

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 832**

51 Int. Cl.:

D01D 5/06 (2006.01)

D01F 2/00 (2006.01)

D01F 9/17 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2012 PCT/EP2012/059114**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.11.2012 WO12156443**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2012 E 12721298 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2726653**

54 Título: **Método para la producción de fibras precursoras que contienen lignina y también de fibras de carbono**

30 Prioridad:

18.05.2011 EP 11004131

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

04.04.2017

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27C
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**LEHMANN, ANDRÉ;
EBELING, HORST y
FINK, HANS-PETER**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 607 832 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

Método para la producción de fibras precursoras que contienen lignina y también de fibras de carbono

La invención se refiere a un método para la producción de un precursor para la producción de fibras de carbono y de carbón activado según el método de hilatura en cámara húmeda o de aire, en el que una solución de lignina y un polímero formador de fibras en un disolvente adecuado se extruye a través de los orificios de una boquilla de hilatura en un baño de coagulación, el hilo formado se estira y se trata, posteriormente, se seca a una temperatura elevada y a continuación se enrolla. El hilo que contiene lignina es un material de partida económico para la producción de fibras de carbono y de carbono activado.

Las fibras de carbono son fibras de refuerzo de alto rendimiento que se utilizan básicamente para materiales compuestos en la construcción de aviones, construcción de vehículos de alto rendimiento (Fórmula I, embarcaciones a vela de alto rendimiento, etc.) para equipos deportivos y cada vez más para las plantas de energía eólica. Actualmente, se están haciendo grandes esfuerzos en todo el mundo para introducir fibras de carbono de calidad media (a un nivel de precio reducido) en aplicaciones en masa en la construcción de automóviles, el desarrollo de vehículos eléctricos de peso reducido que solicita el público lo que representa, mientras tanto, una fuerza impulsora esencial.

Las fibras de carbono se producen mediante tratamiento térmico por encima de 1.000°C de fibras precursoras orgánicas. Las primeras fibras de carbono se desarrollaron sobre la base de los precursores de celulosa y se utilizaron como filamentos en lámparas. Hoy en día, poliacrilonitrilo o copolímeros de poliacrilonitrilo son los polímeros dominantes para la producción de precursores de fibras de carbono. La gama de fibras de carbono a base de PAN se complementa con fibra de carbono de módulo alto hecha de alquitrán. Para las fibras de carbono a base de PAN, la capacidad anual estimada en 2010 fue de aprox. 77.000 tm, y, para las fibras de carbono a base de alquitrán, de 1.830 tm (textiles técnicos 3/2010). Una visión general de la producción, la estructura, las propiedades mecánicas y también la aplicación de fibras de carbono a base de PAN y alquitrán se proporciona en: J.P. Donnet *et al.*, Carbon fibers, tercera edición, Marcel Dekker, Inc. Nueva York, Basilea, Hong Kong.

El poliacrilonitrilo y el alquitrán son productos de la industria petroquímica y por lo tanto están sujetos al aumento de coste típico para esta rama de la industria. En los últimos años, resultó de esto una tendencia de desarrollo para desarrollar precursores que no estén relacionados con el precio del petróleo con respecto a las materias primas. Esta tendencia estaba forzada por la demanda de fibras de carbono en el segmento de calidad media y por lo tanto también en el segmento de precio medio para aplicaciones en masa, como se ve en la construcción de automóviles.

También por ello se hicieron patentes los biopolímeros. Se hizo referencia ya a la celulosa (rayón) como materia prima para la primera fibra de carbono. También se examinaron como precursoras las fibras de Lyocell (S. Peng *et al.*, *J. Appl. Polymer Sci.* 90 (2003) 1941-1947). Se demostró que las fibras de carbono a base de Lyocell tienen en cierto modo mayor resistencia que las fibras de rayón producidos en condiciones comparables. 1 GPa de resistencia y aprox. 100 GPa de módulo de elasticidad están, sin embargo a un nivel muy bajo para las fibras de carbono. Además de las fibras sintéticas de celulosa, se ensayaron también fibras naturales de celulosa como precursoras para las fibras de carbono. M. Zhang *et al.* (*Die Angewandte makromolekulare Chemie* (Química macromolecular aplicada) 222 (1994) 147-163) utilizaron fibra de sisal como precursora para la producción de fibra de carbono. Con una resistencia de 0,82 GPa y un módulo de elasticidad de 25 GPa, las fibras de carbono producidas a partir de ésta están a un nivel muy bajo.

Otro biopolímero, que está ganando cada vez más importancia en el desarrollo del precursor es la lignina. La lignina es un poliol poliaromático que es un componente de la madera y se produce en grandes cantidades como subproducto de la producción de celulosa. La proporción de carbono es de aprox. 60-65%. La estructura química de la lignina está determinada por el tipo de madera utilizada en el proceso de la celulosa y también por el método de la digestión de la celulosa que se aplica. Las cantidades principales de la lignina resultante se suministran para uso energético. Con la lignina, una materia prima sumamente económica está disponible en muy grandes cantidades y en la práctica no es formadora de fibras en la forma original. Un objetivo fue el desarrollo de precursores que contienen lignina tejida por fusión. J.F. Kadla *et al.* (*Carbon* 40 (2002) 2913-2920) describen la producción de fibra de lignina por tejido por fusión de una lignina kraft disponible en el mercado y también la hilatura por fusión de una mezcla de lignina con bajas proporciones de hasta 5% de óxido de polietileno (PEO). El tratamiento de la lignina pura requiere un pretratamiento térmico que aumenta los costes de las materias primas y, en mezclas, sólo son posibles pequeñas proporciones de PEO, ya que, con mayores cantidades de PEO, la adhesión se produce en el proceso de estabilización. Las fibras de carbono hechas a partir de los precursores que contienen lignina tejidos por fusión tenían resistencias de aprox. 0,4 GPa y módulos en el intervalo de 40-50 GPa y por lo tanto todavía no cumplen los valores característicos mecánicos buscados por la construcción de automóviles, resistencia de aprox. 1,7 GPa y módulo de aprox. 170 GPa.

Kubo *et al.* (*Carbon* 36 (1998) 1119-1124) describen un procedimiento para la hilatura por fusión de la lignina, en el que, en una etapa de tratamiento previo, los componentes de alto peso molecular que no se funden se eliminan de la lignina. En una publicación más, K. Sudo *et al.* (*J. Appl. Polymer Sci.*, 44 (1992) 127-134) describen el pretratamiento de la lignina con disolventes orgánicos con posterior hilatura por fusión de la fracción soluble en cloroformo. Las fibras de carbono producidas a partir de éste tenían meramente un nivel de resistencia bajo.

La patente de EE.UU. nº 3.461.082 describe un método para producir una fibra carbonizada. Según la descripción de esta patente de EE.UU. una fibra producida a partir de lignina obtenida por los tratamientos químicos de material de madera se somete a tratamiento de carbonización.

- 5 La patente de EE.UU. nº 7.678.358 reivindica la acetilación de la lignina como precursora de la hilatura por fusión de la lignina sin, sin embargo dar ninguna información relativa a las propiedades de las fibras de carbono producidas de esta manera. El estado de la técnica demuestra que es posible, en principio, producir precursores que contienen lignina hilaturas por fusión para fibras de carbono. Sin embargo, también se demuestra que no se consigue el nivel de propiedad de la fibra de carbono a base de PAN o alquitrán. La cuestión continúa abierta en cuanto a si la modificación de la lignina necesaria para hacer ésta adecuada para hilatura por fusión no compensa de nuevo la ventaja del coste de la materia prima económica, la lignina.

El objeto subyacente de la invención es desarrollar un método económico para la producción de un precursor que contiene lignina basado en un método de hilatura en solución para la producción de fibras de carbono y de carbón activado.

- 15 Además, la presente invención se refiere a un tratamiento adicional de las fibras precursoras para formar fibras de carbono y también fibras de carbono activado producido consecuentemente.

Este objeto se consigue con respecto al método para la producción de una fibra precursora que contiene lignina por las características de la reivindicación 1 de la patente. Además, un método para la producción de una fibra de carbono se indica en la reivindicación 13 de la patente.

- 20 En el caso del método según la invención para la producción de una fibra precursora que contiene lignina para la producción de fibras de carbono y/o fibras de carbón activado, una solución, que comprende al menos un tipo de lignina y también al menos un polímero formador de fibra seleccionado del grupo que consiste en poliacrilonitrilo y/o copolímeros de poliacrilonitrilo y al menos un disolvente, se introduce en un baño de coagulación por extrusión de la solución a través de una boquilla de hilatura por el método de hilatura en húmedo o de hilatura con cámara al aire, la fibra precursora que contiene lignina precipitante.

- 25 En el método según la invención, la temperatura preferiblemente baja de tratamiento de la solución, una vez producida, durante la extrusión del mismo en el baño de coagulación es especialmente ventajosa, estando prescrito el límite superior máximo de esta temperatura por la naturaleza del baño de coagulación (punto de ebullición). Generalmente, la temperatura del baño de coagulación está por lo tanto, por debajo de 100°C. Como resultado, se proporciona un tratamiento sumamente suave de las fibras de lignina, que sorprendentemente conduce a las fibras de carbono producidas a partir de estas fibras precursoras que tienen una resistencia a la tracción significativamente mayor.

30 Por el término "solución" se entiende, según la invención, que todos los componentes de la solución, es decir, tanto la lignina como el polímero formador de fibras, están completamente solvatados por el disolvente. Sin embargo, este término asimismo incluye también la posibilidad de que las fibras de lignina y/o del polímero formador de fibras están presentes en parte sin disolver en la presente memoria.

- 35 Una realización preferida del procedimiento facilita que la solución usada en la etapa a) se produce por agitación o amasado de la al menos un tipo de lignina y también de al menos un polímero de formador de fibra en al menos un disolvente, preferiblemente a temperaturas de 60°C o más, especialmente preferidas de 80°C o más.

Además, es conveniente si la solución se filtra antes de la introducción en el baño de coagulación, pudiendo separarse cualesquiera de los componentes insolubles posiblemente contenidos.

- 40 En una realización especialmente preferida, el diámetro del orificio de la boquilla de hilatura es de 50 a 600 µm, preferiblemente de 100 a 500 µm.

- 45 Los métodos para la introducción de la solución en el baño de precipitación o en el baño de coagulación se efectúan por consiguiente en el método de hilatura en húmedo o en el método de hilatura en cámara de aire, la cámara de aire en el caso de un método de hilatura en cámara de aire siendo preferiblemente al menos 10 mm, más preferido al menos 20 mm y como máximo 500 mm.

Más aspectos ventajosos del método según la invención establecen que la fibra que contiene lignina según la etapa b)

- 50 a) se estira, preferiblemente se estira al menos 1,1 veces, más preferido 1,1 a 16 veces, especialmente preferido al menos 1,5 veces, especialmente preferido al menos 2 veces su longitud, en especial a una temperatura de al menos 60°C, preferiblemente al menos 80°C, más preferida al menos 90°C, especialmente preferida de al menos 100°C, realizándose el estiramiento preferiblemente en el baño de precipitación, en aire o en vapor de agua,
- b) se lava, preferiblemente se lava con agua desmineralizada,

- c) se trata posteriormente con auxiliares textiles para mejorar la resistencia del hilo y para evitar cargas electrostáticas,
 - d) se seca, en particular, mediante enrollado o bobinado de la fibra sobre o alrededor de los rodillos calentados y/o de secado por paso de flujo a una temperatura de al menos 80°C, preferiblemente de al menos 100°C, y/o
- 5 e) se enrolla.

Por otra parte, es ventajosamente posible que la fibra se trata con un aceite de hilatura antes del secado, después del secado o antes y después del secado.

- Las concentraciones preferidas de al menos un tipo de lignina son por consiguiente de 1 a 99% en peso, preferiblemente de 2 a 30% en peso, especialmente preferidas de 3 a 20% en peso, respecto a la totalidad de la solución.
- 10

Las concentraciones convenientes de al menos el polímero formador de fibras son por consiguiente, con relación a la totalidad de la solución, de 1 a 99% en peso, preferiblemente de 5 a 40% en peso, especialmente preferidas de 7 a 30% en peso, asimismo con relación a toda la solución.

- En una realización especialmente preferida, el baño de coagulación comprende agua o una mezcla de agua y un líquido orgánico, tal como disolventes polares apróticos, en particular, sulfóxido de dimetilo (DMSO), tales como amidas alifáticas que son líquidas a temperatura ambiente, en particular dimetilformamida (DMF) o dimetilacetamida (DMAc); óxidos de aminas terciarias, en particular N-metilmorfolina-N-óxido; líquidos iónicos, líquidos preferiblemente iónicos seleccionados del grupo que consiste en compuestos de imidazolio, compuestos de piridinio o compuestos de tetraalquilamonio, especialmente se prefieren cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio, acetato de 1-butil-3-metilimidazolio, acetato de 1-etil-3-metilimidazolio y/o mezclas de éstos.
- 15
- 20

Un valor de pH conveniente del baño de coagulación está por consiguiente comprendido entre 1 y 7, preferiblemente entre 2 y 5.

- El disolvente para la solución de hilatura, es decir, la solución que comprende la lignina y también al menos un polímero formador de fibras, se selecciona por consiguiente preferiblemente del grupo que consiste en disolventes polares apróticos, en particular, sulfóxido de dimetilo (DMSO) dimetilformamida (DMF) o dimetilacetamida (DMAc); óxidos de aminas terciarias, en particular N-metilmorfolina-N-óxido acuoso (NMMNO, en particular monohidrato de NMMNO); líquidos iónicos, preferiblemente líquidos iónicos seleccionados del grupo que consiste en compuestos de imidazolio, compuestos de piridinio o compuestos de tetraalquilamonio, se prefieren especialmente cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio, acetato de 1-butil-3-metilimidazolio, acetato de 1-etil-3-metilimidazolio; y/o mezclas de éstos.
- 25

- 30 Los polímeros formadores de fibras se seleccionan del grupo que consiste en poliacrilonitrilo, copolímeros de poliacrilonitrilo, en particular copolímeros de poliacrilonitrilo con un contenido en poliacrilonitrilo del 85% en peso o más, preferiblemente 90% en peso o más y/o mezclas o combinaciones de éstos.

- Además, es conveniente en el caso del método según la invención si al menos un tipo de lignina procede de métodos de fabricación de pasta de papel con madera y plantas anuales y se selecciona en particular del grupo que consiste en lignina alcalina, lignina kraft, lignosulfonato, tiolignina, organosolvlignina, lignina ASAM, ligninas de los procesos de digestión por medio de líquidos iónicos o enzimas y/o combinaciones o mezclas de éstos.
- 35

Se indica asimismo una fibra precursora para la producción de fibras de carbono. La fibra precursora según la invención se describe mediante

- a) un contenido de al menos un tipo de lignina de 1% a 99% en peso, preferiblemente de 20 a 60% en peso,
- 40 b) un contenido de al menos un tipo de polímero formador de fibra de 1% a 99% en peso, preferiblemente de 40 a 80% en peso, y
- c) posiblemente, una resistencia de al menos 10 cN/tex, preferiblemente al menos 20 cN/tex, y/o
- d) posiblemente un módulo de elasticidad de al menos 1.000 cN/tex, preferiblemente al menos 1300 cN/tex.

La fibra precursora se puede producir de forma especialmente ventajosa según un método descrito previamente.

- 45 Además, se indica un método según la presente invención para la producción de una fibra de carbono, en el que una fibra precursora según una de las dos reivindicaciones anteriores se estabiliza a temperaturas entre 100 y 600°C y se carboniza por encima de 800°C en condiciones inertes. Este método se define en la reivindicación 13 de la patente.

En una realización preferida, la fibra de carbono se somete a vapor de agua, después de la carbonización, a temperaturas > 200°C, preferiblemente > 300°C.

Además, la presente invención proporciona una fibra de carbono que puede producirse según el método anteriormente descrito para la producción de la fibra de carbono.

La presente invención se explica con más detalle con referencia a las realizaciones y ejemplos posteriores sin limitar la invención a los parámetros representados.

- 5 La lignina se mezcla preferiblemente con el polímero formador de hilos o de fibras y a continuación se disuelve en un disolvente adecuado por agitación o por un proceso de amasado a temperatura elevada. La solución resultante se filtra posiblemente y a continuación se moldea convenientemente para formar filamentos por hilatura en húmedo o con cámara de aire, que pueden estirarse en diferentes condiciones, se lavan, se tratan, se secan y después se enrollan como un filamento.
- 10 Pueden utilizarse diferentes ligninas, tales como lignina alcalina, lignosulfonato, tiolignina, organosolvignina o tipos de lignina de los procesos de digestión de madera alternativos, que son conocidos por el experto en la técnica, como se producen durante la producción de celulosa o también mezclas de estos. Las ligninas se lavan intensamente con agua o posiblemente también con ácidos diluidos hasta un contenido de cenizas de menos del 1%.

- 15 Como polímeros formadores de fibras, se utilizan poliacrilonitrilo y copolímeros de poliacrilonitrilo con un contenido en acrilonitrilo superior al 85%, preferiblemente superior al 90%.

Como disolvente, se utilizan por ejemplo amidas alifáticas, tales como DMF o DMAc, DMSO, óxidos de amina terciaria, preferiblemente N-metilmorfolina-N-óxido, o un líquido iónico, seleccionado del grupo que consiste en compuestos de imidazolio, compuestos de piridinio, compuestos de tetraalquilamonio y mezclas de los mismos.

- 20 La solución de hilatura se produce preferiblemente con agitación o por amasado a una temperatura superior a 60°C, preferiblemente superior a 80°C. La concentración de polímero se ajusta por ejemplo a más del 8%, preferiblemente a más del 10%. La solución viscosa resultante puede filtrarse utilizando dispositivos normales de filtración y puede suministrarse como una solución homogénea sin partículas para almacenamiento intermedio antes del proceso de hilatura.

- 25 La creación de la solución de hilatura para formar fibras o filamentos se efectúa según el método de hilatura en húmedo o el método de hilatura en cámara de aire. En el caso del método de hilatura en húmedo, la solución de hilatura se presiona a través de los orificios de una boquilla de hilatura, utilizándose boquillas de hilatura con diámetros de orificio de 50 a 500 µm. El hilo extruido se solidifica en el baño de coagulación que consiste en agua o una mezcla de disolvente polimérico y un compuesto no disolvente. El compuesto no disolvente puede ser preferiblemente agua o un alcohol alifático con una longitud de cadena de hasta 8 C. Al aplicar hilatura en cámara de aire, la solución viscosa de hilatura que contiene lignina se presiona a través de los orificios de una boquilla de hilatura y los hilos extruidos se estiran en la cámara de aire. El diámetro del orificio de boquilla preferido es preferiblemente mayor de 100 µm y no debe exceder de 600 µm. La longitud de la cámara de aire es al menos de 10 mm. El hilo estirado en el aire se coagula a continuación de forma comparable a la hilatura en húmedo.
- 30

- 35 El hilo se estira en agua y/o una mezcla de agua y el disolvente a una temperatura mayor que 80°C, preferiblemente mayor que 90°C y en aire caliente y/o vapor de agua mayor que 90°C, preferiblemente mayor que 100°C hasta un múltiplo de su longitud, pero por lo menos 1,1 veces. El estiramiento se puede efectuar antes o incluso después del proceso de lavado.

- 40 El hilo estirado y lavado se trata, antes del secado o después del secado o antes y después del secado, con un aceite de hilatura con un efecto antiestático. El secado se efectúa en rodillos calentados o también mediante secado por paso de flujo a temperaturas mayores de 80°C, preferiblemente mayores que 100°C.

- 45 La fibra producida de esta manera comprende al menos 10% de lignina, preferiblemente > 20% de lignina y uno o más polímeros formadores de fibras, tales como poliacrilonitrilo y/o copolímeros de poliacrilonitrilo. Las fibras producidas según la invención tienen una resistencia a la tracción de al menos 10 cN/tex y un módulo mayor que 500 cN/tex y se pueden convertir, según métodos conocidos para la estabilización y carbonización, en fibras de carbono y también, mediante un tratamiento posterior con vapor de agua, en fibras de carbón activado con una superficie específica alta.

Ejemplo 1

- Se mezclan 130 g de un copolímero de acrilonitrilo con 75 g de organosolvignina secada con aire en 500 g de DMAc y se disuelven en una amasadora horizontal a una temperatura de 90°C a menos de 3 h. La solución homogénea, negra resultante está exenta de residuos de fibra y tiene una viscosidad de cizallamiento cero, medida a 80°C, de 376 Pas. La solución se presionó a través de una boquilla de hilatura con 80 orificios (diámetro del orificio 100 µm) con la ayuda de una máquina de extrusión, se estiró con una relación de estiramiento de 10 en la cámara de aire y los filamentos se precipitaron en el baño de coagulación acuoso. El lavado de los filamentos se efectuó con agua destilada, el secado se efectuó en rodillos calentados. Los filamentos tenían una resistencia de 28 cN/tex, un alargamiento de 5,3% y también un módulo de elasticidad de 1.135 cN/tex. El contenido de lignina fue del 47,3%.
- 50

Ejemplo 2

75 g de una celulosa química, 75 g de lignina kraft y 10 g de copolímero de poliacrilonitrilo se mezclan con 840 g de cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio, posteriormente disuelto por amasado en 4 horas a 110°C y moldeado mediante un proceso de moldeado en húmedo utilizando un baño de coagulación con 15% de cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio y 85% de agua para formar fibras, las fibras se estiran 1,8 veces, se tratan con aceite de hilatura y se secan a 105°C por medio de rodillos calentados. Los filamentos tenían una resistencia de 32 cN/tex, un alargamiento de 6,4% y también un módulo de elasticidad de 1.564 cN/tex. El contenido de lignina fue del 45,8%.

REIVINDICACIONES

1. Método para la producción de una fibra precursora que contiene lignina para la producción de fibras de carbono y/o fibras de carbón activado, en el que
- 5 a) una solución, que comprende al menos un tipo de lignina y también al menos un polímero formador de fibras seleccionado del grupo que consiste en poliacrilonitrilo y/o copolímeros de poliacrilonitrilo en al menos un disolvente,
- b) se transfiere a un baño de coagulación por extrusión de la solución a través de una boquilla de hilatura por el método de hilatura en húmedo o el método de hilatura en cámara de aire, precipitando la fibra precursora que contiene lignina.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la solución utilizada en la etapa a) se produce por agitación o amasado de al menos un tipo de lignina y también de al menos un polímero formador de fibras en al menos un disolvente, preferiblemente a temperaturas de 60°C o más, especialmente de 80°C o más.
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la solución se filtra antes de la introducción en el baño de coagulación.
- 15 4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el diámetro del orificio de hilatura de la boquilla de hilatura es de 50 a 600 µm, preferiblemente de 100 a 500 µm.
5. Método según la la reivindicación precedente, caracterizado por que el moldeo se lleva a cabo en el método de hilatura en húmedo, en donde la cavidad de aire es preferiblemente al menos de 10 mm, preferiblemente al menos de 20 mm y como máximo de 500 mm.
- 20 6. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la fibra que contiene lignina según b)
- a) se estira, preferiblemente se estira al menos 1,1 veces, más preferido 1,1 a 16 veces, especialmente preferido al menos 1,5 veces, especialmente preferido al menos 2 veces su longitud, en especial a una temperatura de al menos 60°C, preferiblemente al menos 80°C, más preferida al menos 90°C, especialmente preferida de al menos 100°C, realizándose el estiramiento preferiblemente en el baño de precipitación, en aire o en vapor de agua,
- 25 b) se lava, preferiblemente se lava con agua desmineralizada,
- c) se trata posteriormente con auxiliares textiles para mejorar la resistencia del hilo y para evitar cargas electrostáticas,
- d) se seca, en particular, mediante enrollado o bobinado de la fibra sobre o alrededor de los rodillos calentados y/o por secado por paso de flujo a una temperatura de al menos 80°C, preferiblemente de al menos 100°C, y/o
- 30 e) se enrolla.
7. Método según la reivindicación precedente, caracterizado por que la fibra se trata con un aceite de hilatura antes del secado, después del secado o antes y después del secado.
8. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que, respectivamente, con relación a toda la solución, la concentración
- 35 a) de al menos un tipo de lignina es de 1 a 99% en peso, preferiblemente de 2 a 30% en peso, especialmente preferida del 3 al 20% en peso, y/o
- b) el al menos un polímero formador de fibras es de 1 a 99% en peso, preferiblemente de 5 a 40% en peso, especialmente preferida del 7 al 30% en peso.
9. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el baño de coagulación comprende agua o una mezcla de agua y un líquido orgánico tales como disolventes polares apróticos, en especial DMSO; amidas alifáticas que son líquidas a temperatura ambiente, en especial dimetilformamida (DMF) o dimetilacetamida (DMAc); óxidos de amina terciaria, en especial N-metilmorfolina-N-óxido; líquidos iónicos, preferiblemente líquidos iónicos seleccionados del grupo consistente en compuestos de imidazolio, compuestos de piridinio o compuestos de tetraalquilamonio, especialmente preferidos son cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio, acetato de 1-butil-3-metilimidazolio y
- 40 acetato de 1-etil-3-metilimidazolio.
- 45 10. Método según la reivindicación precedente, caracterizado por que el valor de pH del baño de coagulación está comprendido entre 1 y 7, preferiblemente entre 2 y 5.

11. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que al menos un disolvente se selecciona del grupo consistente en amidas alifáticas que son líquidas a temperatura ambiente, en especial disolventes polares apróticos, preferiblemente sulfóxido de dimetilo (DMSO), dimetilformamida (DMF) o dimetilacetamida (DMAc); óxidos de aminas terciarias, como N-metilmorfolina-N-óxido; líquidos iónicos, preferiblemente líquidos iónicos seleccionados del grupo consistente en compuestos de imidazolio, compuestos de piridinio o compuestos de tetraalquilamonio, especialmente preferidos son cloruro de 1-butil-3-metilimidazolio, acetato de 1-butil-3-metilimidazolio, acetato de 1-etil-3-metilimidazolio; y/o mezclas de éstos.
- 5
12. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los copolímeros de poliacrilonitrilo, se seleccionan del grupo que consiste en copolímeros de poliacrilonitrilo con un contenido en poliacrilonitrilo del 85% en peso o más, preferiblemente 90% o más y/o mezclas o combinaciones de éstos y/o al menos un tipo de lignina procede de métodos de fabricación de pasta de papel con madera y plantas anuales y se selecciona en especial del grupo que consiste en lignina alcalina, lignina kraft, lignosulfonato, tiolignina, organosolvlignina, lignina ASAM, ligninas de los procesos de digestión por medio de líquidos iónicos o enzimas y/o combinaciones o mezclas de éstos.
- 10
13. Método para la producción de una fibra de carbono, en el que una fibra precursora con
- 15
- a) un contenido de al menos un tipo de lignina de al menos 1% a 99% en peso,
- b) un contenido de al menos un tipo de polímero formador de fibras de 1 a 99% en peso, y
- c) posiblemente una resistencia de al menos 10 cN / tex, preferiblemente al menos 20 cN/tex, y/o
- d) posiblemente un módulo de elasticidad de al menos 1.000 cN/tex, preferiblemente al menos 1.300 cN/tex, producido según un método según una de las reivindicaciones 1 a 12
- 20 se estabiliza a temperaturas entre 100 y 600°C, y se carboniza por encima de 800°C en condiciones inertes, en donde la fibra de carbono preferiblemente se somete a vapor de agua, después de la carbonización, a temperaturas > 200°C, preferiblemente > 300°C.