associates, Inc., Elkton MD). La fibra poseyó las siguientes propiedades: 47,2 tex (425 d) de peso por unidad de longitud, 2,29 kg de fuerza de rotura, 47,5 CN/tex (5,38 g/d) de tenacidad y 1,78 g/cc de densidad. La fibra de LCP tuvo un peso por unidad de longitud de 174 tex (1567 d), una fuerza de rotura de 34,55 kg y una tenacidad de 194 cN/tex (22,0 g/d).

Se combinaron los dos tipos de fibra manteniéndolas simplemente de manera que fueran adyacentes la una a la otra. Es decir, no se aplicó retorcido u otros medios de enmarañado. Los porcentajes en peso de estas dos fibras cuando se combinaron fueron 79 % de LCP y 21 % de ePTFE. El peso por unidad de longitud del haz compuesto fue 221 tex (1992 d). La fuerza de rotura del haz compuesto fue 33,87 kg. La tenacidad del haz compuesto fue 150 cN/tex (17,0 g/d). El añadir la fibra de ePTFE individual al LCP cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +27 %, -2 % y -23 %, respectivamente. Obsérvese que la disminución en la fuerza de rotura asociada a la adición de la fibra monofilamento de ePTFE se atribuyó a la variabilidad de la resistencia de las fibras.

Estas propiedades de la fibra, además de aquellas de todas las fibras usadas en los Ejemplos 2 a 8, se presentan en la Tabla 1.

Se probó una fibra de LCP individual para resistencia a la abrasión siguiendo el procedimiento descrito previamente. Se aplicaron cinco envolturas completas a la fibra. La prueba se realizó a 100 ciclos por minuto, bajo 518 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la fibra de LCP).

También se probó el haz compuesto de la fibra de LCP individual y la fibra monofilamento de ePTFE para resistencia a la abrasión del mismo modo. Se aplicaron cinco envolturas completas al haz compuesto. La prueba se realizó a 100 ciclos por minuto y bajo 508 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra).

Las pruebas de abrasión se realizaron durante 1500 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto y la fibra de LCP presentaron 26,38 kg y 13,21 kg de fuerzas de rotura después de la abrasión, respectivamente. El añadir la fibra monofilamento de PTFE individual a la fibra de LCP individual aumentó la fuerza de rotura después de la abrasión al 100 %. Así, el añadir la fibra monofilamento de ePTFE individual cambió la fuerza de rotura -2 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 100 % mayor tras completarse la prueba de abrasión.

La disminución en la fuerza de rotura se calculó por el cociente de la resistencia a la rotura al final de la prueba de abrasión y la resistencia a la rotura inicial. La tasa de abrasión se calculó como el cociente de la disminución en la fuerza de rotura de la muestra y el número de ciclos de la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para la fibra de LCP sola y el material compuesto de la fibra de LCP y fibra monofilamento de ePTFE fueron 14,2 g/ciclo y 5,0 g/ciclo, respectivamente.

Las condiciones de prueba y los resultados de prueba para este ejemplo, además de aquellos para todos los otros ejemplos (Ejemplos 2 a 8), aparecen en las Tablas 2 y 3, respectivamente.

**EJEMPLO 2A**

5 Se combinó una fibra monofilamento de ePTFE individual con una fibra de polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE) individual (fibra Dyneema®, DSM, Geleen, Los Países Bajos). La prueba de abrasión se realizó como se describe previamente. Se compararon los resultados de la prueba del haz compuesto con los resultados de la prueba de una fibra de UHMWPE individual.

10 Se obtuvo una fibra monofilamento de ePTFE como se ha preparado y descrito en el Ejemplo 1. Los dos tipos de fibra se combinaron manteniéndolas simplemente de manera que fueran adyacentes la una a la otra. Es decir, no se aplicó retorcido u otros medios de enmarañado. Los porcentajes en peso de estas dos fibras cuando se combinaron fueron 79 % de UHMWPE y 21 % de ePTFE. Los pesos por unidad de longitud de UHMWPE y el haz compuesto fueron 176 tex (1581 d) y 223 tex (2006 d), respectivamente. Las fuerzas de rotura de UHMWPE y el haz compuesto fueron 50,80 kg y 51,67 kg, respectivamente. Las tenacidades de UHMWPE y el haz compuesto fueron 283 cN/tex (32,1 g/d) y 227 cN/tex (25,7 g/d), respectivamente. El añadir la fibra de ePTFE a la fibra de UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +27 %, +2 % y -20 %, respectivamente.

15 Se probó una fibra de UHMWPE individual para resistencia a la abrasión siguiendo el procedimiento descrito previamente. Se aplicaron tres envolturas completas a la fibra. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto, bajo 762 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la fibra de UHMWPE).

20 También se probó la combinación de la fibra de UHMWPE y la fibra monofilamento de ePTFE para resistencia a la abrasión del mismo modo. Se aplicaron tres envolturas completas a la combinación de las fibras. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto y bajo 775 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra).

25 Las pruebas de abrasión se realizaron durante 500 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto y la fibra de UHMWPE presentaron 42,29 kg y 10,90 kg de fuerzas de rotura después de la abrasión, respectivamente. El añadir la fibra monofilamento de ePTFE a la fibra de UHMWPE aumentó la fuerza de rotura después de la abrasión el 288 %. Así, el añadir la fibra de ePTFE individual aumentó la fuerza de rotura el 2 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 288 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para la fibra de UHMWPE sola y el material compuesto de la fibra de UHMWPE y la fibra monofilamento de ePTFE fueron 79,8 g/ciclo y 18,8 g/ciclo, respectivamente.

**EJEMPLO 2B**

30 Se creó una combinación de una fibra de ePTFE y una fibra de UHMWPE y se probó como se describe en el Ejemplo 2a, excepto que en este caso la fibra de ePTFE era una fibra multifilamento. Se arrastró una fibra monofilamento de ePTFE de 400d usando una rueda de espigas para crear una fibra multifilamento de ePTFE. La fibra multifilamento poseyó las siguientes propiedades: 45 tex (405 d) de peso por unidad de longitud, 1,18 kg de fuerza de rotura, 25,6 cN/tex (2,90 g/d) de tenacidad y 0,72 g/cc de densidad.

35 Se combinó una fibra multifilamento de ePTFE con una fibra de UHMWPE como se describe en el Ejemplo 2a. Las propiedades y los resultados de prueba para la fibra de UHMWPE se presentan en el Ejemplo 2a. El haz compuesto consistió en 80 % de UHMWPE en peso y 20 % de ePTFE en peso.

40 El peso por unidad de longitud del haz compuesto fue 221 tex (1986 d). La fuerza de rotura del haz compuesto fue 50,35 kg. La tenacidad del haz compuesto fue 224 cN/tex (25,4 g/d). El añadir la fibra de ePTFE a la fibra de UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +26 %, -1 %, y -21 %, respectivamente.

45 Se probó la combinación de la fibra de UHMWPE y la fibra multifilamento de ePTFE para resistencia a la abrasión bajo 755 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra) usando tres envolturas completas y 65 ciclos/min como en el Ejemplo 2a. Las pruebas de abrasión se realizaron otra vez durante 500. La fuerza de rotura después de la abrasión para el haz de ePTFE-UHMWPE compuesto fue 41,37 kg. El añadir la fibra multifilamento de ePTFE a la fibra de UHMWPE aumentó la fuerza de rotura después de la abrasión el 280 %. Así, el añadir la fibra de ePTFE individual cambió la fuerza de rotura -1 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 280 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. La tasa de abrasión para el haz compuesto fue 18,0 g/ciclo.

**EJEMPLO 3**

50 Se combinó una fibra monofilamento de ePTFE con una fibra de para-amida retorcida (fibra Kevlar®, E.I. DuPont de Nemours, Inc., Wilmington, DE) y se sometió a la prueba de abrasión. Los resultados de esta prueba se compararon con los resultados de la prueba de una fibra de para-aramida individual.

55 La fibra monofilamento de ePTFE fue la misma que se describió en el Ejemplo 1. Las propiedades y los resultados de prueba para la fibra monofilamento de ePTFE se presentan en el Ejemplo 1. La fibra de para-aramida tuvo un

peso por unidad de longitud de 225 tex (2027 d), una fuerza de rotura de 40,36 kg y una tenacidad de 176 cN/tex (19,9 g/d).

5 Se combinaron los dos tipos de fibra como se describe en el Ejemplo 1 dando un haz compuesto que comprendió 83 % de para-aramida en peso y 17 % de monofilamento de ePTFE en peso. El peso por unidad de longitud del haz compuesto fue 272 tex (2452 d). La fuerza de rotura del haz compuesto fue 40,41 kg. La tenacidad del haz compuesto fue 147 cN/tex (16,7 g/d). El añadir la fibra de ePTFE individual a la para-aramida cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +21 %, +0 % y -16 %, respectivamente.

10 Se probó una fibra de para-aramida individual para resistencia a la abrasión siguiendo el procedimiento descrito previamente. Debe observarse que debido al retorcido de la fibra de para-aramida, la dirección de envoltura fue en la misma dirección que el retorcido inherente de la fibra de para-aramida, que en este caso fue la inversa de los otros ejemplos. Se aplicaron tres envolturas completas a la fibra. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto, bajo 605 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la fibra de para-aramida).

15 También se probó la combinación de la fibra de para-aramida y la fibra monofilamento de ePTFE para resistencia a la abrasión del mismo modo. Se aplicaron tres envolturas completas a la combinación de las fibras. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto y bajo 606 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra).

20 Las pruebas de abrasión se realizaron durante 400 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto y la fibra de para-aramida presentaron 17,40 kg y 9,29 kg de fuerzas de rotura después de la abrasión, respectivamente. El añadir la fibra monofilamento de ePTFE a la fibra de para-aramida aumentó la fuerza de rotura después de la abrasión el 87 %. Así, el añadir la fibra de ePTFE individual aumentó la fuerza de rotura el 0 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 87 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para la fibra de para-aramida sola y el material compuesto de la fibra de para-aramida y la fibra monofilamento de ePTFE fueron 77,7 g/ciclo y 57,5 g/ciclo, respectivamente.

#### 25 **EJEMPLO 4**

Se combinó una fibra de ePTFE relleno de grafito individual con una fibra de polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE) individual (fibra Dyneema®) y se sometió a la prueba de abrasión. Los resultados de esta prueba se compararon con los resultados de la prueba de una fibra de UHMWPE individual.

30 La fibra monofilamento de ePTFE relleno de grafito se preparó según las enseñanzas del documento USP 5.262.234 a Minor et al. La fibra poseyó las siguientes propiedades: 52,8 tex (475 d) de peso por unidad de longitud, 0,98 kg de fuerza de rotura, 18,2 cN/tex (2,07 g/d) de tenacidad y 0,94 g/cc de densidad. Las propiedades y los resultados de prueba para la fibra de UHMWPE se presentan en el Ejemplo 2a.

35 Se combinaron los dos tipos de fibra del mismo modo que en el Ejemplo 1. Los porcentajes en peso de estas dos fibras cuando se combinaron fueron 77 % de UHMWPE y 23 % de ePTFE relleno de grafito. Los pesos por unidad de longitud de UHMWPE y el haz compuesto fueron 176 tex (1581 d) y 228 tex (2056 d), respectivamente. La fuerza de rotura del haz compuesto fue 49,35 kg. La tenacidad del haz compuesto fue 212 cN/tex (24,0 g/d). El añadir la fibra de ePTFE relleno de grafito a la fibra de UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +30 %, -3 % y -25 %, respectivamente.

40 Se probó la combinación de la fibra de UHMWPE y la fibra monofilamento de ePTFE relleno de grafito para resistencia a la abrasión. Se aplicaron tres envolturas completas a la combinación de las fibras. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto y bajo 740 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra). Los resultados de la prueba de abrasión para la fibra de UHMWPE se presentan en el Ejemplo 2a.

45 Las pruebas de abrasión se realizaron durante 500 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto presentó una fuerza de rotura de 36,73 kg después de la abrasión. El añadir el monofilamento de ePTFE relleno de grafito a la fibra de UHMWPE aumentó la fuerza de rotura después de la abrasión el 237 %. Así, el añadir la fibra monofilamento de ePTFE cambió la fuerza de rotura -3 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 237 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para la fibra de UHMWPE individual sola y el haz compuesto de la fibra de UHMWPE individual y la fibra monofilamento de ePTFE relleno de grafito individual fueron 79,8 g/ciclo y 25,2 g/ciclo, respectivamente.

#### 50 **EJEMPLO 5**

55 Se combinaron tres tipos de fibra diferentes, fibras UHMWPE, LCP y monofilamento de ePTFE, para formar un haz compuesto. Estas fibras tienen las mismas propiedades que se informaron en los Ejemplos 1 y 2a. El número de hebras y el porcentaje en peso de cada tipo de fibra fueron del siguiente modo: 1 y 40 % para UHMWPE, 1 y 39 % para LCP, y 2 y 21 % para monofilamento de ePTFE.

Se realizaron la prueba de tracción y de abrasión para este haz compuesto, además de un haz compuesto que comprendía una hebra de cada una de las fibras de UHMWPE y de LCP. Los pesos por longitud, fuerzas de rotura y tenacidades para las configuraciones de 2 tipos de fibra y de 3 tipos de fibra fueron 350 tex (3148 d) y 444 tex (3998 d), 73,64 kg y 75,09 kg y 207 cN/tex (23,4 g/d) y 166 cN/tex (18,8 g/d), respectivamente.

5 Las condiciones de la prueba de abrasión fueron las mismas que se describieron previamente, excepto que la prueba no se terminó cuando se alcanzó un cierto número de ciclos, sino una vez falló la muestra y se realizaron tres (no cuatro) pruebas para cada configuración. Las fibras se colocaron lado a lado en el medidor de abrasión del siguiente modo: la fibra de LCP, una fibra de PTFE, la fibra de UHMWPE, una fibra de PTFE con la fibra de LCP situada la más alejada del operario y la fibra de PTFE situada la más próxima al operario. El fallo se definió como la rotura total de los haces compuestos. Para la prueba de abrasión, se aplicaron 4 envolturas completas al haz compuesto. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto. La tensión aplicada fue 1105 g para el material compuesto de UHMWPE y la fibra de LCPs sola y fue 1126 g para el material compuesto de los tres tipos de fibra. La tensión en ambas pruebas se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra.

15 Se calcularon los ciclos promedio hasta el fallo a partir de los resultados de las tres pruebas de abrasión. El fallo se produjo a los 1263 ciclos para el haz compuesto de UHMWPE y las fibras de LCP solo y se produjo a los 2761 ciclos para el haz compuesto de los tres tipos de fibra.

El añadir las fibras monofilamento de ePTFE a la combinación de una fibra de UHMWPE y una fibra de LCP cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +27 %, +2 % y -20 %, respectivamente. La adición de las fibras de ePTFE aumentó los ciclos hasta el fallo +119 %.

## 20 **EJEMPLO 6**

Se construyeron dos haces compuestos adicionales usando los métodos y fibras que se describieron en el Ejemplo 2a. Estos dos haces compuestos se diseñaron para tener dos porcentajes en peso diferentes de los componentes de monofilamento de ePTFE y de fibra de UHMWPE.

6a)

25 Se combinó una fibra de ePTFE individual con tres fibras de UHMWPE y se sometió a la prueba de abrasión. Los porcentajes en peso de la fibra de ePTFE y las fibras de UHMWPE fueron 8 % y 92 %, respectivamente. Los pesos por unidad de longitud de las tres fibras de UHMWPE y del haz compuesto fueron 527 tex (4743 d) y 574 tex (5168 d), respectivamente. Las fuerzas de rotura de las tres fibras de UHMWPE y del haz compuesto fueron 124,44 kg y 120,63 kg, respectivamente. Las tenacidades de las tres fibras de UHMWPE y del haz compuesto fueron 231 cN/tex (26,2 g/d) y 206 cN/tex (23,3 g/d), respectivamente. El añadir la fibra de ePTFE a las tres fibras de UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +9 %, -3 % y -11 %, respectivamente.

35 Para la prueba de abrasión, se aplicaron 2 envolturas completas a las muestras de prueba. Las pruebas se realizaron a 65 ciclos por minuto y bajo 1867 g y 1810 g de tensión, respectivamente, para las tres fibras de UHMWPE solas y el haz compuesto de las tres fibras de UHMWPE y fibra de ePTFE individual (estas tensiones se correspondieron con el 1,5 % de la fuerza de rotura de las muestras de prueba).

40 Las pruebas de abrasión se realizaron durante 600 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto y las tres fibras de UHMWPE presentaron 99,07 kg y 23,90 kg de fuerzas de rotura después de la abrasión, respectivamente. Así, el añadir la fibra de ePTFE individual a las tres fibras de UHMWPE cambió la fuerza de rotura -3 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 314 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para el material compuesto de las tres fibras de UHMWPE sin y con la fibra monofilamento de ePTFE individual fueron 167,6 g/ciclo y 35,9 g/ciclo, respectivamente.

6b)

45 Se combinaron cinco fibras de ePTFE con tres fibras de UHMWPE y se sometieron a la prueba de abrasión. Los porcentajes en peso de las fibras de ePTFE y las fibras de UHMWPE fueron 31 % y 69 %, respectivamente. Los pesos por unidad de longitud de las tres fibras de UHMWPE y del haz compuesto fueron 527 tex (4743 d) y 763 tex (6868 d), respectivamente. Las fuerzas de rotura de las tres fibras de UHMWPE y del haz compuesto fueron 124,44 kg y 122,53 kg, respectivamente. Las tenacidades de las tres fibras de UHMWPE y del haz compuesto fueron 231 cN/tex (26,2 g/d) y 168 cN/tex (19,0 g/d), respectivamente. El añadir cinco fibras de ePTFE a las tres fibras de UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +45 %, -2 %, y -27 %, respectivamente.

55 Para la prueba de abrasión, se aplicaron 2 envolturas completas a las muestras de prueba. Las pruebas se realizaron a 65 ciclos por minuto y bajo 1867 g y 1838 g de tensión, respectivamente, para las tres fibras de UHMWPE solas y el material compuesto de las tres fibras de UHMWPE y las cinco fibras de ePTFE (estas tensiones se correspondieron con el 1,5 % de la fuerza de rotura de las muestras de prueba).

Las pruebas de abrasión se realizaron durante 600 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto presentó una fuerza de rotura de 100,49 kg después de la abrasión. Así, el añadir las cinco fibras de ePTFE cambió la fuerza de rotura -2 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 320 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para el material compuesto de tres fibras de UHMWPE sin y con las cinco fibras monofilamento de ePTFE fueron 167,6 g/ciclo y 36,7 g/ciclo, respectivamente.

#### **EJEMPLO 7**

Se construyó otro haz compuesto usando los métodos y la fibra de UHMWPE como se describe en el Ejemplo 2a. En este ejemplo se usó una fibra monofilamento de ePTFE de densidad más baja. Esta fibra se produjo según las enseñanzas de la patente de EE.UU. N.º 6.539.951 y poseyó las siguientes propiedades: 108 tex (973 d) de peso por unidad de longitud, 2,22 kg de fuerza de rotura, 20,2 cN/tex (2,29 g/d) de tenacidad y 0,51 g/cc de densidad.

Se combinaron fibras individuales de ambos tipos de fibra como se describe en el Ejemplo 2. Los porcentajes en peso de estas dos fibras cuando se combinaron fueron 62 % de UHMWPE y 38 % de ePTFE. El peso por unidad de longitud del haz compuesto fue 2554d. La fuerza de rotura del haz compuesto fue 49,26 kg. La tenacidad del haz compuesto fue 170 cN/tex (19,3 g/d). El añadir la PTFE fibra individual a la fibra de UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +62 %, -3 % y -40 %, respectivamente.

Se informaron el método de prueba y los resultados de la prueba de abrasión de una fibra de UHMWPE individual en el Ejemplo 2a. También se probó el material compuesto de la fibra de UHMWPE y la fibra monofilamento de ePTFE de baja densidad para resistencia a la abrasión del mismo modo. Se aplicaron tres envolturas completas al haz compuesto. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto y bajo 739 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra).

Las pruebas de abrasión se realizaron durante 500 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto y la fibra de UHMWPE presentaron 44,26 kg y 10,9 kg de fuerzas de rotura después de la abrasión, respectivamente. Así, el añadir la fibra de ePTFE individual cambió la fuerza de rotura -3 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 306 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para la fibra de UHMWPE sola y el haz compuesto de la fibra de UHMWPE y la fibra monofilamento de ePTFE de baja densidad fueron 79,80 g/ciclo y 10,00 g/ciclo, respectivamente.

#### **EJEMPLO 8**

Se construyó otro haz compuesto usando los métodos y la fibra de UHMWPE como se describe en el Ejemplo 2. En este ejemplo, se usó fibra multifilamento de PTFE hilada en matriz (E.I. DuPont de Nemours, Inc., Wilmington, DE). La fibra poseyó las siguientes propiedades: 45,2 tex (407 d) de peso por unidad de longitud, 0,64 kg de fuerza de rotura, 14,0 cN/tex (1,59 g/d) de tenacidad y 1,07 g/cc de densidad.

Se combinaron fibras individuales de ambos tipos de fibra como se describe en el Ejemplo 2. Los porcentajes en peso de estas dos fibras cuando se combinaron fueron 80 % de UHMWPE y 20 % de PTFE. El peso por unidad de longitud del haz compuesto fue 221 tex (1988 d). La fuerza de rotura del haz compuesto fue 49,51 kg. La tenacidad del haz compuesto fue 220 cN/tex (24,9 g/d). El añadir la fibra de PTFE individual a la fibra de UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +26 %, -2 % y -22 %, respectivamente.

Se informaron el método de prueba y los resultados de la prueba de abrasión de una fibra de UHMWPE individual en el Ejemplo 2a. También se probó el haz compuesto de la fibra de UHMWPE y la fibra multifilamento de PTFE para resistencia a la abrasión del mismo modo. Se aplicaron tres envolturas completas al haz compuesto. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto y bajo 743 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra).

Las pruebas de abrasión se realizaron durante 500 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto y la fibra de UHMWPE presentaron 39,64 kg y 10,9 kg de fuerzas de rotura después de la abrasión, respectivamente. Así, el añadir la fibra de PTFE individual cambió la fuerza de rotura -2 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 264 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para la fibra de UHMWPE sola y el haz compuesto de la fibra de UHMWPE y la fibra multifilamento de PTFE fueron 79,80 g/ciclo y 19,74 g/ciclo, respectivamente.

#### **EJEMPLO 9**

Se construyó otro haz compuesto usando los métodos y la fibra de UHMWPE como se describe en el Ejemplo 2. En este ejemplo, se usó una fibra de fluoropolímero multifilamento de ETFE (etileno-tetrafluoroetileno) (disponible de E.I. DuPont de Nemours, Inc., Wilmington, DE). La fibra poseyó las siguientes propiedades: 46,3 tex (417 d) de peso por unidad de longitud, 1,10 kg de fuerza de rotura, 23,3 cN/tex (2,64 g/d) de tenacidad y 1,64 g/cc de densidad.

## ES 2 606 604 T3

5 Se combinaron fibras individuales de ambos tipos de fibra como se describe en el Ejemplo 2. Los porcentajes en peso de estas dos fibras cuando se combinaron fueron 79 % de UHMWPE y 21 % de ETFE. El peso por unidad de longitud del haz compuesto fue 222 tex (1998 d). La fuerza de rotura del haz compuesto fue 50,44 kg. La tenacidad del haz compuesto fue 223 cN/tex (25,2 g/d). El añadir la fibra de ETFE individual a UHMWPE cambió el peso por unidad de longitud, la fuerza de rotura y la tenacidad +26 %, -1 % y -21 %, respectivamente.

10 Se informaron el método de prueba y los resultados de la prueba de abrasión de una fibra de UHMWPE individual en el Ejemplo 2a. También se probó el haz compuesto de la fibra de UHMWPE y la fibra de fluoropolímero multifilamento de ETFE para resistencia a la abrasión del mismo modo. Se aplicaron tres envolturas completas al haz compuesto. La prueba se realizó a 65 ciclos por minuto y bajo 757 g de tensión (que se correspondió con el 1,5 % de la fuerza de rotura de la combinación de fibra).

15 Las pruebas de abrasión se realizaron durante 500 ciclos, momento después del cual las muestras de prueba erosionadas se probaron a tracción para determinar su fuerza de rotura. El haz compuesto y la fibra de UHMWPE presentaron 27,87 kg y 10,9 kg de fuerzas de rotura después de la abrasión, respectivamente. Así, el añadir la fibra multifilamento de ETFE individual cambió la fuerza de rotura -1 % antes de la prueba y produjo una fuerza de rotura un 156 % más alta tras completarse la prueba de abrasión. Las tasas de abrasión para la fibra de UHMWPE sola y el haz compuesto de la fibra de UHMWPE y la fibra multifilamento de ETFE fueron 79,80 g/ciclo y 45,14 g/ciclo, respectivamente.

En resumen:

- 20 • Los Ejemplos 1-3 demuestran la combinación de una fibra de ePTFE individual con una fibra individual de cada una de las tres fibras de alta resistencia principales;
- El Ejemplo 2 también compara fibras monofilamento y multifilamento de ePTFE.
- El Ejemplo 4 demuestra el efecto de combinar una fibra monofilamento de ePTFE relleno de grafito con una fibra de UHMWPE individual.
- 25 • El Ejemplo 5 demuestra el rendimiento de una construcción de tres fibras, como se usa en preparar una cuerda; la prueba de abrasión se realizó hasta el fallo.
- El Ejemplo 6 demuestra los efectos de variar la cantidad de fibra monofilamento de ePTFE en una construcción de dos fibras (variando el número de fibras de ePTFE y combinándolas con tres fibras de UHMWPE).
- El Ejemplo 7 demuestra el efecto de uso de una fibra monofilamento de ePTFE de densidad más baja [para comparar con los Ejemplos 2a-b y Ejemplos 6a-b].
- 30 • El Ejemplo 8 demuestra el efecto de uso de una fibra expandida no de PTFE de baja tenacidad con una fibra de UHMWPE.
- El Ejemplo 9 demuestra el uso de un fluoropolímero alternativo.

Estos resultados se resumen en las siguientes tablas.

TABLA 1

Ejemplo	1	2a	2b	3	4	5	6a	6b	7	8	9
<b>Componente de fluoropolimero</b>	ePTFE	ePTFE	ePTFE	ePTFE	ePTFE	ePTFE	ePTFE	ePTFE	ePTFE	PTFE hilado en matriz	ETFE
tipo de fibra	mono-	mono-	multi-	mono-	mono-relleno de C	mono-	mono-	mono-	mono-	multi-	multi-
N.º de fibras	1	1	1	1	1	2	1	5	1	1	1
peso/longitud (tex (d))	47,2 (425)	47,2 (425)	45 (405)	47,2 (425)	52,8 (475)	47,2 (425)	47,2 (425)	47,2 (425)	108 (973)	45,2 (407)	46,3 (417)
densidad (g/cc)	1,78	1,78	0,72	1,78	0,94	1,78	1,78	1,78	0,51	1,07	1,64
fuerza de rotura (kg)	2,29	2,29	1,18	2,29	0,98	2,29	2,29	2,29	2,22	0,64	1,10
tenacidad (cN/tex (g/d))	47,5 (5,38)	47,5 (5,38)	25,6 (2,9)	47,5 (5,38)	18,3 (2,07)	47,5 (5,38)	47,5 (5,38)	47,5 (5,38)	20,2 (2,29)	14,0 (1,59)	23,3 (2,64)
porcentaje en peso (%)	21	21	20	17	23	21	8	31	38	20	21
<b>Componente 2</b>											
tipo	LCP	UHMWPE	UHMWPE	para-aramida	UHMWPE	LCP	UHMWPE	UHMWPE	UHMWPE	UHMWPE	UHMWPE
N.º de fibras	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1
peso/longitud (d)	174 (1567)	176(1581)	176(1581)	225 (2027)	176(1581)	174(1567)	527 (4743)	527 (4743)	176(1581)	176(1581)	176 (1581)
fuerza de rotura (kg)	34,55	50,8	50,8	40,36	50,8	34,55	124,44	124,44	50,8	50,8	50,8
tenacidad (cN/tex (g/d))	194 (22)	283 (32,1)	283 (32,1)	176 (19,9)	283 (32,1)	194 (22)	231 (26,2)	231 (26,2)	283 (32,1)	283 (32,1)	283 (32,1)
porcentaje en peso (%)	79	79	80	83	77	39	92	69	62	80	79

Ejemplo	1	2a	2b	3	4	5	6a	6b	7	8	9
Componente 3											
Tipo	x	x	x	x	x	UHMWPE	x	x	x	x	x
N.º de fibras	x	x	x	x	x	1	x	x	x	x	x
peso/longitud (tex (d))	x	x	x	x	x	176(1581)	x	x	x	x	x
fuerza de rotura (kg)	x	x	x	x	x	50,8	x	x	x	x	x
tenacidad (cN/tex (g/d))	x	x	x	x	x	283 (32,1)	x	x	x	x	x
porcentaje en peso (%)	x	x	x	x	x	40	x	x	x	x	x
Material compuesto											
peso/longitud (d)	221 (1992)	223 (2006)	221 (1986)	272 (2452)	228 (2056)	444(3998)	574(5168)	763 (6868)	284 (2554)	221 (1988)	222(1998)
fuerza de rotura (kg)	33,87	51,67	50,35	40,41	49,35	75,09	120,63	122,53	49,26	49,51	50,44
tenacidad (cN/tex (g/d))	150 (17)	227 (25,7)	224 (25,4)	147 (16,7)	212 (24)	166 (18,8)	206 (23,3)	168 (19)	170 (19,3)	220 (24,9)	223 (25,2)

ES 2 606 604 T3

TABLA 2

Ejemplo	Composición (% en peso, tipo de fibra)	Construcción (número de fibras)	tasa (ciclos/min)	tensión (g) (1,5 % de la fuerza de rotura)		número de retorcidos	ciclos
				componente no de ePTFE	material compuesto		
1	21 % de monofilamento de ePTFE, 79 % de LCP	1 PTFE / 1 LCP	100	518	508	5	1500
2a	21 % de monofilamento de ePTFE, 79 % de UHMWPE	1 PTFE / 1 UHMWPE	65	762	775	3	500
2b	20 % de multifilamento de ePTFE, 80 % de UHMWPE	1 PTFE / 1 UHMWPE	65	762	755	3	500
3	17 % de monofilamento de ePTFE, 83 % de para-aramida	1 PTFE / 1 para-aramid	65	605	606	3	400
4	23 % de monofilamento de ePTFE relleno de C, 77 % de UHMWPE	1 PTFE / 1 UHMWPE	65	762	740	3	500
5	21 % de monofilamento de ePTFE, 39 % de LCP, 40 % de UHMWPE	2 PTFE / 1 LCP / 1 UHMWPE	65	1105	1126	4	hasta fallo
6a	8 % de monofilamento de ePTFE, 92 % de UHMWPE	1 PTFE / 3 UHMWPE	65	1867	1810	2	600
6b	31 % de monofilamento de ePTFE, 69 % de UHMWPE	5 PTFE / 3 UHMWPE	65	1867	1838	2	600
7	38 % de monofilamento de ePTFE de baja densidad, 62 % de UHMWPE	1 PTFE / 1 UHMWPE	65	762	739	3	500
8	20 % de PTFE hilado en matriz, 80 % de UHMWPE	1 PTFE / 1 UHMWPE	65	762	743	3	500
9	21 % de ETFE, 79 % de UHMWPE	1 ETFE / 1 UHMWPE	65	762	757	3	500

TABLE 3

Ejemplo	Composición (% en peso, tipo de fibra)	Resistencia a la rotura después de la prueba de abrasión (kg)		Relación de resistencias a la rotura después de la prueba de abrasión	Tasa de abrasión (g/ciclo)		Relación de tasas de abrasión
		Artículo inventivo	Estado de la técnica (no PTFE)		(inventivo: estado de la técnica)	Artículo inventivo	
1	21 % de monofilamento de ePTFE, 79 % de LCP	26,38	13,21	2,00	5,00	14,20	2,84
2a	21 % de monofilamento de ePTFE, 79 % de UHMWPE	42,29	10,90	3,88	18,80	79,80	4,24
2b	20 % de multifilamento de ePTFE, 80 % de UHMWPE	41,37	10,90	3,80	18,00	79,80	4,43
3	17 % de monofilamento de ePTFE, 83 % de para-aramida	17,40	9,29	1,87	57,50	77,70	1,35
4	23 % de monofilamento de ePTFE relleno de C, 77 % de UHMWPE	36,73	10,90	3,37	25,20	79,80	3,17
5	21 % de monofilamento de ePTFE, 39 % de LCP, 40 % de UHMWPE	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
6a	8 % de monofilamento de ePTFE, 92 % de UHMWPE	99,07	23,90	4,14	35,90	167,60	4,67
6b	31 % de monofilamento de ePTFE, 69 % de UHMWPE	100,49	23,90	4,20	36,70	167,60	4,57
7	38 % de monofilamento de ePTFE, 62 % de UHMWPE	44,26	10,90	4,06	10,00	79,80	7,98
8	20 % de PTFE hilado en matriz, 80 % de UHMWPE	39,64	10,90	3,64	19,74	79,80	4,04
9	21 % de ETFE, 79 % de UHMWPE	27,87	10,90	2,56	45,14	79,80	1,77

**Ejemplo 10**

Se crearon fibras trenzadas adecuadas para su uso como sedal.

Se obtuvo fibra de PTFE expandido (pieza N.º V112407, W.L. Gore & Associates, Inc., Elkton, MD). La fibra tuvo las siguientes propiedades: peso por unidad de longitud de 21,2 tex (denier de 191 d) y tenacidad de 34 cN/tex (3,9 g/d).

5 Se obtuvo fibra de UHMWPE (220/100-UHTPE, Textile Development Associates, Inc., Brookfield, CN) que tenía un peso por unidad de longitud de 21,4 tex (denier de 193 d) y tenacidad de 352 cN/tex (39,9 g/d). Se obtuvo una máquina trenzadora de 8 portadores (Modelo FM/16R-CF disponible de Hacoba GmbH & Co. Hatzfelder Strasse 161-163, D-42281, Wuppertal, Alemania). La fibra de UHMWPE y la fibra de ePTFE se enrollaron en seis bobinas y dos bobinas, respectivamente. Las dos bobinas de fibra de ePTFE se colocaron opuestas entre sí. Las fibras se trenzaron teniendo un recuento de pasadas de 16,5 pasadas/cm. La fibra trenzada resultante se estiró posteriormente siguiendo las enseñanzas generales del documento USP 6.148.597. La fibra trenzada se calentó y se estiró a través de una serie de dos hornos de infrarrojos/aire caliente idénticos de diámetro interno 3,8 cm y 2,1 m de longitud para proporcionar una relación de estiramiento total de aproximadamente 1,8:1. El primer horno se estableció a una temperatura de entre aproximadamente 146-151 °C. La fibra trenzada se estiró aproximadamente 1,4:1 en este horno. El segundo horno se estableció a una temperatura de aproximadamente 149- 152 °C. La fibra trenzada se estiró aproximadamente 1,29:1 en este horno. La velocidad de salida de la fibra que sale del segundo horno fue aproximadamente 6 m/min.

Las fibras trenzadas resultantes se caracterizaron antes de la prueba de abrasión según las condiciones de prueba anteriormente mencionadas con las siguientes excepciones. Las mediciones de la resistencia a la tracción se hicieron usando una longitud entre puntos de 200 mm y una velocidad de cruceta de 200 mm/min, por lo tanto, una tasa de deformación de 100 %/min.

Se obtuvieron los siguientes resultados de prueba: peso por unidad de longitud de 139 tex (denier de 1255 d), 25,4 kg de fuerza de rotura y una tenacidad de 178 cN/tex (20,2 g/d). Los resultados de la prueba de abrasión del sedal realizada en una fibra trenzada individual fueron 16,1 kg (fuerza de rotura posterior a la prueba de abrasión).

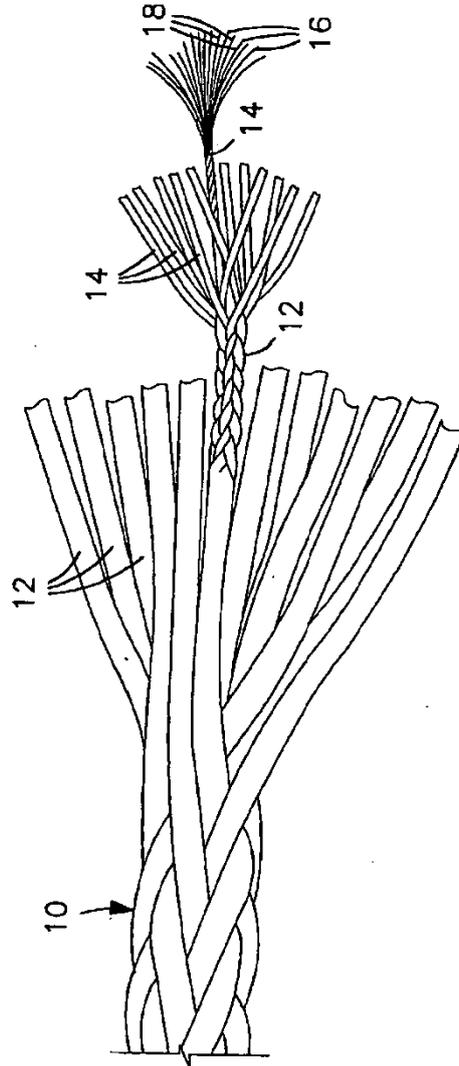
25 Con el fin de comparación, se preparó otra fibra trenzada del mismo modo que la fibra que contenía ePTFE, excepto que las 8 bobinas contuvieron la fibra de UHMWPE (es decir, las dos fibras de ePTFE se sustituyeron con dos fibras de UHMWPE en la trenza). Las fibras trenzadas de todo UHMWPE resultantes se caracterizaron antes de la prueba de abrasión del mismo modo que la fibra trenzada que contiene ePTFE anteriormente mencionada.

30 Se obtuvieron los siguientes resultados de prueba: peso por unidad de longitud de 144 tex (denier de 1292 d), 32,1 kg de fuerza de rotura y una tenacidad de 219 cN/tex (24,8 g/d). Los resultados de la prueba de abrasión del sedal realizada en una fibra trenzada individual fueron 11,8 kg (fuerza de rotura posterior a la prueba de abrasión).

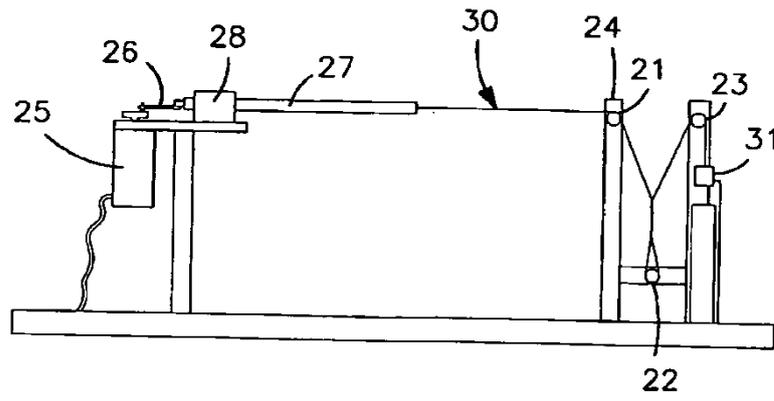
35 Por tanto, las fibras trenzadas que contienen ePTFE tuvieron 21 % de resistencia a la rotura más baja en comparación con la fibra trenzada de todo fibra de UHMWPE. Sin embargo, posterior a la prueba de abrasión del sedal, las fibras trenzadas que contenían ePTFE tuvieron una resistencia a la rotura un 37 % más alta en comparación con la fibra trenzada de todo fibra de UHMWPE. Es decir, aunque la resistencia inicial de la fibra trenzada que contiene ePTFE fue significativamente más baja que aquella de la fibra trenzada de todo UHMWPE, la resistencia a la rotura de la fibra trenzada que contiene ePTFE fue significativamente superior a la de la fibra trenzada de todo UHMWPE posterior a 2000 ciclos en la prueba de abrasión del sedal.

**REIVINDICACIONES**

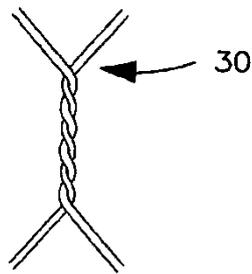
1. Un sedal trenzado que tiene:
  - (a) múltiples fibras de UHMWPE; y
  - (b) fibras de politetrafluoroetileno expandido, caracterizado por que las fibras de politetrafluoroetileno expandido se combinan con las fibras de UHMWPE en una cantidad de forma que aproximadamente el 1 % en peso de las fibras de politetrafluoroetileno expandido estén presentes en el haz compuesto.
2. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una fuerza de rotura posterior a la prueba de abrasión de al menos el 40 % de la fuerza de rotura antes de la prueba de abrasión determinada según el método de la "Prueba de abrasión del sedal" descrito en la descripción.
3. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una fuerza de rotura posterior a la prueba de abrasión de al menos el 50 % de la fuerza de rotura antes de la prueba de abrasión determinada según el método de la "Prueba de abrasión del sedal" descrito en la descripción.
4. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una fuerza de rotura posterior a la prueba de abrasión de al menos el 60 % de la fuerza de rotura antes de la prueba de abrasión determinada según el método de la "Prueba de abrasión del sedal" descrito en la descripción.
5. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una tenacidad de al menos aproximadamente 88,3 cN/tex (10 g/d).
6. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una tenacidad de al menos aproximadamente 132,5 cN/tex (15 g/d).
7. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una tenacidad de al menos aproximadamente 176,6 cN/tex (20 g/d).
8. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una fuerza de rotura de al menos aproximadamente 13 kg posterior a la prueba de abrasión determinada según el método de la "Prueba de abrasión del sedal" descrito en la descripción.
9. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una fuerza de rotura de al menos aproximadamente 14,5 kg posterior a la prueba de abrasión determinada según el método de la "Prueba de abrasión del sedal" descrito en la descripción.
10. El sedal como se define en la reivindicación 1, caracterizado por que dicho sedal tiene una fuerza de rotura de al menos aproximadamente 16 kg posterior a la prueba de abrasión determinada según el método de la "Prueba de abrasión del sedal" descrito en la descripción.
11. Un método de fabricación de un sedal que comprende las etapas, en orden, de
  - (a) trenzar fibras de UHMWPE con fibras de politetrafluoroetileno expandido;
  - (b) calentar dichas fibras trenzadas;
  - (c) estirar dichas fibras trenzadas mientras que todavía están calientes; y
  - (d) enfriar dichas fibras trenzadas estiradas, caracterizado por que las fibras de politetrafluoroetileno expandido se combinan con las fibras de UHMWPE en una cantidad tal que aproximadamente el 1 % en peso de las fibras de politetrafluoroetileno expandido estén presentes en el haz compuesto.



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**

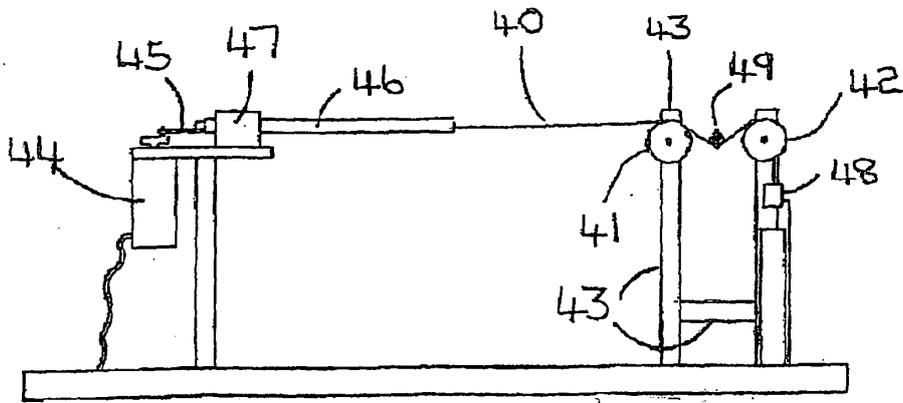


Figura 4