

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 552**

51 Int. Cl.:

D02G 3/02	(2006.01)
C08G 63/181	(2006.01)
C08G 63/185	(2006.01)
D01F 6/62	(2006.01)
D02G 3/22	(2006.01)
D03D 15/00	(2011.01)
C08G 63/60	(2006.01)
D01F 6/84	(2006.01)
D02G 3/44	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2019 PCT/JP2019/007220**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.09.2019 WO19167923**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2019 E 19760691 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2023 EP 3760773**

54 Título: **Cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, método de producción del mismo, y producto que comprende dicho cordón retorcido**

30 Prioridad:

02.03.2018 JP 2018037381

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.03.2024

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome Chuo-ku
Tokyo 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**SAKAE, RYOSUKE;
TANAKA, HISATOSHI y
MATOBA, MUNEKAZU**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 960 552 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

Cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, método de producción del mismo, y producto que comprende dicho cordón retorcido

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido. Más específicamente, la presente invención se refiere a un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales, a un método para producir el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, y a un producto en el que se usa el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido.

15 Antecedentes de la técnica

Una fibra de poliéster de cristal líquido se produce mediante hilatura por fusión, en la que un polímero de poliéster de cristal líquido que tiene una estructura molecular rígida se usa como materia prima, y la cadena molecular está altamente orientada a lo largo del eje de fibra y se somete a tratamiento térmico a alta temperatura durante un tiempo prolongado. Se sabe que, como resultado de la hilatura por fusión anteriormente descrita, se muestran la resistencia y el módulo de elasticidad más altos en la fibra de poliéster de cristal líquido entre las fibras producidas mediante hilatura por fusión. También se sabe que, en la fibra de poliéster de cristal líquido, la resistencia al calor y la estabilidad dimensional se mejoran mediante el tratamiento térmico porque se aumenta el peso molecular y se aumenta el punto de fusión mediante el tratamiento térmico. Una fibra de poliéster de cristal líquido de este tipo es adecuada para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales, tales como cuerdas, eslingas, redes de pesca, redes, mallas, materiales textiles tejidos, materiales textiles tricotados, materiales textiles, materiales en forma de láminas, correas, elementos de tensión, diversos cordones de refuerzo y fibras de refuerzo de resina. En tales aplicaciones de materiales industriales generales, se usan uno o una pluralidad de multifilamentos de poliéster de cristal líquido y, por ejemplo, se retuercen para formar un cordón retorcido, y luego el cordón retorcido a menudo se procesa para dar diversas formas de producto.

El documento de patente 1 describe un hilo voluminoso para el refuerzo de caucho que es un hilo procesado voluminoso que incluye filamentos de una fibra no termoplástica que tiene una finura de fibra individual de 0,2 a 10 dtex y tiene una característica R de 1,10 o más y un alargamiento por estiramiento del 6 % o más. Sin embargo, en el documento de patente 1, sólo se miden y evalúan como característica R los diámetros de hilo antes y después del aumento de volumen, y con respecto al hilo (cordón) obtenido después del aumento de volumen, no hay ninguna descripción sobre la uniformidad del diámetro de cordón en la dirección longitudinal. De hecho, puesto que se supone que el hilo procesado voluminoso descrito en el documento de patente 1 es adecuado para su uso para el refuerzo de caucho, se forman irregularidades en la dirección longitudinal del hilo con el fin de mejorar la resistencia a la adherencia del caucho mediante un efecto de anclaje. Por tanto, resulta claro que el hilo procesado voluminoso no tiene un diámetro uniforme en la dirección longitudinal del hilo.

El documento de patente 2 describe un refuerzo de fibra continua en el que se usa una fibra que tiene una resistencia a la tracción de 12 cN/dtex o más y 60 cN/dtex o menos, y cuando se miden los diámetros en puntos que tienen áreas en sección transversal más grandes que el área en sección transversal promedio de una pieza de ensayo arbitraria que tiene una longitud de 1 m y el promedio de los diámetros de los puntos clasificados en orden descendente por el diámetro desde primero hasta quinto se representa mediante x, la razón con respecto al diámetro promedio y de la pieza de ensayo, x/y, es de 1,05 o más y 2,00 o menos. Sin embargo, en el documento de patente 2, con respecto al refuerzo de fibra continua, se miden los diámetros en puntos que tienen áreas en sección transversal más grandes que el área en sección transversal promedio, el promedio de los diámetros de los puntos clasificados en orden descendente por el diámetro desde primero hasta quinto se representa mediante x y sólo se mide y evalúa la razón con respecto al diámetro promedio y, x/y, y con respecto al refuerzo de fibra continua obtenido, no hay ninguna descripción sobre la uniformidad del diámetro de cordón en la dirección longitudinal. De hecho, en la producción del refuerzo de fibra continua en el documento de patente 2, puesto que se forman irregularidades a propósito en un material principal a intervalos regulares para impartir un efecto de anclaje con el fin de mejorar el rendimiento de adherencia al hormigón, y se devana una fibra en el material principal con una trenza o un hilo retorcido, resulta claro que el refuerzo de fibra continua no tiene un diámetro uniforme en la dirección longitudinal del hilo.

En el documento de patente 3, optimizando el hilo retorcido en las etapas primera a tercera, se forma un cordón retorcido que tiene una circularidad del 50 % o más y una porosidad entre hilos de menos del 40 % en el caso de un multifilamento. Sin embargo, no hay ninguna descripción sobre la uniformidad del diámetro de cordón en la dirección longitudinal, aunque se mide y evalúa la circularidad de una sección transversal de cordón retorcido. De hecho, en los ejemplos del documento de patente 3, resulta claro que los cordones retorcidos no tienen un diámetro uniforme en la dirección longitudinal del hilo porque todos los cordones retorcidos tienen una forma de cordón distorsionada aunque la circularidad es del 50 % o más. El documento de patente 4 da a conocer un

multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene una razón de anchura de hilo real X tal como se define en ese documento del 20 al 50 %.

Documentos de la técnica anterior

5

Documentos de patente

Documento de patente 1: JP 2003-342845; documento de patente 2: JP 2013-155089; documento de patente 3: JP 2014-145148; documento de patente 4: JP 2017-179647 A.

10

Sumario de la invención

Problemas que van a resolverse mediante la invención

15

En la fibra de poliéster de cristal líquido, el propio hilo también tiene una forma rígida debido a la propiedad del polímero, la "rigidez". Por tanto, cuando se retuercen uno o una pluralidad de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, la capacidad de cada fibra individual de seguir la torsión (propiedad de deformación) es muy baja, y cada fibra individual se extiende, por ejemplo, en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal del cordón en el cordón retorcido, de modo que la diferencia en la longitud de hilo se produce entre las fibras individuales. Como resultado, el diámetro de cordón del cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido obtenido varía en la dirección longitudinal, de modo que existe el problema de que no pueden obtenerse las formas de producto deseadas cuando el cordón retorcido se procesa para dar diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden. Además, debido a que la diferencia en la longitud de hilo se produce en el cordón retorcido tal como se describió anteriormente, la tensión aplicada desde el exterior tiende a concentrarse en la fibra individual estirada, y existe el problema de que se deteriora la resistencia del cordón retorcido. Es decir, incluso si se usa una fibra de poliéster de cristal líquido que tiene altas propiedades mecánicas (resistencia y módulo de elasticidad) para formar un cordón retorcido, no se ha obtenido un cordón retorcido que tenga un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal. Además, debido a que la propiedad de desarrollo de resistencia del hilo original en el cordón retorcido (tasa de utilización de resistencia del hilo original) es baja, el cordón retorcido ha sido difícil de usar de manera adecuada en el procesamiento para dar una forma de producto.

20

25

30

Tal como se describió anteriormente, un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tiene un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal no se ha obtenido mediante las técnicas convencionales.

35

Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tenga un diámetro de cordón notablemente uniforme en la dirección longitudinal en comparación con el de las técnicas convencionales.

40

Soluciones a los problemas

Con el fin de resolver los problemas anteriormente descritos, la presente invención tiene la siguiente configuración.

45

La presente invención es un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, teniendo el cordón retorcido un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, de menos del 30 %, calculándose el coeficiente de variación en los diámetros de cordón a partir de la (Fórmula 1) descrita a continuación:

50

coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X (%) = {desviación estándar de los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, σ (mm) ÷ diámetro de cordón promedio, D (mm)} × 100 (Fórmula 1).

55

La presente invención también es un método para producir el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, incluyendo el método retorcer un multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene un índice de flexibilidad de hilo S de 8,0 o menos.

60

La presente invención también es una cuerda, una eslinga o una red que incluye el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido.

La presente invención también es un elemento de tensión que incluye el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido.

65

La presente invención también es un material textil tejido o tricotado que incluye el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido.

La presente invención también es un producto de resina reforzado con fibras o un producto moldeado de resina que incluye el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido.

Efectos de la invención

5

Debido a que el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal, el cordón retorcido proporciona diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden que pueden conservar las formas de producto deseadas, y es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales tales como cuerdas, eslingas y redes de alta resistencia. Además, mediante el uso de un multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene flexibilidad de hilo, cuando se retuercen uno o una pluralidad de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, la capacidad de cada fibra individual de seguir la torsión (propiedad de deformación) es muy alta, y cada fibra individual se retuerce uniformemente en el cordón retorcido, de modo que se mejora notablemente la diferencia en la longitud de hilo entre las fibras individuales, y la tensión aplicada desde el exterior se dispersa uniformemente a lo largo de todas las fibras individuales incluidas en el cordón retorcido para mejorar notablemente la resistencia del cordón retorcido.

10

15

Realizaciones de la invención

20

A continuación se describirán en detalle el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención y un método para producir el cordón retorcido.

25

Obsérvese que el método para producir el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención no está limitado siempre que pueda obtenerse el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, y a continuación se describirán aspectos preferibles.

30

El poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención se refiere a un poliéster que muestra anisotropía óptica (cristalinidad líquida) cuando se calienta y se funde. El hecho de que el poliéster muestre anisotropía óptica puede verificarse colocando una muestra que incluye el poliéster de cristal líquido en una platina caliente, aumentando la temperatura para calentar la muestra bajo una atmósfera de nitrógeno y observando la presencia o ausencia de luz transmitida a través de la muestra con un microscopio polarizador.

35

Los ejemplos del poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención incluyen un polímero de un ácido oxicarboxílico aromático (a), un polímero de un ácido dicarboxílico aromático, un diol aromático o un diol alifático (b), y un copolímero de (a) y (b) descritos anteriormente (c), y entre ellos, es preferible un polímero que incluye sólo compuestos aromáticos. El polímero que incluye sólo compuestos aromáticos muestra una resistencia y un módulo de elasticidad excelentes cuando se conforma para dar una fibra. Puede usarse un método convencionalmente conocido para la polimerización para preparar el poliéster de cristal líquido.

40

45

En este caso, los ejemplos del ácido oxicarboxílico aromático incluyen ácido hidroxibenzoico (ácido p-hidroxibenzoico y similares), ácido hidroxinaftoico y similares (ácido 6-hidroxi-2-naftoico y similares), y productos de sustitución de alquilo, alcoxilo o halógeno de los mismos.

50

Los ejemplos del ácido dicarboxílico aromático incluyen ácido tereftálico, ácido isoftálico, ácido difenildicarboxílico, ácido naftalenodicarboxílico, ácido difenil éter dicarboxílico, ácido difenoxietanodicarboxílico, ácido difeniletanodicarboxílico, y productos de sustitución de alquilo, alcoxilo o halógeno de los mismos.

55

Los ejemplos del diol aromático incluyen hidroquinona, resorcina, dihidroxibifenilo, naftalenodiol, y productos de sustitución de alquilo, alcoxilo o halógeno de los mismos, y los ejemplos del diol alifático incluyen etilenglicol, propilenglicol, butanodiol y neopentilglicol.

60

Los ejemplos preferibles del poliéster de cristal líquido preparado polimerizando los monómeros y similares usados en la presente invención incluyen un poliéster de cristal líquido preparado copolimerizando un componente de ácido p-hidroxibenzoico y un componente de ácido 6-hidroxi-2-naftoico, un poliéster de cristal líquido preparado copolimerizando un componente de ácido p-hidroxibenzoico, un componente de 4,4'-dihidroxibifenilo y un componente de ácido isoftálico y/o un componente de ácido tereftálico, y un poliéster de cristal líquido preparado copolimerizando un componente de ácido p-hidroxibenzoico, un componente de 4,4'-dihidroxibifenilo, un componente de ácido isoftálico, un componente de ácido tereftálico y un componente de hidroquinona.

65

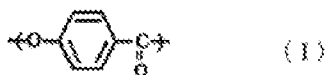
Para la copolimerización para preparar el poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, puede usarse adicionalmente un monómero distinto de los monómeros anteriormente descritos siempre que la cristalinidad líquida no se vea afectada, y los ejemplos del monómero incluyen ácidos dicarboxílicos alifáticos tales como ácido adípico, ácido

azelaico, ácido sebácico y ácido dodecanodioico, ácidos dicarboxílicos alicíclicos tales como ácido 1,4-ciclohexanodicarboxílico, poliéteres tales como polietilenglicol, polisiloxanos, ácidos iminocarboxílicos aromáticos, diiminas aromáticas e hidroxiiiminas aromáticas.

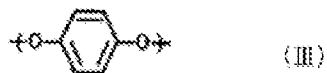
- 5 En la presente invención, el poliéster de cristal líquido incluye de manera particularmente preferible las unidades estructurales (I), (II), (III), (IV) y (V) representadas por la fórmula química descrita a continuación. En la presente invención, el término "unidad estructural" se refiere a una unidad que puede estar incluida en una estructura de repetición en la cadena principal de un polímero.

10

[Fórm. quím. 1]



15



20



25

Esta combinación garantiza que la cadena molecular tenga una cristalinidad adecuada y carezca de linealidad, es decir, un punto de fusión al que puede realizarse la hilatura por fusión. Como resultado, el polímero tiene una buena propiedad de producción de hilo a una temperatura de hilatura establecida entre el punto de fusión del polímero y la temperatura de descomposición térmica, puede obtenerse una fibra que es relativamente uniforme en la dirección longitudinal, y pueden aumentarse la resistencia y el módulo de elasticidad de la fibra porque el polímero tiene la cristalinidad adecuada.

30

En la presente invención, es preferible combinar componentes que tienen una unidad estructural tal como (II) o (III) que no es voluminosa e incluye un diol que tiene alta linealidad. Al combinar estos componentes, la cadena molecular en la fibra tiene una estructura ordenada y poco desordenada, la cristalinidad no aumenta excesivamente y puede mantenerse la interacción en la dirección perpendicular al eje de fibra. Como resultado, además de la alta resistencia y el alto módulo de elasticidad, puede obtenerse una excelente resistencia al desgaste.

35

La proporción de la unidad estructural (I) es preferiblemente del 40 al 85 % en mol, más preferiblemente del 65 al 80 % en mol y todavía más preferiblemente del 68 al 75 % en mol basada en el total de las unidades estructurales (I), (II) y (III). Debido a que la proporción está en un intervalo de este tipo, puede ajustarse la cristalinidad a un intervalo apropiado, pueden obtenerse alta resistencia y alto módulo de elasticidad, y el punto de fusión está en el intervalo en el que puede realizarse la hilatura por fusión.

40

La proporción de la unidad estructural (II) es preferiblemente del 60 al 90 % en mol, más preferiblemente del 60 al 80 % en mol y todavía más preferiblemente del 65 al 75 % en mol basada en el total de las unidades estructurales (II) y (III). Debido a que la proporción está en un intervalo de este tipo, la cristalinidad no aumenta excesivamente, y puede mantenerse la interacción en la dirección perpendicular al eje de fibra, de modo que puede aumentarse la resistencia al desgaste.

45

La proporción de la unidad estructural (IV) es preferiblemente del 40 al 95 % en mol, más preferiblemente del 50 al 90 % en mol y todavía más preferiblemente del 60 al 85 % en mol basada en el total de las unidades estructurales (IV) y (V). Debido a que la proporción está en un intervalo de este tipo, el punto de fusión del polímero está en un intervalo apropiado, el polímero tiene una buena propiedad de producción de hilo a una temperatura de hilatura establecida entre el punto de fusión del polímero y la temperatura de descomposición térmica, y puede obtenerse una fibra que tiene una finura de fibra individual pequeña y es relativamente uniforme en la dirección longitudinal.

55

Es preferible que el total de las unidades estructurales (II) y (III) y el total de las unidades estructurales (IV) y (V) sean sustancialmente equimolares. El término "sustancialmente equimolar", tal como se usa en el presente documento, significa que es equimolar en la cantidad de la unidad de dióxido y la unidad de dicarbonilo que están

incluidas en la cadena principal, y no se requiere necesariamente que las unidades estructurales terminales sean equimolares en algunos casos en los que, por ejemplo, una unidad estructural terminal está distribuida irregularmente.

5 El intervalo particularmente preferible de cada unidad estructural del poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención es tal como se describe a continuación. El intervalo preferible de cada unidad estructural se basa en el 100 % en mol del total de las unidades estructurales (I), (II), (III), (IV) y (V).

10 Unidad estructural (I): del 45 al 65 % en mol

Unidad estructural (II): del 12 al 18 % en mol

15 Unidad estructural (III): del 3 al 10 % en mol

Unidad estructural (IV): del 5 al 20 % en mol

Unidad estructural (V): del 2 al 15 % en mol

20 Al ajustar la composición para satisfacer las condiciones anteriormente descritas dentro de este intervalo, puede obtenerse de manera adecuada la fibra de poliéster de cristal líquido usada en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención.

25 El poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente un peso molecular promedio en peso (a continuación en el presente documento, Mw) de 30.000 o más y más preferiblemente de 50.000 o más en cuanto a poliestireno. Debido a que el Mw es de 30.000 o más, el poliéster de cristal líquido puede tener una viscosidad apropiada a la temperatura de hilatura y una propiedad de producción de hilo aumentada, y cuanto mayor es el Mw, mayores son la resistencia, el alargamiento y el módulo de elasticidad de la fibra obtenida. Desde el punto de vista de impartir una excelente fluidez, el Mw es preferiblemente de menos de 250.000 y más preferiblemente de menos de 150.000. El Mw al que se hace referencia en la presente invención es un valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

35 El poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente un punto de fusión en el intervalo de 200 a 380 °C, más preferiblemente de 250 a 350 °C y todavía más preferiblemente de 290 a 340 °C, desde el punto de vista de facilitar la hilatura por fusión y la resistencia al calor. El punto de fusión al que se hace referencia en la presente invención es un valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

40 Además, otro polímero puede añadirse a y usarse en combinación con el poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, siempre que no se vea afectado el efecto de la presente invención. La expresión "otro polímero puede añadirse a y usarse en combinación con" significa que, con un componente o una pluralidad de componentes, otro polímero se mezcla y se usa parcialmente, o se usa completamente en el caso del mezclado de polímeros o la hilatura compuesta de dos o más componentes. Como otro polímero, por ejemplo, puede añadirse un polímero de vinilo tal como un poliéster, una poliolefina o poliestireno, o un polímero tal como policarbonato, una poliamida, una poliimida, poli(sulfuro de fenileno), poli(óxido de fenileno), polisulfona, una policetona aromática, una policetona alifática, poliéster amida semiaromática, poliéter éter cetona o una resina fluorada, y los ejemplos preferibles incluyen poli(sulfuro de fenileno), poliéter éter cetona, nailon 6, nailon 66, nailon 46, nailon 6T, nailon 9T, poli(tereftalato de etileno), poli(tereftalato de propileno), poli(tereftalato de butileno), poli(naftalato de etileno), poli(tereftalato de ciclohexanodimetanol) y poliéster 99M. Cuando otro polímero se añade y se usa en combinación, el punto de fusión está preferiblemente dentro del punto de fusión del poliéster de cristal líquido ± 30 °C de modo que no se ve afectada la propiedad de producción de hilo, y con el fin de mejorar la resistencia y el módulo de elasticidad de la fibra obtenida, la cantidad de otro polímero añadido y usado en combinación es preferiblemente del 50 % en peso o menos y más preferiblemente del 5 % en peso o menos basada en la cantidad del poliéster de cristal líquido, y lo más preferible es que no se añada o se use en combinación sustancialmente ningún otro polímero.

60 El poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención puede contener una pequeña cantidad de una sustancia inorgánica tal como un óxido de metal, caolín o sílice, o un aditivo tal como un colorante, un agente mateante, un retardante de llama, un antioxidante, un absorbedor de ultravioleta, un absorbedor de infrarrojos, un agente de nucleación de cristales, un agente blanqueante fluorescente, un inhibidor de hidrólisis, un agente de sellado de grupos terminales o un compatibilizador, siempre que no se vea afectado el efecto de la presente invención.

65 En la hilatura por fusión del multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, puede usarse un método habitual

como método de extrusión en estado fundido básico, y con el fin de eliminar la estructura ordenada formada durante la polimerización, es preferible usar una extrusora que extruye un material. El polímero extruido se pesa con un dispositivo de pesaje conocido tal como una bomba de engranajes a través de una tubería, se hace pasar a través de un filtro para retirar el material extraño, y luego se guía a una hiladora. En este momento, la temperatura desde la tubería de polímero hasta la hiladora (temperatura de hilatura) es preferiblemente igual a o mayor que el punto de fusión del poliéster de cristal líquido e igual a o menor que la temperatura de descomposición térmica, más preferiblemente igual a o mayor que el {punto de fusión + 10 °C} del poliéster de cristal líquido y 400 °C o menor, y todavía más preferiblemente igual a o mayor que el {punto de fusión + 20 °C} del poliéster de cristal líquido y 370 °C o menor. Las temperaturas desde la tubería de polímero hasta la hiladora también pueden ajustarse independientemente. En este caso, la descarga se estabiliza estableciendo la temperatura de la parte cercana a la hiladora en una temperatura más alta que la temperatura del lado aguas arriba.

Además, en la hilatura por fusión del multifilamento de poliéster de cristal líquido, se requiere que se establezca la descarga y el comportamiento de dilución de cada orificio de hiladora porque habitualmente se perforan múltiples orificios de hiladora en una hiladora con el fin de reducir el coste de energía y mejorar la productividad.

Con el fin de lograr la estabilización, el diámetro de orificio D del orificio de hiladora es preferiblemente pequeño y la longitud de sección recta L (la longitud de la parte de tubería recta del orificio de hiladora) es preferiblemente grande. Sin embargo, desde el punto de vista de impedir eficazmente la obstrucción de los orificios, el diámetro de orificio D es preferiblemente de 0,03 mm o más y 1,00 mm o menos, más preferiblemente de 0,05 mm o más y 0,80 mm o menos, y todavía más preferiblemente de 0,08 mm o más y 0,60 mm o menos. Desde el punto de vista de impedir eficazmente el aumento en la pérdida de presión, L/D definido por el cociente de la longitud de sección recta L dividido entre el diámetro de orificio D es preferiblemente de 0,5 o más y 3,0 o menos, más preferiblemente de 0,8 o más y 2,5 o menos, y todavía más preferiblemente de 1,0 o más y 2,0 o menos.

Con el fin de mejorar la productividad del multifilamento de poliéster de cristal líquido, el número de orificios en una hiladora es preferiblemente de 10 o más y 600 o menos, más preferiblemente de 10 o más y 400 o menos, y todavía más preferiblemente de 10 o más y 300 o menos. Con el fin de no aumentar la pérdida de presión, el orificio de introducción ubicado inmediatamente por encima del orificio de hiladora es preferiblemente un orificio recto que tiene un diámetro que es 5 veces o más el diámetro de orificio D de la hiladora. Con el fin de suprimir el estancamiento anómalo, es preferible ahusar la parte de conexión entre el orificio de introducción y el orificio de hiladora, y la longitud de la parte ahusada es preferiblemente el doble o menos de la longitud de sección recta L con el fin de no aumentar la pérdida de presión y con el fin de estabilizar la línea de flujo.

El polímero descargado a partir del orificio de hiladora pasa a través de una región de retención de calor y una región de enfriamiento para solidificarse en forma de filamento, y luego se recoge mediante un rodillo (rodillo para hilatura) que gira a una velocidad constante. Si la región de retención de calor es demasiado larga, se deteriora la propiedad de producción de hilo. Por tanto, la longitud de la región de retención de calor es preferiblemente de 400 mm o menos, más preferiblemente de 300 mm o menos y todavía más preferiblemente de 200 mm o menos desde la cara de la hiladora. La temperatura ambiental en la región de retención de calor también puede aumentarse usando medios de calentamiento, y el intervalo de temperatura es preferiblemente de 100 °C o más y 500 °C o menos, y más preferiblemente de 200 °C o más y 400 °C o menos. Para el enfriamiento, puede usarse un gas inerte, aire, vapor o similares, y se usa preferiblemente un flujo de aire paralelo o anular desde el punto de vista de reducir la carga medioambiental.

La velocidad de recogida es preferiblemente de 50 m/min o más, más preferiblemente de 300 m/min o más y todavía más preferiblemente de 500 m/min o más con el fin de mejorar la productividad. Debido a que el poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene una hilabilidad adecuada a la temperatura de hilatura, la velocidad de recogida puede ser alta. El límite superior no está particularmente limitado, y en el poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, la velocidad de recogida es de aproximadamente 3.000 m/min desde el punto de vista de la hilabilidad.

El estiraje de hilatura definido por el cociente de la velocidad de recogida dividido entre la velocidad lineal de descarga es preferiblemente de 1 o más y 500 o menos, más preferiblemente de 5 o más y 200 o menos, y todavía más preferiblemente de 12 o más y 100 o menos. Debido a que el poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene una hilabilidad adecuada, el estiraje puede ser alto, y este hecho es ventajoso para mejorar la productividad. La velocidad lineal de descarga (m/min) usada en el cálculo del estiraje de hilatura es el valor definido por el cociente de la tasa de descarga por orificio individual (m³/min) dividido entre el área en sección transversal del orificio individual (m²), y el estiraje de hilatura que se obtiene dividiendo la velocidad de recogida (m/min) entre la velocidad lineal de descarga es un número adimensional.

En la presente invención, desde el punto de vista de mejorar la propiedad de producción de hilo y la productividad, la tasa de descarga de polímero por paquete de hilatura se establece preferiblemente en de 10 a

2.000 g/min, más preferiblemente de 20 a 1.000 g/min y todavía más preferiblemente de 30 a 500 g/min con el fin de obtener el estiraje de hilatura anteriormente descrito. Al hilar a una alta tasa de descarga de polímero de 10 a 2.000 g/min, se mejora la productividad del multifilamento de poliéster de cristal líquido.

- 5 El devanado puede realizarse usando una devanadora habitual para formar un paquete que tiene forma de queso, carrete, mazorca o similares, y es preferible un paquete que tiene forma de queso en el que la cantidad de devanado puede establecerse en un nivel alto.

10 En la hilatura por fusión del multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, los multifilamentos se agrupan generalmente aplicando un agente de engrase para hilatura al hilo descargado con un rodillo de engrase o similar, se estiran con un rodillo o similar, y luego se devanan con una devanadora sin extenderse. Al agrupar los multifilamentos tal como se describió anteriormente, se mejora la propiedad de devanado y puede obtenerse un paquete en el que no se produce deformación del devanado.

15 Después de la hilatura por fusión para formar un filamento, el multifilamento de poliéster de cristal líquido se somete preferiblemente a polimerización en fase sólida.

20 En el caso de la polimerización en fase sólida en forma de un paquete, la fusión se produce fácilmente, por tanto, con el fin de impedir la fusión, es preferible formar un paquete que tenga una densidad de devanado de $0,30 \text{ g/cm}^3$ o más en una bobina y someter el paquete a polimerización en fase sólida. En este caso, la densidad de devanado es un valor calculado mediante $Wf/Vf \text{ (g/cm}^3\text{)}$ a partir del volumen de ocupación del paquete $Vf \text{ (cm}^3\text{)}$, que se determina a partir de la dimensión exterior del paquete y la dimensión de la bobina que es el material principal, y el peso de fibra $Wf \text{ (g)}$. Si la densidad de devanado es demasiado pequeña, no sólo aumenta el área de contacto entre las fibras para aumentar la fusión, sino que también se produce la deformación del devanado en el paquete debido a la insuficiente tensión en el paquete. Por tanto, la densidad de devanado es preferiblemente de $0,30 \text{ g/cm}^3$ o más, más preferiblemente de $0,40 \text{ g/cm}^3$ o más y todavía más preferiblemente de $0,50 \text{ g/cm}^3$ o más. El límite superior no está particularmente limitado, y si la densidad de devanado es demasiado grande, aumenta la adherencia entre las fibras en la capa interior del paquete para aumentar la fusión al contacto, por tanto, la densidad de devanado es preferiblemente de $1,50 \text{ g/cm}^3$ o menos. Desde el punto de vista de reducir la fusión e impedir la deformación del devanado, la densidad de devanado es más preferiblemente de $0,30$ a $1,00 \text{ g/cm}^3$.

35 Un paquete que tiene una densidad de devanado de este tipo tiene una buena viabilidad del procedimiento, y el procedimiento puede simplificarse. Por ejemplo, el poliéster de cristal líquido puede someterse a hilatura por fusión y luego devanarse directamente para formar un paquete que tiene la densidad de devanado anteriormente descrita, de modo que puede mejorarse la viabilidad del procedimiento. Además, en el momento de, por ejemplo, ajustar el peso de hilo durante la polimerización en fase sólida, es posible someter el paquete una vez devanado mediante hilatura por fusión a redevanado para formar un paquete que tiene la densidad de devanado anteriormente descrita. Para ajustar la forma del paquete y controlar la densidad de devanado, también es eficaz devanar el paquete cuya superficie está en un estado sin contacto sin usar un rodillo de contacto o similar que se usa habitualmente, y devanar el hilo crudo hilado por fusión directamente con una devanadora de velocidad controlada sin pasar a través de un rodillo de control de velocidad. En estos casos, la velocidad de devanado es preferiblemente de 3.000 m/min o menos y de manera particularmente preferible de 2.000 m/min o menos con el fin de ajustar la forma del paquete. En cuanto al límite inferior, la velocidad de devanado es preferiblemente de 50 m/min o más desde el punto de vista de la productividad.

50 La bobina usada para formar el paquete puede ser una cualquiera que tenga una forma cilíndrica. Durante el devanado para obtener un paquete, la bobina se fija a una devanadora y se hace girar para devanar la fibra para formar un paquete. En la polimerización en fase sólida, el paquete puede procesarse íntegramente con la bobina, o puede retirarse sólo la bobina a partir del paquete para procesar el paquete. En el caso de procesar el paquete devanado alrededor de la bobina, es necesario que la bobina resista la temperatura de polimerización en fase sólida, y preferiblemente incluye un metal tal como aluminio, latón, hierro o acero inoxidable. En este caso, la bobina tiene preferiblemente un gran número de orificios porque, con una bobina de este tipo, la polimerización en fase sólida puede realizarse de manera eficiente. En el caso de que la bobina se retire a partir del paquete para el procesamiento, es preferible dotar a la superficie exterior de la bobina de una cubierta. En ambos casos, es preferible que se devane un material de acolchado en la superficie exterior de la bobina y que se devane el multifilamento de poliéster de cristal líquido en el material de acolchado. El material del material de acolchado es preferiblemente un fieltro que incluye una fibra orgánica tal como una fibra de aramida o una fibra de metal, y el grosor del material es preferiblemente de $0,1 \text{ mm}$ o más y 20 mm o menos. La cubierta anteriormente descrita puede reemplazarse por el material de acolchado.

65 El paquete puede tener cualquier peso de fibra siempre que la densidad de devanado esté dentro del intervalo según la presente invención, y teniendo en cuenta la productividad, el peso de fibra está preferiblemente en el intervalo de $0,01 \text{ kg}$ o más y 11 kg o menos. La longitud de hilo está preferiblemente en el intervalo de 10.000 m o más y $2.000.000 \text{ m}$ o menos.

Una realización preferida es adherir un agente de engrase a la superficie del filamento con el fin de impedir la fusión durante la polimerización en fase sólida. El componente puede adherirse entre la hilatura por fusión y el devanado, y con el fin de mejorar la eficiencia de adherencia, el componente se adhiere preferiblemente durante el redevanado, o se adhiere en una pequeña cantidad en el momento de la hilatura por fusión y se adhiere adicionalmente en el momento del redevanado.

El método de adherencia del agente de engrase puede ser engrase por guía, y con el fin de adherir el agente de engrase uniformemente a la fibra, se usa preferiblemente un rodillo de contacto ("kiss roll") metálico o cerámico (rodillo de engrase) para la adherencia.

Se requiere que el componente del agente de engrase tenga alta resistencia al calor con el fin de que no se volatilice por el tratamiento térmico a alta temperatura en la polimerización en fase sólida, y son preferibles partículas inorgánicas habituales, compuestos a base de flúor, compuestos a base de siloxano (dimetilpolisiloxano, difenilpolisiloxano, metilfenilpolisiloxano, y similares), y mezclas de los mismos. Los ejemplos de las partículas inorgánicas habituales en la presente invención incluyen minerales, hidróxidos metálicos tales como hidróxido de magnesio, óxidos metálicos tales como sílice y alúmina, carbonatos tales como carbonato de calcio y carbonato de bario, sulfatos tales como sulfato de calcio y sulfato de bario, y negro de carbono.

Estos componentes pueden adherirse en forma sólida, o puede aplicarse directamente el agente de engrase. Con el fin de aplicar el componente uniformemente mientras se optimiza la cantidad de adherencia, es preferible la aplicación en emulsión, y la emulsión es de manera particularmente preferible una emulsión en agua desde el punto de vista de la seguridad. Por tanto, es deseable que el componente sea soluble en agua o forme fácilmente una emulsión en agua. Es particularmente preferible una mezcla de agentes de engrase en la que se usa principalmente una emulsión en agua de un compuesto a base de siloxano y se añade sílice o un silicato a la emulsión porque una mezcla de agentes de engrase de este tipo es inerte en las condiciones de polimerización en fase sólida y eficaz para el carácter deslizante además de para impedir la fusión en la polimerización en fase sólida. En el caso de que se use un silicato, es particularmente preferible un filosilicato que tiene una estructura en capas. Los ejemplos del filosilicato incluyen caolinita, halloysita, serpentina, garnierita, esmectitas, pirofillita, talco y mica, y entre estos filosilicatos, lo más preferiblemente se usan talco y mica teniendo en cuenta la disponibilidad.

La cantidad de adherencia del agente de engrase a la fibra es preferiblemente grande con el fin de suprimir la fusión, y es preferiblemente del 0,5 % en peso o más, y más preferiblemente del 1,0 % en peso o más, basada en el 100 % en peso de toda la fibra. Mientras tanto, si la cantidad de adherencia es demasiado grande, la fibra es pegajosa, lo que deteriora la propiedad de manipulación y deteriora la viabilidad del procedimiento en la etapa posterior, por tanto, la cantidad de adherencia es preferiblemente del 10,0 % en peso o menos, más preferiblemente del 8,0 % en peso o menos y de manera particularmente preferible del 6,0 % en peso o menos. La cantidad de adherencia del agente de engrase a la fibra se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

La polimerización en fase sólida puede realizarse en una atmósfera de un gas inerte tal como nitrógeno, en una atmósfera de un gas activo que contiene oxígeno tal como aire, o a presión reducida, y se realiza preferiblemente en una atmósfera de nitrógeno con el fin de simplificar los equipos e impedir la oxidación de la fibra o del material de adherencia. En este momento, la polimerización en fase sólida se realiza preferiblemente en una atmósfera de un gas de baja humedad que tiene un punto de rocío de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ o menos.

La temperatura de polimerización en fase sólida se establece preferiblemente usando, como índice, la temperatura de pico endotérmico (T_{m1}) del multifilamento de poliéster de cristal líquido que va a someterse a la polimerización en fase sólida. La temperatura de pico endotérmico (T_{m1}) se determina usando el método de medición del punto de fusión descrito en el ejemplo (1). Por ejemplo, con respecto a la temperatura de pico endotérmico (T_{m1}) del multifilamento de poliéster de cristal líquido que va a someterse a la polimerización en fase sólida, la temperatura máxima alcanzada es preferiblemente {temperatura de pico endotérmico (T_{m1}) - $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ } o más del multifilamento de poliéster de cristal líquido. Al establecer la temperatura de polimerización en fase sólida en una alta temperatura en las proximidades de una temperatura de pico endotérmico (T_{m1}) de este tipo, la polimerización en fase sólida avanza rápidamente y puede mejorarse la resistencia de la fibra. Además, la temperatura máxima alcanzada es preferiblemente menor de T_{m1} con el fin de impedir la fusión. Debido a que el punto de fusión del multifilamento de poliéster de cristal líquido aumenta a medida que avanza la polimerización en fase sólida, la temperatura de polimerización en fase sólida puede aumentarse hasta aproximadamente {temperatura de pico endotérmico (T_{m1}) + $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ } del multifilamento de poliéster de cristal líquido que va a someterse a la polimerización en fase sólida según el estado de avance de la polimerización en fase sólida. Es más preferible aumentar la temperatura de polimerización en fase sólida de manera escalonada o continua con respecto al tiempo debido a que puede impedirse la fusión y puede aumentarse la eficiencia temporal de la polimerización en fase sólida.

El tiempo de polimerización en fase sólida es preferiblemente de 5 horas o más y más preferiblemente de

10 horas o más a la temperatura máxima alcanzada con el fin de aumentar suficientemente la resistencia, el módulo de elasticidad y el punto de fusión de la fibra. El límite superior no está particularmente limitado, y un tiempo de polimerización en fase sólida de aproximadamente 100 horas es suficiente porque el efecto de aumentar la resistencia, el módulo de elasticidad y el punto de fusión se satura con el transcurso del tiempo. Con el fin de aumentar la productividad, el tiempo de polimerización en fase sólida es preferiblemente corto, y no hay ningún problema si el tiempo de polimerización en fase sólida es de aproximadamente 50 horas.

El paquete después de la polimerización en fase sólida se somete preferiblemente a redevanado nuevamente para aumentar la densidad de devanado con el fin de aumentar la eficiencia de transporte. Cuando se desdevana a partir del paquete de polimerización en fase sólida, el multifilamento se desdevana preferiblemente mediante el denominado desdevanado lateral, en el que el paquete de polimerización en fase sólida se hace girar, y durante el giro, el hilo se desdevana en la dirección perpendicular al eje del giro (dirección de circulación de fibra) con el fin de impedir la deformación del paquete de polimerización en fase sólida debido al desdevanado y suprimir la fibrilación durante la fusión ligera por desgarrar. El paquete de polimerización en fase sólida no se hace girar preferiblemente mediante giro libre sino mediante accionamiento positivo desde el punto de vista de reducir la tensión de separación de hilos a partir del paquete y suprimir adicionalmente la fibrilación.

El método para obtener un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tiene un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, de menos del 30 % como en la presente invención no está limitado, y los ejemplos del método incluyen un método en el que el multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención se dobla en una pluralidad de direcciones cuando se desdevana a partir del paquete en el que se completa la polimerización en fase sólida del multifilamento de poliéster de cristal líquido. El término "dirección" se refiere a la dirección mostrada en el intervalo de 0 a 360° en el plano perpendicular a la dirección longitudinal del multifilamento desdevanado, y el término "acimut" se define como el ángulo que forma la dirección en la que se dobla en primer lugar el multifilamento con la dirección en la que se dobla el multifilamento después de eso (es decir, el acimut en la primera dirección de doblado es de 0°).

Es decir, en la presente invención, como resultado de la investigación y el intenso estudio del factor que afecta a la capacidad de cada fibra individual de seguir la torsión (propiedad de deformación) cuando se retuercen uno o una pluralidad de multifilamentos de poliéster de cristal líquido usados en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, se ha hallado que el hilo de multifilamento puede hacerse flexible al doblar, en una pluralidad de direcciones, el multifilamento de poliéster de cristal líquido desdevanado a partir del paquete del multifilamento de poliéster de cristal líquido en el que se completa la polimerización en fase sólida, y que se mejora notablemente la uniformidad del diámetro de cordón en la dirección longitudinal en forma de un cordón retorcido en comparación con la de la técnica convencional.

Con el fin de aumentar la flexibilidad del multifilamento de poliéster de cristal líquido, el multifilamento de poliéster de cristal líquido se dobla preferiblemente en 4 o más direcciones y más preferiblemente en 8 o más direcciones. El límite superior no está particularmente limitado, y el multifilamento de poliéster de cristal líquido se dobla preferiblemente en 36 o menos direcciones desde el punto de vista de mejorar la eficiencia de trabajo en el momento del hilado. En la presente invención, el multifilamento de poliéster de cristal líquido se dobla preferiblemente en de 4 a 18 direcciones desde los puntos de vista de la trabajabilidad del hilado y la simplificación de los equipos.

El acimut cuando el multifilamento de poliéster de cristal líquido se dobla en una pluralidad de direcciones es preferiblemente un ángulo obtenido dividiendo equitativamente 360° entre el número de veces del doblado con el fin de hacer uniformemente flexible cada fibra individual en el multifilamento. Por ejemplo, el acimut cuando el multifilamento de poliéster de cristal líquido se dobla en 8 direcciones es un ángulo obtenido dividiendo de 0 a 360° en 8 divisiones equitativas en un plano perpendicular a la dirección longitudinal del multifilamento después de la liberación, es decir, 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°. El multifilamento de poliéster de cristal líquido puede doblarse en cualquier orden de los ángulos anteriormente descritos a excepción del acimut de 0° (primer doblado).

La distancia entre las guías (la distancia desde un doblado hasta el siguiente doblado) es preferiblemente de 50 cm o más con el fin de suprimir el zarandeo del hilo después del doblado del multifilamento y suprimir la retirada del hilo a partir de la guía y el enganche del hilo en la guía, y preferiblemente de 100 cm o menos con el fin de hacer compactos los equipos.

Como método de doblado del multifilamento, es preferible el doblado con una guía de hilos tal como una guía de barra, una guía de bucle, una guía de ojal, una guía de ranura, una guía de gancho, una guía de caracola, una guía de rodillo, una guía de rodillo de soporte, o similar, y entre las guías de hilos, se usan más preferiblemente la guía de rodillo y la guía de rodillo de soporte con el fin de reducir la abrasión del multifilamento.

El ángulo de doblado después de pasar a través de la guía es preferiblemente de 30° o más, y más preferiblemente de 60° o más, con el fin de doblar eficazmente el multifilamento y aumentar la flexibilidad del hilo.

El límite superior no está particularmente limitado, y el ángulo de doblado después de pasar a través de la guía es preferiblemente de 90° o menos desde el punto de vista de la trabajabilidad del hilado. El término "ángulo de doblado" se refiere a un ángulo formado por una línea de extensión que se extiende en la dirección longitudinal del hilo en movimiento antes de pasar a través de la guía y una dirección longitudinal del hilo en movimiento después de pasar a través de la guía y doblarse.

Después de doblar el multifilamento, se forma nuevamente el paquete de multifilamento de poliéster de cristal líquido. En la presente invención, el paquete puede tener la forma de una bandeja, un tambor, un cono, o similares, y desde el punto de vista de la productividad, es preferible un paquete de devanado en forma de tambor que puede garantizar una gran cantidad de devanado.

Con el fin de aumentar la viabilidad del procedimiento en el caso de formar un producto sometido a procesamiento de alto orden, se requiere impartir la propiedad de agrupamiento al multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, y en aspectos preferibles, se aplican diversos agentes de engrase de acabado dependiendo del objeto.

Con el fin de obtener un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tiene un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, de menos del 30 % como en la presente invención, la tensión durante la torsión de uno o una pluralidad de los multifilamentos de poliéster de cristal líquido también es un factor importante. Específicamente, al controlar la tensión de movimiento del multifilamento de poliéster de cristal líquido durante la torsión a de 0,01 a 1,0 cN/dtex y controlar el coeficiente de variación en la tensión a menos del 30 %, puede reducirse la diferencia en la longitud de hilo de cada fibra individual del multifilamento de poliéster de cristal líquido y puede obtenerse de manera adecuada un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tiene un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal según la presente invención. Las condiciones de tensión durante la torsión son más preferiblemente una tensión de movimiento de 0,50 cN/dtex o menos y un coeficiente de variación en la tensión de menos del 15 %. El coeficiente de variación en la tensión se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

El cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, que se calcula a partir de la (Fórmula 1), de menos del 30 %, preferiblemente de menos del 25 %, más preferiblemente de menos del 20 % y todavía más preferiblemente de menos del 10 %.

coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X (%) = {desviación estándar de los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, σ (mm) ÷ diámetro de cordón promedio, D (mm)} × 100 (Fórmula 1).

El cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tiene un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal, en el que el coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X, es de menos del 30 %, proporciona diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden que pueden conservar las formas de producto deseadas, y es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales tales como cuerdas, eslingas y redes de alta resistencia. Si el coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X, es del 30 % o más, el diámetro de cordón no es uniforme en la dirección longitudinal, de modo que los diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden formados con el cordón retorcido no pueden conservar las formas de producto deseadas. El coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X, se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

El cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente una resistencia de 12,0 cN/dtex o más, más preferiblemente de 15,0 cN/dtex o más y todavía más preferiblemente de 17,0 cN/dtex o más. El cordón retorcido que tiene una resistencia de 12,0 cN/dtex o más es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales en las que se requieren alta resistencia y peso ligero. El límite superior de la resistencia no está particularmente limitado, y el límite superior que puede alcanzarse en la presente invención es de aproximadamente 30,0 cN/dtex. La resistencia del cordón retorcido descrito en la presente invención se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

En la producción del cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención, la configuración del cordón retorcido no está limitada en absoluto. Por ejemplo, uno o una pluralidad de multifilamentos de poliéster de cristal líquido pueden retorcerse de manera sencilla para formar un cordón retorcido, o dos o más cordones retorcidos una vez retorcidos de manera sencilla (por ejemplo, retorcidos en S) pueden retorcerse nuevamente en la misma dirección de torsión que la primera dirección de torsión (por ejemplo, dirección de torsión en S) o en la dirección de torsión opuesta a la primera dirección de torsión (por ejemplo, dirección de torsión en Z) para formar un cordón retorcido. No hay ningún problema en cuanto a retorcer los multifilamentos tres veces o más de la misma manera. En la presente invención, al usar el multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene flexibilidad de hilo, es posible producir de manera estable cordones retorcidos que tienen diversas configuraciones de hilo retorcido y obtener un cordón retorcido que tiene un

diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal.

5 El multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente una finura de fibra individual de 1 a 50 dtex. La finura de fibra individual es más preferiblemente de 1 a 30 dtex y todavía más preferiblemente de 1 a 20 dtex. Al establecer la finura de fibra individual en de 1 a 50 dtex, la fibra individual puede enfriarse uniformemente hasta el interior después de la descarga, se estabiliza la propiedad de producción de hilo, se obtiene fácilmente un multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene una buena calidad de pelusa y, además, aumenta el área de superficie de la fibra expuesta al aire exterior durante el tratamiento térmico para aumentar ventajosamente la resistencia y el módulo de elasticidad. El hilo de multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene una finura de fibra individual de 1 a 50 dtex tiene una rigidez más baja que los hilos que tienen una finura de fibra individual de 50 dtex o más, por tanto, un hilo de multifilamento de poliéster de cristal líquido de este tipo tiene una excelente viabilidad del procedimiento de alto orden, y cuando se usa el hilo en un material textil tejido y similares, la tasa de llenado de hilo es alta y es posible aumentar la densidad y mejorar la capacidad de almacenamiento. En la presente invención, la finura de fibra individual (dtex) se define como el cociente de la finura total dividido entre el número de fibras individuales.

20 El número de fibras individuales (número de filamentos) del multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención es preferiblemente de 10 a 600, más preferiblemente de 10 a 400 y todavía más preferiblemente de 10 a 300. Al establecer el número de fibras individuales en de 10 a 600, puede mejorarse la productividad del multifilamento y aumenta el área de superficie de la fibra expuesta al aire exterior durante el tratamiento térmico, de modo que se fomenta la reacción de polimerización en fase sólida para obtener un multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene variaciones reducidas en la resistencia y el módulo de elasticidad y que tiene una propiedad física uniforme. Obsérvese que no hay ningún problema en cuanto a formar un multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene de 10 a 600 fibras individuales mediante separación o duplicación de la muestra preparada mediante hilatura. El número de fibras individuales se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

30 La finura total T del multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención es preferiblemente de 50 a 3.000 dtex, más preferiblemente de 100 a 2.500 dtex y todavía más preferiblemente de 200 a 2.000 dtex. Al establecer la finura total T en de 50 a 3.000 dtex, el multifilamento tiene alta viabilidad del procedimiento y es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales en las que la cantidad de hilo crudo usado es extremadamente grande. Obsérvese que no hay ningún problema en cuanto a formar un multifilamento de poliéster de cristal líquido en el que la finura total es de 50 a 3.000 dtex mediante separación o duplicación de la muestra preparada mediante hilatura. La finura total se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

40 El multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente una resistencia de 15,0 cN/dtex o más, más preferiblemente de 17,0 cN/dtex o más y todavía más preferiblemente de 19,0 cN/dtex o más después de la polimerización en fase sólida. El multifilamento que tiene una resistencia de 15,0 cN/dtex o más es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales en las que se requieren alta resistencia y peso ligero. El límite superior de la resistencia no está particularmente limitado, y el límite superior que puede alcanzarse en la presente invención es de aproximadamente 30,0 cN/dtex. La resistencia descrita en la presente invención se refiere a la resistencia a la rotura en la medición de resistencia/alargamiento/módulo de elasticidad descrita en los ejemplos.

50 El multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente un alargamiento del 5,0 % o menos, más preferiblemente del 4,5 % o menos y todavía más preferiblemente del 4,0 % o menos después de la polimerización en fase sólida. Debido a que el alargamiento es del 5,0 % o menos, resulta difícil alargar el multifilamento cuando se aplica tensión desde el exterior y es adecuado para su uso en el levantamiento de objetos pesados sin ningún cambio dimensional. El límite inferior del alargamiento no está particularmente limitado, y el límite inferior que puede alcanzarse en la presente invención es de aproximadamente el 1,0 %. El alargamiento descrito en la presente invención se refiere al alargamiento a la rotura en la medición de resistencia/alargamiento/módulo de elasticidad descrita en los ejemplos.

60 El multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente un módulo de elasticidad de 300 cN/dtex o más, más preferiblemente de 500 cN/dtex o más y todavía más preferiblemente de 700 cN/dtex o más después de la polimerización en fase sólida. El multifilamento que tiene un módulo de elasticidad de 300 cN/dtex o más, debido a su pequeño cambio dimensional por la tensión, es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales. El límite superior del módulo de elasticidad no está particularmente limitado, y el límite superior que puede alcanzarse en la presente invención es un módulo de elasticidad de aproximadamente 1.000 cN/dtex. El módulo de elasticidad descrito en la presente invención se refiere al módulo de elasticidad en la medición de

resistencia/alargamiento/módulo de elasticidad descrita en los ejemplos.

5 El multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene preferiblemente un índice de flexibilidad de hilo S de 8,0 o menos, más preferiblemente de 5,0 o menos y todavía más preferiblemente de 4,0 o menos. Si el índice de flexibilidad de hilo S es mayor de 8,0, se altera el hilo en el momento del desdevanado cuando se retuerce el multifilamento, se produce variación de calidad debido a la variación de tensión, a menudo se engancha el hilo en el paquete o la guía de hilo, y resulta difícil un desdevanado estable. Al establecer el índice de flexibilidad de hilo S en 8,0 o menos, se mejora significativamente la propiedad de desdevanado en el momento del desdevanado a partir del paquete y puede mejorarse drásticamente la viabilidad del procedimiento en el momento del procesamiento de alto orden. Con el fin de mejorar la propiedad de desdevanado en el momento del desdevanado a partir del paquete, es importante mejorar la flexibilidad, y el índice de flexibilidad de hilo S es eficaz como índice de la flexibilidad. El límite inferior del índice de flexibilidad de hilo S que puede alcanzarse en la presente invención es de aproximadamente 0,1. El índice de flexibilidad de hilo S del multifilamento de poliéster de cristal líquido se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

20 Cuando el multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención se retuerce (coeficiente de torsión: 80), la tasa de retención de resistencia del hilo crudo es preferiblemente del 70 al 99 %, más preferiblemente del 75 al 99 %, todavía más preferiblemente del 80 al 99 % y de manera particularmente preferible del 85 al 99 %. Al establecer la tasa de retención de resistencia del hilo crudo en del 70 al 99 %, el producto sometido a procesamiento de alto orden formado con el cordón retorcido puede mostrar suficientemente la resistencia del hilo crudo (puede aumentarse la tasa de utilización de resistencia del hilo original) y se mejora la resistencia del producto. Si la tasa de retención de resistencia del hilo crudo es de menos del 70 %, el producto sometido a procesamiento de alto orden formado con el cordón retorcido no puede mostrar suficientemente la resistencia del hilo crudo (debido a que la tasa de utilización de resistencia del hilo original es baja), de modo que no puede obtenerse suficiente resistencia del producto. La tasa de retención de resistencia del hilo crudo se refiere al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

30 El multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene una resistencia de los nudos y una resistencia de los bucles de 7,0 a 12,0 cN/dtex, preferiblemente de 7,5 a 12,0 cN/dtex y más preferiblemente de 8,0 a 12,0 cN/dtex. Al establecer la resistencia de los nudos y la resistencia de los bucles en de 7,0 a 12,0 cN/dtex, el producto sometido a procesamiento de alto orden formado con el cordón retorcido puede mostrar suficientemente la resistencia del hilo crudo y se mejora la resistencia del producto. Si incluso una de la resistencia de los nudos o la resistencia de los bucles es menor de 7,0 cN/dtex, no puede obtenerse suficiente resistencia del producto porque el producto sometido a procesamiento de alto orden formado con el cordón retorcido no puede mostrar suficientemente la resistencia del hilo crudo. El límite superior de la resistencia de los nudos y la resistencia de los bucles que puede alcanzarse en la presente invención es de aproximadamente 12,0 cN/dtex. La resistencia de los nudos y la resistencia de los bucles se refieren al valor determinado mediante el método descrito en los ejemplos.

45 Debido a que el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención obtenido de la manera anteriormente descrita tiene un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, de menos del 30 % y tiene un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal, el cordón retorcido proporciona diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden que pueden conservar las formas de producto deseadas, y es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales tales como cuerdas, eslingas y redes de alta resistencia. Además, el multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene flexibilidad de hilo, de modo que cuando se retuercen uno o una pluralidad de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, la capacidad de cada fibra individual de seguir la torsión (propiedad de deformación) es muy alta y cada fibra individual se retuerce uniformemente en el cordón retorcido. Como resultado, se mejora notablemente la diferencia en la longitud de hilo entre las fibras individuales y se dispersa uniformemente la tensión aplicada desde el exterior a lo largo de todas las fibras individuales incluidas en el cordón retorcido para mejorar notablemente la resistencia del cordón retorcido.

60 Tal como se describió anteriormente, el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tiene alta resistencia, alta elasticidad, resistencia al calor, estabilidad dimensional, resistencia química y baja higroscopicidad es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales. Los ejemplos de las aplicaciones de materiales industriales generales incluyen cuerdas, eslingas, redes de pesca, redes, trenzas, mallas, materiales textiles tejidos, materiales textiles tricotados, materiales textiles, materiales en forma de láminas, correas, elementos de tensión, materiales de ingeniería civil/construcción, materiales deportivos, materiales protectores, materiales de refuerzo de caucho, diversos cordones de refuerzo, materiales de fibras de refuerzo de resina, materiales eléctricos y materiales acústicos. El cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención es particularmente adecuado para su uso en aplicaciones en las que se incluye una etapa de retorcer un hilo crudo en un procesamiento de alto orden (tales como

cuerdas, eslingas y redes) entre las aplicaciones anteriormente descritas.

Ejemplos

5 A continuación, la presente invención se describirá en más detalle con referencia a los ejemplos, pero la presente invención no se limita a los mismos. A continuación se muestran las definiciones de las propiedades físicas usadas en la presente descripción y los ejemplos, el método para medir cada propiedad física y el método para calcular cada propiedad física.

10 (1) Punto de fusión

En la medición por calorimetría diferencial realizada con un calorímetro diferencial de barrido (DSC2920 fabricado por TA Instruments), la temperatura de pico endotérmico (T_{m1}) se observó en la medición en las condiciones de aumentar la temperatura desde 50 °C a 20 °C/min, luego la temperatura se mantuvo a una temperatura de aproximadamente $T_{m1} + 20$ °C durante 5 minutos y luego se redujo hasta 50 °C a una velocidad de enfriamiento de 20 °C/min, y la temperatura de pico endotérmico (T_{m2}) se observó como punto de fusión en la medición en las condiciones de aumentar la temperatura a 20 °C/min nuevamente. La operación se realizó dos veces de la misma manera, y el promedio de los dos valores obtenidos se consideró como el punto de fusión del poliéster de cristal líquido T_{m2} (°C).

20 (2) Peso molecular promedio en peso en cuanto a poliestireno (M_w)

Usando un disolvente mixto de pentafluorofenol/cloroformo = 35/65 (razón en peso) como disolvente, el poliéster de cristal líquido se disuelve en el disolvente mixto mientras se agita la disolución a 120 °C durante 20 minutos. En este momento, la concentración del poliéster de cristal líquido se ajusta al 0,04 % en peso, y el poliéster de cristal líquido se usa como muestra de medición de CPG. La muestra se midió en las siguientes condiciones usando un dispositivo de medición de CPG fabricado por Waters Corporation, y el M_w se determinó en cuanto a poliestireno.

30 Columna: ShodexK-G (1)

ShodexK-806M (2)

35 ShodexK-802 (1)

Detector: detector de índice de refracción diferencial RI (tipo 2414)

Temperatura: 23 ± 2 °C

40 Velocidad de flujo: 0,8 ml/min

Volumen de inyección: 0,200 ml

45 La operación se realizó dos veces de la misma manera, y el promedio de los dos valores obtenidos se consideró como el peso molecular promedio en peso (M_w).

(3) Contenido de humedad

50 El contenido de humedad se midió mediante un método de valoración colorimétrica usando un medidor de humedad de Karl Fischer (AQ-2100) fabricado por HIRANUMA SANGYO Co., Ltd. Se usó el promedio de tres valores obtenidos en los ensayos.

(4) Concentración de agente de engrase

55 El peso de la disolución en la que se dispersó un agente de engrase se representó mediante W_0 , el peso del agente de engrase se representó mediante W_1 , y el producto del cociente de W_1 dividido entre W_0 y 100 se consideró como la concentración de agente de engrase (% en peso).

(5) Cantidad de adherencia del agente de engrase

60 Se tomó una madeja de 100 m de una fibra con una máquina de medición, se midió el peso y se sumergió la madeja en 100 ml de agua y se lavó con un limpiador ultrasónico durante 1 hora. Se secó la madeja después de la limpieza ultrasónica a una temperatura de 60 °C durante 1 hora, se midió el peso, y el producto del cociente de la diferencia entre el peso antes de la limpieza y el peso después de la limpieza dividido entre el peso antes de la limpieza y 100 se consideró como la cantidad de adherencia del agente de engrase (% en peso).

65

(6) Coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X, del cordón retorcido

El coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, del cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido se calculó mediante la (Fórmula 1) descrita a continuación.

5 coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X (%) = {desviación estándar de los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, σ (mm) ÷ diámetro de cordón promedio, D (mm)} × 100 (Fórmula 1).

10 El diámetro de cordón promedio, D, y la desviación estándar de los diámetros de cordón, σ , en la fórmula 1 se midieron moviendo el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido a una velocidad de 1 m/min durante 100 minutos (= 100 m) y usando un instrumento de medición dimensional fabricado por KEYENCE CORPORATION (pieza de cabeza: número de modelo TM-006, pieza de controlador: número de modelo TM-3000, ciclo de medición: 10 milisegundos).

15 (7) Resistencia del cordón retorcido

La resistencia del cordón retorcido se midió en las condiciones de alargamiento a velocidad constante mostradas en el ensayo de tiempo estándar de la norma JIS L 1013 (2010) 8.5.1. La muestra se midió usando un dispositivo "TENSILON" RTM-1T fabricado por ORIENTEC CORPORATION a un intervalo de agarre (longitud de ensayo de medición) de 250 mm y una tasa de tensión de 50 mm/min. La tensión en el momento de la rotura se consideró como la resistencia, y el valor obtenido dividiendo la tensión a la rotura del cordón retorcido entre la finura total del cordón retorcido se consideró como la resistencia del cordón retorcido. Cuando se midió, se sujetó el cordón retorcido sobre un mandril para que no se destorciera.

25 (8) Finura de fibra individual

El valor obtenido dividiendo la finura total entre el número de fibras individuales se consideró como la finura de fibra individual (dtex).

30 (9) Número de fibras individuales

El número de fibras individuales se calculó mediante el método de la norma JIS L 1013 (2010) 8.4.

35 (10) Finura total

Según el método de la norma JIS L 1013 (2010) 8.3.1 A, la finura basada en la masa corregida se midió a una carga predeterminada de 0,045 cN/dtex y se consideró como la finura total T(dtex).

40 (11) Resistencia, alargamiento y módulo de elasticidad

La resistencia, el alargamiento y el módulo de elasticidad se midieron en las condiciones de alargamiento a velocidad constante mostradas en el ensayo de tiempo estándar de la norma JIS L 1013 (2010) 8.5.1. La muestra se midió usando un dispositivo "TENSILON" RTM-100 fabricado por ORIENTEC CORPORATION a un intervalo de agarre (longitud de ensayo de medición) de 250 mm y una tasa de tensión de 50 mm/min. La resistencia y el alargamiento en el momento de la rotura se consideraron como la tensión y el alargamiento, y el módulo de elasticidad se calculó a partir de la inclinación al 0,5 % del punto de alargamiento en el gráfico de la tensión y el alargamiento en el ensayo de tracción.

50 (12) Valor de resistencia a la flexión A

La resistencia a la flexión se midió con referencia a las condiciones de deflexión a velocidad constante mostradas en la norma JIS K7171. En primer lugar, con el fin de suavizar el doblado y la torsión del multifilamento de poliéster de cristal líquido devanado en un paquete, el multifilamento de poliéster de cristal líquido se cortó en longitud de 1000 mm, se conectó un extremo del multifilamento cortado con un gancho metálico, se conectó el otro extremo con un peso que tenía un peso del 30 % de la carga de rotura y se colgó el peso en el aire durante 24 horas en un entorno controlado a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 40 % para poner el multifilamento en vertical y obtener una muestra de medición. La muestra de medición obtenida se cortó adicionalmente en una longitud de 40 mm para obtener una pieza de muestra. Usando un dispositivo "TENSILON" UTM-4-100 fabricado por Toyo Baldwin Co., Ltd., la pieza de ensayo obtenida se colocó simétricamente en plataformas de soporte instaladas a un intervalo de 5 mm, y se aplicó una fuerza a la parte central de la extensión de la pieza de ensayo entre los soportes con un indentador. Con las plataformas de soporte fijas, se bajó el indentador a una velocidad constante de 20 mm/min para aplicar una fuerza a la pieza de ensayo, y se midió la carga máxima como el valor de resistencia a la flexión A (cN). Las plataformas de soporte y el indentador tenían un diámetro de 1,0 mm. Se usó el promedio de cinco valores obtenidos en los ensayos. En el caso de que la finura total y la resistencia a la flexión de la muestra fueran pequeñas, la resistencia a la flexión se midió en un estado en el que, por ejemplo, se combinaron múltiples productos que tenían una finura pequeña

ES 2 960 552 T3

para formar un producto grueso, y el índice de flexibilidad de hilo S descrito a continuación se calculó a partir del valor de resistencia a la flexión y la finura total obtenidos después de la combinación.

(13) Índice de flexibilidad de hilo S

5

El índice de flexibilidad de hilo S del multifilamento de poliéster de cristal líquido antes de la torsión se definió usando el valor de resistencia a la flexión A (cN) del multifilamento de poliéster de cristal líquido y la finura total T (dtex) del multifilamento de poliéster de cristal líquido mediante la siguiente fórmula:

10

$$\text{índice de flexibilidad de hilo S} = (A/T) \times 10^3.$$

(14) Tasa de retención de resistencia del hilo crudo

15

Quando se retorció el multifilamento de poliéster de cristal líquido (coeficiente de torsión: 80), se calculó la tasa de retención de resistencia del hilo crudo usando la resistencia del hilo crudo después de la torsión en la que el coeficiente de torsión K (-) era de 80, Y (N), y la resistencia del hilo crudo antes de la torsión, Z (N), mediante la siguiente fórmula: tasa de retención de resistencia del hilo crudo (%) = $(Y/Z) \times 100$. El coeficiente de torsión K es un valor determinado usando el número de torsiones t (vueltas/m) y la finura total T del multifilamento (dtex) mediante la fórmula: $t = K \times (100 \div T^{0.5})$.

20

(15) Resistencia de los nudos

25

La resistencia de los nudos se midió en las condiciones de alargamiento a velocidad constante mostradas en el ensayo de tiempo estándar de la norma JIS L 1013 (2010) 8.6.1. La muestra se midió usando un dispositivo "TENSILON" RTM-100 fabricado por ORIENTEC CORPORATION a un intervalo de agarre de 250 mm y una tasa de tensión de 50 mm/min. La tensión en el momento de la rotura se consideró como la fuerza de resistencia de los nudos, y el valor obtenido dividiendo la fuerza de resistencia de los nudos entre la finura total del multifilamento se consideró como la resistencia de los nudos.

30

(16) Resistencia de los bucles

35

La resistencia de los bucles se midió en las condiciones de alargamiento a velocidad constante mostradas en el ensayo de tiempo estándar de la norma JIS L 1013 (2010) 8.7.1. La muestra se midió usando un dispositivo "TENSILON" RTM-100 fabricado por ORIENTEC CORPORATION a un intervalo de agarre de 250 mm y una tasa de tensión de 50 mm/min. La tensión en el momento de la rotura se consideró como la fuerza de resistencia de los bucles, y el valor obtenido dividiendo la fuerza de resistencia de los bucles entre la finura total de dos multifilamentos se consideró como la resistencia de los bucles.

40

(17) Evaluación de la viabilidad del procedimiento

45

En la evaluación de la viabilidad del procedimiento del multifilamento de poliéster de cristal líquido en el procesamiento de alto orden, un paquete en el que se completó la polimerización en fase sólida se instaló en vertical a la superficie del suelo y se sometió a desdevanado vertical a 100 m/min, y se evaluó el número de veces que se paró el desdevanado por enganche del multifilamento en el paquete por 5.000 m de multifilamento. El número de paradas se evaluó como S (especialmente bueno) cuando era de 0 a 2 veces, A (bueno) cuando era de 3 a 5 veces, B (algo malo) cuando era de 6 a 10 veces y C (malo) cuando era de 11 veces o más, y en el caso de que el número de paradas del desdevanado sea de 5 veces o menos (S y A), se aceptó el multifilamento.

50

(18) Tensión y coeficiente de variación en la tensión durante la torsión

55

En la medición de la tensión y el coeficiente de variación en la tensión del multifilamento de poliéster de cristal líquido durante la torsión, se midió la tensión de movimiento de un multifilamento de poliéster de cristal líquido que va a usarse (cada husillo) durante la torsión durante un minuto, la tensión detectada (promedio) se consideró como la tensión de un multifilamento (cada husillo) y el coeficiente de variación en la tensión se calculó basándose en las tensiones de movimiento de los multifilamentos (husillos) mediante la siguiente fórmula: coeficiente de variación en la tensión (%) = $(\text{desviación estándar de las tensiones de movimiento de todos los husillos}, \sigma \text{ (cN)} \div \text{promedio de las tensiones de movimiento de todos los husillos (cN)}) \times 100$.

60

(19) Idoneidad para el producto sometido a procesamiento de alto orden

65

La idoneidad del cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido para el producto sometido a procesamiento de alto orden se evaluó en 5 escalas (de idóneo: 5 a no idóneo: 1) basándose en la forma de producto cuando se conformó el cordón retorcido para dar una forma de cuerda (grado de extensión de la fibra individual en la dirección radial de la cuerda), y en el caso de un resultado de evaluación de 3 o más, se aceptó el cordón retorcido. La cuerda se preparó de la siguiente manera. En primer lugar, usando una máquina de

torsión, se combinan 3 multifilamentos de poliéster de cristal líquido y se retuercen de manera sencilla (coeficiente de torsión $K = 25$, tensión de torsión = $0,3 \text{ cN/dtex}$, coeficiente de variación en la tensión de torsión = 10%), y luego se combinaron 2 cordones retorcidos que se retorcieron de manera sencilla y se retorcieron en la dirección de torsión opuesta a la primera dirección de torsión (coeficiente de torsión $K = 25$, tensión de torsión = $0,3 \text{ cN/dtex}$, coeficiente de variación en la tensión de torsión = 10%) para preparar un cordón retorcido (= hebra) que incluía 6 multifilamentos de poliéster de cristal líquido. Se preparó una cuerda trenzando 12 hebras preparadas tal como se describió anteriormente.

[Ejemplo 1]

En un recipiente de reacción de 5 l equipado con una cuchilla de agitación y un tubo de destilación, se cargaron 870 partes en peso de ácido p-hidroxibenzoico, 327 partes en peso de 4,4'-dihidroxibifenilo, 157 partes en peso de ácido isoftálico, 292 partes en peso de ácido tereftálico, 89 partes en peso de hidroquinona y 1.433 partes en peso de anhídrido acético (1,08 equivalentes de grupos hidroxilo fenólicos totales), se aumentó la temperatura desde temperatura ambiente hasta $145 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 30 minutos mientras se agitaba la mezcla bajo una atmósfera de gas de nitrógeno, y luego se hizo reaccionar la mezcla a $145 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 horas. Luego, se aumentó la temperatura hasta $330 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 4 horas. Se mantuvo la temperatura de polimerización a $330 \text{ }^\circ\text{C}$, se redujo la presión hasta $1,0 \text{ mmHg}$ (133 Pa) durante 1,5 horas, se continuó adicionalmente la reacción durante 20 minutos y, cuando se alcanzó un par de torsión predeterminado, se completó la policondensación. A continuación, se aumentó la presión en el interior del recipiente de reacción hasta $1,0 \text{ kg/cm}^2$ ($0,1 \text{ MPa}$), se descargó el polímero a través de una hiladora que tenía un puerto de descarga circular que tenía un diámetro de 10 mm para formar una hebra, y se granuló la hebra con un cortador.

En este poliéster de cristal líquido, la proporción de la unidad de ácido p-hidroxibenzoico (I) fue del 54% en mol basado en el total, la proporción de la unidad de 4,4'-dihidroxibifenilo (II) fue del 16% en mol, la proporción de la unidad de hidroquinona (III) fue del 7% en mol, la proporción de la unidad de ácido tereftálico (IV) fue del 15% en mol, la proporción de la unidad de ácido isoftálico (V) fue del 8% en mol, el punto de fusión T_{m2} fue de $315 \text{ }^\circ\text{C}$, y la viscosidad de la masa fundida medida con un analizador de flujo de tipo Koka a una temperatura de $330 \text{ }^\circ\text{C}$ y una tasa de cizalladura de $1.000/\text{s}$ fue de $30 \text{ Pa}\cdot\text{s}$. El M_w fue de 145.000 .

Se secó a vacío el poliéster de cristal líquido a $120 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 12 horas para retirar el agua y un oligómero. El contenido de humedad del poliéster de cristal líquido en este momento era de 50 ppm . Se sometió a extrusión en estado fundido el poliéster de cristal líquido seco con una extrusora de un solo husillo (temperatura de calentador: de 290 a $340 \text{ }^\circ\text{C}$) y se suministró el polímero a un paquete de hilatura mientras se medía con una bomba de engranajes. En este momento, la temperatura de hilatura desde la salida de extrusora hasta el paquete de hilatura era de $335 \text{ }^\circ\text{C}$. En el paquete de hilatura, se filtró el polímero usando un filtro de material textil no tejido metálico que tenía una precisión de filtración de $15 \text{ } \mu\text{m}$ y se descargó a una tasa de descarga de 100 g/min ($0,33 \text{ g/min}$ por orificio individual) a partir de una hiladora que tenía 300 orificios que tenían un diámetro de orificio D de $0,13 \text{ mm}$ y una longitud de sección recta L de $0,26 \text{ mm}$ ($L/D = 2,0$).

Se enfrió el multifilamento de poliéster de cristal líquido y se solidificó a temperatura ambiente inmediatamente después de la descarga, y se recogieron los 300 multifilamentos de poliéster de cristal líquido mediante un rodillo Nelson a 600 m/min mientras se adhería un agente de engrase (componente: polidimetilsiloxano ("SH200-350cSt" fabricado por Dow Corning Toray Co., Ltd.), concentración de agente de engrase: emulsión en agua al $5,0 \%$ en peso) al multifilamento de poliéster de cristal líquido usando un rodillo de engrase. El estiraje de hilatura en este momento era de $29,3$. La cantidad de adherencia del agente de engrase fue del $1,5 \%$ en peso. El multifilamento recogido mediante el rodillo Nelson se devanó directamente en forma de queso usando una devanadora de tipo transversal de plumas a través de un brazo oscilante. La hilabilidad en la hilatura por fusión fue buena, fue posible una hilatura estable del multifilamento de poliéster de cristal líquido que tenía una finura total de 1.670 dtex y una finura de fibra individual de $5,6 \text{ dtex}$ sin la rotura del hilo y se obtuvo un hilo crudo devanado en un paquete de $4,0 \text{ kg}$.

Se desdevanó la fibra en la dirección longitudinal (la dirección perpendicular a la dirección de circulación de fibra) a partir del paquete de hilatura y se redevanó a 400 m/min con una devanadora en la que se mantuvo constante la velocidad (devanadora de precisión de tipo SSP-WV8P fabricada por Kamitsu Seisakusho Ltd.). Se usó una bobina de acero inoxidable como material principal para el redevanado, la tensión en el redevanado fue de $0,005 \text{ cN/dtex}$, la densidad de devanado fue de $0,50 \text{ g/cm}^3$ y la cantidad de devanado fue de $4,0 \text{ kg}$. El paquete tenía una forma de devanado de extremos ahusados con un ángulo de ahusamiento de 65° .

Se realizó polimerización en fase sólida en las condiciones en las que el paquete redevanado obtenido se calentó desde temperatura ambiente hasta $240 \text{ }^\circ\text{C}$ usando un horno cerrado, se mantuvo a $240 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 3 horas, se calentó hasta $290 \text{ }^\circ\text{C}$ y se mantuvo adicionalmente a $290 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 20 horas. En la atmósfera en la polimerización en fase sólida, se suministró nitrógeno deshumidificado a una velocidad de flujo de 100 l/min y expulsó a través de un puerto de expulsión de modo que no aumentó la presión en el interior de la cámara.

El paquete de polimerización en fase sólida obtenido de este modo se conectó a un dispositivo de suministro que

puede hacerse girar mediante un motor inversor y se sometió a desdevanado mientras se suministraba la fibra a 200 m/min en la dirección transversal (dirección de circulación de fibra), se colocó una guía de rodillo de soporte (A312030) fabricada por YUASA YARN GUIDE ENGINEERING CO., LTD. en una posición en la que la longitud de hilo era de 50 cm, se dobló la fibra en 4 direcciones (4 divisiones equitativas) a un ángulo de doblado de 60° y luego se devanó en un paquete producto mediante una devanadora. Las propiedades físicas de la fibra son tal como se muestran en la tabla 1. El multifilamento de poliéster de cristal líquido obtenido en el ejemplo 1 tenía un índice de flexibilidad de hilo S de 6,6, una tasa de retención de resistencia del hilo crudo del 73 %, una resistencia de los nudos de 8,4 cN/dtex y una resistencia de los bucles de 8,3 cN/dtex, y la viabilidad del procedimiento fue "A".

Se combinaron tres de los multifilamentos de poliéster de cristal líquido obtenidos y se retorcieron de manera sencilla (coeficiente de torsión $K = 25$, tensión durante la torsión = 0,3 cN/dtex, coeficiente de variación en la tensión de torsión = 10 %) para preparar el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención. El cordón retorcido tenía un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal del 28 %, una resistencia del cordón de 28,6 cN/dtex y una idoneidad para un producto sometido a procesamiento de alto orden de "3", y era adecuado para su uso en aplicaciones industriales generales.

[Ejemplos 2 a 4]

Se obtuvo un multifilamento de poliéster de cristal líquido de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto porque se proporcionó doblado durante el desdevanado del paquete de polimerización en fase sólida en más direcciones, es decir, 8 direcciones (8 divisiones equitativas), 18 direcciones (18 divisiones equitativas) o 36 direcciones (36 divisiones equitativas).

[Ejemplos 5 a 8]

Se obtuvo un multifilamento de poliéster de cristal líquido de la misma manera que en los ejemplos 1 a 4, excepto porque la guía de hilo usada se cambió a una guía de barra (A707096) fabricada por YUASA YARN GUIDE ENGINEERING CO., LTD., y la dirección de doblado se cambió tal como se muestra en la tabla 1.

[Ejemplos 9 a 23]

Se obtuvo un multifilamento de poliéster de cristal líquido de la misma manera que en el ejemplo 3, excepto porque el número de orificios de la hiladora, la tasa de descarga y la velocidad de devanado se ajustaron de modo que la finura total y la finura de fibra individual del multifilamento de poliéster de cristal líquido fueron tal como se muestra en la tabla 2.

[Ejemplo 24]

Se obtuvo un multifilamento de poliéster de cristal líquido de la misma manera que en el ejemplo 3, excepto porque como resina de poliéster de cristal líquido, se usó una resina de poliéster de cristal líquido que incluía el 73 % en mol de una unidad de ácido p-hidroxibenzoico basado en el total y el 27 % en mol de una unidad de ácido 6-hidroxi-2-naftoico.

[Tabla 1]

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo 7	Ejemplo 8	
Hilatura	Número de filamentos	300	300	300	300	300	300	300	
	Tasa de descarga (g/min)	100	100	100	100	100	100	100	
	Velocidad de recogida (m/min)	600	600	600	600	600	600	600	
	Finura total I (dtex)	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	
	Finura de fibra individual (dtex)	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	
Procesamiento posterior	Componente de agente de engrase desdevanado	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	
	Tipo de guía, de desdevanado	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de barra	Guía de barra	Guía de barra	
	Número de dobleces	4	8	18	36	4	8	18	
	Acimut (°)	de 0 a 270 (equitativamente dividido entre 90°)	de 0 a 315 (equitativamente dividido entre 45°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 350 (equitativamente dividido entre 10°)	de 0 a 270 (equitativamente dividido entre 90°)	de 0 a 315 (equitativamente dividido entre 45°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 350 (equitativamente dividido entre 10°)
	Ángulo de doblado (°)	60	60	60	60	60	60	60	60
Propiedades físicas del multafilamento de cristal líquido	Resistencia (cN/dtex)	25,1	24,3	23,2	22,9	19,4	15,7	13,8	
	Alargamiento (%)	2,90	2,86	2,81	2,78	2,75	2,53	2,24	
	Módulo de elasticidad (cN/dtex)	641	613	601	591	590	577	539	
	Valor de resistencia a la flexión A (cN)	11,04	8,33	6,62	6,20	10,13	7,64	6,55	6,03
	Índice de flexibilidad de hilo S	6,6	5,0	4,0	3,7	6,1	4,6	3,9	3,6
Propiedades físicas del cordón retorcido	Tasa de retención de resistencia del hilo crudo (%)	73	84	88	93	77	87	92	
	Resistencia de los nudos (cN/dtex)	8,4	8,9	10,2	10,2	7,9	7,7	7,6	7,1
	Resistencia de los bucles (cN/dtex)	8,3	8,5	9,4	9,9	7,8	7,4	7,4	7,0
	Viabilidad del procedimiento (veces)	A (5)	S (2)	S (0)	S (0)	A (5)	S (1)	S (0)	S (0)
	Coefficiente de variación en los diámetros de cordón, X, del cordón retorcido (%)	28	18	11	8	25	15	10	7
Propiedades físicas del cordón retorcido	Resistencia del cordón retorcido (cN/dtex)	28,6	26,4	25,5	24,6	23,5	21,7	17,5	15,2
	Idoneidad para el producto sometido a procesamiento de alto orden	3	4	5	5	3	5	5	5

[Tabla 2-1]

	Ejemplo 9	Ejemplo 10	Ejemplo 11	Ejemplo 12	Ejemplo 13	Ejemplo 14	Ejemplo 15	Ejemplo 16
Número de filamentos	150	75	50	600	500	400	16	16
Tasa de descarga (g/min)	50	25	17	50	50	50	12	12
Velocidad de recogida (m/min)	600	600	600	150	180	225	2000	1100
Finura total T (dtex)	840	420	280	3330	2780	2220	60	110
Finura de fibra individual (dtex)	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	3,8	6,9
Componente de agente de engrase	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano
Tipo de guía de desdevanado	Guía de rocillo de soporte	Guía de rocillo de soporte	Guía de rocillo de soporte	Guía de rocillo de soporte	Guía de rocillo de soporte	Guía de rocillo de soporte	Guía de rocillo de soporte	Guía de rocillo de soporte
Número de dobleces	18	18	18	18	18	18	18	18
Acimut (°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)
Ángulo de doblado (°)	60	60	60	60	60	60	60	60
Resistencia (cN/dtex)	23,6	23,7	23,5	23,6	23,8	24,0	26,2	25,6
Alargamiento (%)	2,83	2,84	2,85	2,83	2,84	2,86	2,96	2,92
Módulo de elasticidad (cN/dtex)	613	622	619	623	611	626	641	633
Valor de resistencia a la flexión A (cN)	3,11	1,59	1,07	13,11	10,65	8,36	0,22	0,44
Índice de flexibilidad de hilo S	3,7	3,8	3,8	3,9	3,8	3,8	3,7	4,0
Tasa de retención de resistencia del hilo crudo (%)	93	91	92	90	89	90	92	89
Resistencia de los nudos (cN/dtex)	11,4	10,9	10,5	11,0	11,1	10,8	12,0	11,0
Resistencia de los bucles (cN/dtex)	10,8	10,2	10,5	11,2	11,1	10,9	12,0	11,1
Viability del procedimiento (veces)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Coefficiente de variación en los diámetros de cordón, X, del cordón retorcido (%)	8	9	9	10	10	8	7	11
Resistencia del cordón retorcido	25,9	26,0	25,7	26,0	25,8	25,8	26,2	25,8

[Tabla 2-2]

	Ejemplo 17	Ejemplo 18	Ejemplo 19	Ejemplo 20	Ejemplo 21	Ejemplo 22	Ejemplo 23	Ejemplo 24	
Hilatura	Número de filamentos	16	600	300	75	38	50	300	
	Tasa de descarga (g/min)	12	50	50	50	50	50	100	
	Velocidad de recogida (m/min)	700	600	600	600	600	220	600	
	Finura total T (dtex)	170	840	840	840	840	2270	1670	
	Finura de fibra individual (dtex)	10.6	1.4	2.8	11.2	22.1	45.4	66.6	
	Componente de agente de engrase	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano	Polidimetilsiloxano
	Tipo de guía	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte
	desdovanado	18	18	18	18	18	18	18	18
	Número de dobleces	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20 ^º)
	Acumul (*)	60	60	60	60	60	60	60	60
Procesamiento	Angulo de doblado (º)	25.5	26.2	24.0	23.8	23.8	23.2	24.6	
	Resistencia (cN/dtex)	2,92	2,96	2,86	2,82	2,80	2,83	3,51	
	Alargamiento (%)	636	639	631	618	622	622	623	
	Módulo de elasticidad (cN/dtex)	0,67	2,65	3,02	3,19	3,31	14,56	8,72	
	Valor de resistencia a la flexión A (cN)	3,9	3,2	3,6	3,8	3,9	6,4	7,1	
	Índice de flexibilidad de hilo S	90	91	94	92	90	78	73	
	Tasa de retención de resistencia del hilo crudo (%)	10,8	12,2	12,0	11,5	11,2	7,6	7,2	
	Resistencia de los nudos (cN/dtex)	10,8	12,3	11,6	11,0	9,9	7,7	7,3	
	Resistencia de los bucles (cN/dtex)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	A (3)	A (4)	
	Viabilidad del procedimiento (veces)	12	5	7	9	10	24	29	
Propiedades físicas del cordón	Coefficiente de variación en los diámetros de cordón, X, del cordón	26,2	26,4	26,4	26,2	26,2	24,0	27,4	
	Resistencia del cordón retorcido (cN/dtex)	5	4	5	5	5	5	4	
	Iboidad para el producto sometido a procesamiento de alto orden								

Las propiedades físicas de la fibra en los ejemplos 1 a 24 se muestran en las tablas 1 y 2.

[Ejemplos comparativos 1 a 3]

5

Se obtuvo un multifilamento de poliéster de cristal líquido de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto porque no se proporcionó doblado durante el desdevanado del paquete de polimerización en fase sólida, o se proporcionó doblado en una dirección o dos direcciones (dos divisiones equitativas).

10 [Ejemplos comparativos 4 a 5]

Se obtuvo un multifilamento de poliéster de cristal líquido de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto porque se proporcionó doblado durante el desdevanado del paquete de polimerización en fase sólida en 18 direcciones (18 divisiones equitativas), y el ángulo de doblado en el doblado fue de 10° o 20°.

15

[Tabla 3]

		Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4	Ejemplo comparativo 5
Hilatura	Número de filamentos	300	300	300	300	300
	Tasa de descarga (g/min)	100	100	100	100	100
	Velocidad de recogida (m/min)	600	600	600	600	600
	Finura total T (dtex)	1670	1670	1670	1670	1670
	Finura de fibra individual (dtex)	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
	Componente de agente de engrase	Polidimetil-siloxano	Polidimetil-siloxano	Polidimetil-siloxano	Polidimetil-siloxano	Polidimetil-siloxano
Procesamiento posterior	Tipo de guía de desdevanado	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte	Guía de rodillo de soporte
	Número de dobleces	0	1	2	18	18
	Acimut (°)	-	0	0, 180	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)	de 0 a 340 (equitativamente dividido entre 20°)
	Ángulo de doblado (°)	-	60	60	10	20
Propiedades físicas del multifilamento de cristal líquido	Resistencia (cN/dtex)	25,1	24,3	23,2	25,2	24,6
	Alargamiento (%)	2,90	2,86	2,81	2,93	2,83
	Módulo de elasticidad (cN/dtex)	641	613	601	643	651
	Valor de resistencia a la flexión A (cN)	16,45	15,19	14,34	14,97	13,93
	Índice de flexibilidad de hilo S	9,9	9,1	8,6	9,0	8,3
	Tasa de retención de resistencia del hilo crudo (%)	57	59	67	65	69
	Resistencia de	5,1	5,5	6,1	6,0	6,4

	los nudos (cN/dtex)					
	Resistencia de los bucles (cN/dtex)	5,0	5,3	6,1	5,8	6,3
	Viabilidad del procedimiento (veces)	C (21)	C (16)	B (9)	C (13)	B (7)
Propiedades físicas del cordón retorcido	Coefficiente de variación en los diámetros de cordón, X, del cordón retorcido (%)	49	44	40	43	37
	Resistencia del cordón retorcido (cN/dtex)	18,6	16,8	15,3	18,8	17,4
	Idoneidad para el producto sometido a procesamiento de alto orden	1	1	2	2	2

Las propiedades físicas de la fibra en los ejemplos comparativos 1 a 5 se muestran en la tabla 3.

- 5 Tal como resulta claro a partir de los ejemplos 1 a 24 en las tablas 1 y 2, fue posible hacer flexible el multifilamento de poliéster de cristal líquido doblando el multifilamento de poliéster de cristal líquido en una pluralidad de direcciones cuando el paquete del multifilamento de poliéster de cristal líquido en el que se completó la polimerización en fase sólida se sometió a desdevanado, y fue posible obtener un cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido que tenía un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, de menos del 30 %, según la presente invención, mediante la torsión del
- 10 multifilamento de poliéster de cristal líquido. En los ejemplos 2 a 4, 6 a 21 y 24, el multifilamento de poliéster de cristal líquido se hizo particularmente flexible, de modo que se mejoró adicionalmente la capacidad de cada fibra individual de seguir la torsión (propiedad de deformación), y fue posible reducir significativamente el coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X, del cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido obtenido.
- 15 Tal como se describió anteriormente, debido a que el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, de menos del 30 % y tiene un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal, el cordón retorcido proporciona diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden capaces de conservar las formas de producto deseadas, y es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales tales como cuerdas, eslingas y redes de alta resistencia. Además, el multifilamento de poliéster de cristal líquido usado en el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene flexibilidad de hilo, de modo que cuando se retuercen uno o una pluralidad de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, la capacidad de cada fibra individual de seguir la torsión (propiedad de deformación) es muy alta, y
- 20 cada fibra individual se retuerce uniformemente en el cordón retorcido. Como resultado, se mejora notablemente la diferencia en la longitud de hilo entre las fibras individuales, y la tensión aplicada desde el exterior se dispersa uniformemente a lo largo de todas las fibras individuales incluidas en el cordón retorcido para mejorar notablemente la resistencia del cordón retorcido.
- 25 Por otro lado, tal como resulta claro a partir de los ejemplos comparativos 1 a 5 en la tabla 3, en el caso de que el multifilamento de poliéster de cristal líquido no se doblara o se doblara insuficientemente cuando el paquete en el que se completó la polimerización en fase sólida se sometió a desdevanado, fue imposible hacer flexible el multifilamento de poliéster de cristal líquido, y el hilo obtenido era rígido. En el caso de que se retorciera un multifilamento de poliéster de cristal líquido de este tipo, el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido obtenido tenía un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, del 30 % o más, y los diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden formados con el cordón retorcido no conservaban las formas de producto deseadas. Además, debido a que se produjo diferencia en la longitud de hilo en el cordón retorcido, la tensión aplicada desde el exterior se concentró fácilmente en la fibra individual estirada y la resistencia del cordón retorcido era pequeña, de modo que no se obtuvo suficiente
- 30 resistencia del producto. Tal como se describió anteriormente, si el coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, es del 30 % o más, no puede obtenerse el efecto que pretende la
- 35
- 40

presente invención.

Aplicabilidad industrial

- 5 Debido a que el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la presente invención tiene un diámetro de cordón uniforme en la dirección longitudinal, el cordón retorcido proporciona diversos productos sometidos a procesamiento de alto orden que pueden conservar las formas de producto deseadas, y es adecuado para su uso en aplicaciones de materiales industriales generales tales como cuerdas, eslingas y
- 10 redes de alta resistencia.

REIVINDICACIONES

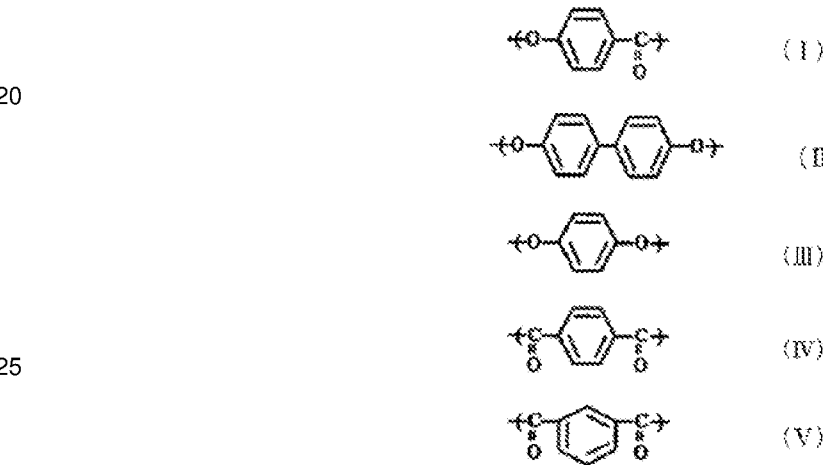
1. Cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido, caracterizado porque el cordón retorcido tiene un coeficiente de variación en los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, X, de menos del 30 %, calculándose el coeficiente de variación en los diámetros de cordón a partir de la (Fórmula 1) descrita a continuación:

coeficiente de variación en los diámetros de cordón, X (%) = {desviación estándar de los diámetros de cordón en una dirección longitudinal, σ (mm) \div diámetro de cordón promedio, D (mm)} \times 100 (Fórmula 1).

2. Cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la reivindicación 1, teniendo el cordón retorcido una resistencia de 12 cN/dtex o más tal como se mide mediante el método de la descripción.

3. Cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la reivindicación 1 ó 2, en el que el poliéster de cristal líquido incluye las unidades estructurales (I), (II), (III), (IV) y (V) descritas a continuación.

[Fórm. quím. 1]



30 4. Cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según la reivindicación 3, en el que una proporción de la unidad estructural (I) es del 40 al 85 % en mol basada en el total de las unidades estructurales (I), (II) y (III), y una proporción de la unidad estructural (II) es del 60 al 90 % en mol basada en el total de las unidades estructurales (II) y (III), y una proporción de la unidad estructural (IV) es del 40 al 95 % en mol basada en el total de las unidades estructurales (IV) y (V).

35 5. Método para producir el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, comprendiendo el método retorcer un multifilamento de poliéster de cristal líquido que tiene un índice de flexibilidad de hilo S de 8,0 o menos tal como se mide mediante el método de la descripción.

40 6. Método según la reivindicación 5, en el que se hila por fusión un poliéster de cristal líquido y luego se devana en un paquete, se somete el paquete a polimerización en fase sólida, se desdevana un multifilamento a partir del paquete en el que se completa la polimerización en fase sólida, mientras que se dobla el multifilamento en al menos cuatro direcciones, luego se devana nuevamente un multifilamento de poliéster de cristal líquido, y se retuerce el multifilamento de poliéster de cristal líquido.

45 7. Método según la reivindicación 5 ó 6, en el que se aplica una tensión de 0,01 a 1,0 cN/dtex durante la torsión, y un coeficiente de variación en la tensión es de menos del 30 %.

50 8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en el que el multifilamento de poliéster de cristal líquido desdevanado a partir del paquete en el que se completa la polimerización en fase sólida se dobla en al menos ocho direcciones.

55 9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que se usa una guía de rodillo o una guía de rodillo de soporte para doblar el multifilamento.

10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que el ángulo de doblado después de pasar a través de una guía de hilos es de 30° o más.

11. Cuerda, eslinga o red que comprende el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 5 12. Elemento de tensión que comprende el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
13. Material textil tejido o tricotado que comprende el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 10 14. Producto de resina reforzado con fibras o producto moldeado de resina que comprende el cordón retorcido de multifilamentos de poliéster de cristal líquido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.