

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 948**

51 Int. Cl.:

<b>B32B 5/16</b>	(2006.01)
<b>B32B 5/26</b>	(2006.01)
<b>B32B 23/02</b>	(2006.01)
<b>B32B 23/04</b>	(2006.01)
<b>B32B 23/10</b>	(2006.01)
<b>H01B 13/08</b>	(2006.01)
<b>H01B 3/52</b>	(2006.01)
<b>B32B 7/12</b>	(2006.01)
<b>B32B 23/08</b>	(2006.01)
<b>H01F 27/32</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2013 PCT/EP2013/063051**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2014 WO14001223**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2013 E 13730274 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2867012**

54 Título: **Elemento de aislamiento para aislamiento eléctrico en el intervalo de alta tensión**

30 Prioridad:

**29.06.2012 EP 12174348**

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

**23.01.2018**

73 Titular/es:

**WICOR HOLDING AG (100.0%)  
Neue Jonastrasse 60  
8640 Rapperswil, CH**

72 Inventor/es:

**EXNER, WOLFGANG y  
WOLFINGER, TOBIAS**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 650 948 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

Elemento de aislamiento para aislamiento eléctrico en el intervalo de alta tensión

**Campo técnico**

5 La presente invención está relacionada con un elemento de aislamiento para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico en el intervalo de alta tensión, un transformador que tiene un elemento de aislamiento de este tipo, un método para producir un elemento de aislamiento de este tipo, y el uso de un elemento de aislamiento para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico.

**Técnica anterior**

10 Durante algún tiempo, se han producido y usado elementos de aislamiento hechos de fibras naturales que contienen celulosa, referidas en lo sucesivo como pulpa, para aislamiento eléctrico de componentes electrotécnicos. Estas fibras naturales que contienen celulosa pueden incluir, por ejemplo, papel, tela de algodón, cinta de algodón, guata comprimida o madera. En particular en transformadores, frecuentemente se usan elementos de aislamiento que contienen celulosa, que consisten en pulpa, dado que la celulosa tiene destacadas propiedades dieléctricas y suficiente resistencia dieléctrica y adicionalmente está muy disponible como materia prima renovable y por lo tanto es rentable. Adicionalmente, elementos de aislamiento producidos de pulpa típicamente tienen buena capacidad para ser impregnados con aceite de transformador, que, en particular en el alojamiento de transformador de transformadores aislados con aceite, se usa tanto para aislamiento de los devanados como también para enfriamiento.

15 Un ejemplo de dicho elemento de aislamiento hecho de pulpa es el producto "Transformerboard TIV", que se conoce desde hace algún tiempo y es vendido por Weidmann. Un sistema de aislamiento para uso en transformadores herméticos, que se basa en celulosa y también un líquido refrigerante y de aislamiento, se describe en el documento DE 199 11 579. El documento CH 579 812 también describe materiales aislantes hechos de celulosa para uso en el sector electrónico.

20 Las propiedades deseables de un elemento de aislamiento para el intervalo de alta tensión incluyen, además de una baja constante dieléctrica y los bajos costes de producción, buena estabilidad térmica, preferiblemente hasta 120 °C, suficiente porosidad para la absorción de aceite, poco hinchamiento en aceite de transformador, poca expansión térmica, alta estabilidad mecánica, y en particular buena descarga parcial y resistencia dieléctrica. Estas propiedades del elemento de aislamiento tienen que ser tan independientes como sea posible del tiempo de funcionamiento del elemento de aislamiento.

25 Para implementar elementos de aislamiento basados en pulpa de un grosor específico, típicamente se producen como multicapa. Para este propósito, en la técnica anterior, usualmente dos capas de tablero de transformador de una en una se cohesionan entre sí por medio de un adhesivo de caseína o una resina de poliéster o resina epoxi o adhesivo de resina de fenol.

30 Un aislamiento que consiste en múltiples capas de tira de papel se describe, por ejemplo, en el documento DE 24 43 398. La producción de un elemento de aislamiento se describe en el documento DE 30 00 418, en el que se usa una resina epoxi para cohesionar dos capas de celulosa de una en una. Elementos de aislamiento multicapa adicionales basados en celulosa se describen en los documentos WO 2012/003166 y EP 1 150 313.

35 Es problemático en el caso de tales elementos de aislamiento multicapa de la técnica anterior que los materiales usados para cohesionar las capas, tales como adhesivo de caseína o resina de poliéster, se puedan impregnar con el aceite de transformador ya sea únicamente en pequeña cantidad o en absoluto y adicionalmente formar una barrera para el aceite. En tales elementos de aislamiento, por lo tanto a menudo se proporcionan perforaciones de impregnación y de secado, que son complejas y dan como resultado un alto nivel de desgaste de taladro. Adicionalmente, debido al efecto de barrera del adhesivo, se prolonga el tiempo para impregnar el elemento de aislamiento con el aceite de transformador, por lo que la producción del transformador se ralentiza como conjunto y por lo tanto se hace más costosa. Esto también tiene un efecto en particular en reparaciones del transformador, si en este caso se debe quitar el aceite. Además, el adhesivo de caseína y la resina de poliéster pueden incluir microburbujas de aire y cavidades, que pueden dar como resultado descargas parciales no deseadas en el elemento de aislamiento. El uso de diferentes materiales adicionalmente da como resultado eliminación compleja y costosa de tales elementos de aislamiento debido a la separación de material requerida.

**Descripción de la invención**

40 Un objeto de la presente invención es especificar un elemento de aislamiento multicapa fácilmente producible que tenga buenas propiedades de aislamiento, que se pueda impregnar tan uniformemente y tan rápidamente como sea posible con un material que fluye libre, que es en particular eléctricamente aislante en el intervalo de alta tensión, tal como aceite de transformador en particular. El elemento de aislamiento debe ser adicionalmente fácilmente desechable. Para lograr este objeto, se propone un elemento de aislamiento según se especifica en la reivindicación 1. Adicionalmente, un transformador que tiene un elemento de aislamiento de este tipo se especifica en la reivindicación 14 y un método para producir un elemento de aislamiento de este tipo se especifica en la reivindicación

55

15. Además, el uso de un elemento de aislamiento de este tipo para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico se especifica en la reivindicación 18. En las reivindicaciones dependientes se especifican realizaciones ventajosas de la invención.

5 La presente invención proporciona así un elemento de aislamiento, en particular un elemento de aislamiento plano, para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico en el intervalo de alta tensión, que tiene

una primera capa, que contiene celulosa;

una segunda capa, que contiene celulosa; y

una capa intermedia, que contiene celulosa de microescala y/o de nanoescala, dispuesta entre la primera capa y la segunda capa.

10 La presente invención adicionalmente proporciona el uso de un elemento de aislamiento para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico, en donde el elemento de aislamiento tiene

una primera capa, que contiene celulosa;

una segunda capa, que contiene celulosa; y

15 una capa intermedia, que contiene celulosa de microescala y/o de nanoescala, dispuesta entre la primera capa y la segunda capa.

Por medio del uso de celulosa de microescala y/o de nanoescala como capa intermedia, en particular se pueden lograr la cohesión de las capas primera y segunda, que es permeable al aceite de transformador durante la impregnación del elemento de aislamiento. La celulosa de nanoescala también se puede denominar en particular nanocelulosa. La capa intermedia se puede impregnar con aceite de transformador debido a la porosidad de la celulosa de microescala y/o de nanoescala, como puede la primera capa y la segunda capa, por lo que se puede asegurar un llenado o retirada de aceite rápidos y fiables de un transformador. El uso de celulosa de microescala y/o de nanoescala adicionalmente permite una producción de la capa intermedia por medio de una materia prima ecológica, universalmente disponible y rentable. En particular, no es necesario proporcionar perforaciones de impregnación y/o perforaciones de secado en el caso de una capa intermedia del elemento de aislamiento implementado de esta manera. La capa intermedia del elemento de aislamiento que tiene celulosa de microescala y/o de nanoescala como capa intermedia adicionalmente generalmente tiene una muy alta resistencia a la descarga parcial, que permite dimensionamiento óptimo del diseño de transformador.

El elemento de aislamiento se usa preferiblemente para aislamiento eléctrico en el intervalo de alta tensión. Sin embargo, también se puede usar para aislamiento a tensiones por debajo del intervalo de alta tensión. Tensiones de CA que tienen un valor efectivo de al menos 1000 V y tensiones de CC de al menos 1500 V se incluyen típicamente en el intervalo de alta tensión. El elemento de aislamiento preferiblemente se implementa incluso de manera que tiene un efecto eléctricamente aislante a tensiones arbitrarias hasta 100 kV y en particular preferiblemente hasta 1200 kV.

La celulosa de microescala o de nanoescala se puede producir a partir de un material que contiene celulosa arbitraria. Por ejemplo, la celulosa de microescala o de nanoescala se puede producir de madera, remolacha azucarera, patatas, cáñamo, lino, algodón, paja de trigo, celulosa de algas, o celulosa de bacterias. Sin embargo, la celulosa de microescala o de nanoescala es producida normalmente de madera. La producción de celulosa de microescala y de nanoescala es conocida por un experto en la técnica. En la celulosa de microescala y de nanoescala, las microfibrillas individuales se proporcionan parcial o enteramente desconectadas entre sí. En la celulosa de microescala o de nanoescala, y en particular en la celulosa de microescala o de nanoescala usada en la capa intermedia, ventajosamente al menos el 50 %, más ventajosamente al menos el 70 %, y lo más ventajosamente al menos el 90 % de las microfibrillas individuales se proporcionan parcial o enteramente desconectadas entre sí. Una mayor parte de las microfibrillas individuales de celulosa de nanoescala típicamente tienen un diámetro en el intervalo de únicamente 1 nm a 20 nm. Una mayor parte de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala típicamente tienen un diámetro en el intervalo de únicamente 10 nm a 100 nm.

45 Para producir la celulosa de microescala o de nanoescala, por ejemplo, se prepara una pulpa sobre la base del material que contiene celulosa. La pulpa se somete entonces a una presión mecánica, por ejemplo, con tratamiento químico o enzimático anterior o posterior. Según otra variante, la celulosa de microescala o de nanoescala se produce porque el material que contiene celulosa se somete a hidrólisis ácida y subsiguiente tratamiento con ultrasonidos. Según una variante adicional, la celulosa de microescala o de nanoescala se obtiene por medio de síntesis bacteriana.

50 Las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala se distribuyen usualmente en un gran intervalo entre 500 nm y 1000  $\mu$ m, e incluso pueden encontrarse longitudes de hasta 2000  $\mu$ m debido a la amplia distribución de longitudes. Sin embargo, preferiblemente al menos el 80 %, en particular preferiblemente al menos el 90 %, todavía más preferiblemente en esencia el 100 % de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala tienen una longitud entre 500 nm y 1000  $\mu$ m. Sin embargo, preferiblemente al menos el 80 %, en particular preferiblemente al menos el 90 %, todavía más preferiblemente en esencia el 100 % de las microfibrillas individuales

de celulosa de microescala tienen una longitud entre 500 nm y 800  $\mu$ m. Sin embargo, todavía más preferiblemente al menos el 80 %, en particular preferiblemente al menos el 90 %, todavía más preferiblemente en esencia el 100 % de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala tienen una longitud entre 500 nm y 600  $\mu$ m. Sin embargo, todavía más preferiblemente al menos el 80 %, en particular preferiblemente al menos el 90 %, todavía más preferiblemente en esencia el 100 % de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala tienen una longitud entre 500 nm y 400  $\mu$ m. Sin embargo, lo más preferiblemente al menos el 80 %, en particular preferiblemente al menos el 90 %, todavía más preferiblemente en esencia el 100 % de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala tienen una longitud entre 500 nm y 200  $\mu$ m. Con el uso de celulosa de microescala que tiene microfibrillas individuales dimensionadas de dicha manera, el elemento de aislamiento tiene propiedades en particular óptimas con relación a la capacidad de impregnar la capa intermedia con aceite y con relación a la cohesión interna de la capa intermedia y la cohesión de la capa intermedia con la primera capa y la segunda capa.

Las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de nanoescala se distribuyen usualmente en un gran intervalo entre 5 nm y 500 nm. Sin embargo, preferiblemente al menos el 80 %, en particular preferiblemente al menos el 90 %, todavía más preferiblemente en esencia el 100 % de las microfibrillas individuales de celulosa de nanoescala tienen una longitud de 5 nm a 500 nm. Con el uso de celulosa de nanoescala que tiene microfibrillas individuales dimensionadas de dicha manera, el elemento de aislamiento tiene propiedades en particular óptimas con relación a la capacidad de impregnar la capa intermedia con aceite y con relación a la cohesión interna de la capa intermedia y la cohesión de la capa intermedia con la primera capa y la segunda capa.

Con el uso de una mezcla de celulosa de microescala y de nanoescala que tiene microfibrillas individuales dimensionadas como se ha descrito anteriormente, el elemento de aislamiento tiene propiedades en particular óptimas con relación a la capacidad de impregnar la capa intermedia con aceite y con relación a la cohesión interna de la capa intermedia y la cohesión de la capa intermedia con la primera capa y la segunda capa.

Ventajosamente al menos el 50 %, preferiblemente al menos el 80 %, en particular preferiblemente al menos el 90 %, todavía más preferiblemente en esencia el 100 % de las microfibrillas individuales de la celulosa de microescala y/o de nanoescala tienen una longitud en el intervalo de 50 nm a 80  $\mu$ m. El grosor de las microfibrillas individuales está típicamente en una mayor parte de las microfibrillas en un intervalo de 15 nm a 25 nm, en particular aproximadamente 20 nm. Con el uso de celulosa de microescala y/o de nanoescala que tiene microfibrillas individuales dimensionadas de esta manera, el elemento de aislamiento tiene propiedades en particular óptimas con relación a la capacidad de impregnar la capa intermedia con aceite y con relación a la cohesión interna de la capa intermedia y la cohesión de la capa intermedia con la primera capa y la segunda capa.

Fundamentalmente, se puede indicar lo siguiente para la celulosa de microescala y también para la celulosa de nanoescala: cuanto más corta es la longitud de las microfibrillas individuales, mayor es el área superficial de las microfibrillas individuales. Por lo tanto, una capa intermedia que tiene microfibrillas individuales más cortas, debido a la mayor área superficial de las microfibrillas individuales, puede sostener juntas una primera capa y una segunda capa más fuertemente que una capa intermedia, que contiene microfibrillas individuales, que contiene comparativamente microfibrillas individuales más largas.

En una realización en particular preferida, la capa intermedia contiene celulosa de nanoescala. La celulosa de nanoescala tiene, en comparación con celulosa que tiene microfibrillas individuales más largas en comparación con celulosa de nanoescala, por ejemplo, celulosa de microescala, una mayor área superficial. La capa intermedia que contiene celulosa de nanoescala puede, debido a la mayor área superficial, sostener juntas la primera capa y la segunda capa comparativamente de manera más fuerte que la celulosa que tiene microfibrillas individuales más largas que la celulosa de nanoescala, por ejemplo, celulosa de microescala.

Las capas primera y segunda también pueden contener, además de celulosa, derivados de celulosa, por ejemplo, metilcelulosa, acetato de celulosa o nitrato de celulosa. Las capas primera y segunda adicionalmente también pueden contener celulosa de microescala y/o de nanoescala. En la primera capa y la segunda capa, pero también en la capa intermedia, se puede contener un número arbitrario de materiales adicionales además de celulosa, por supuesto. Así, por ejemplo, en particular la primera capa y/o la segunda capa pueden contener, además de celulosa, también poliolefinas (en particular polietileno), polisulfona, resina de poliéster, cerámica, aramida, politetrafluoretileno, amilosa, amilopectina, almidón, algina, pectina, carragenanos, goma de algarrobo, xanthano, guarán, agar, furcellarano, carboximetilcelulosa (CMC), y/o extracto de tamarindo.

El elemento de aislamiento puede tener una pluralidad de capas adicionales, que contienen cada una celulosa, y entre las que se disponen capas intermedias en cada caso, que contienen celulosa de microescala y/o de nanoescala.

La celulosa de microescala y/o de nanoescala contenida en la capa intermedia se puede usar para diferentes finalidades. Por ejemplo, se puede usar con el propósito de absorber materiales, por ejemplo, una resina, que surge durante la producción del elemento de aislamiento entre cada dos capas que contienen celulosa, en particular para impedir la formación de una capa de resina pura. La celulosa de microescala y/o de nanoescala contenida en la capa intermedia se usa preferiblemente, sin embargo, para sostener juntas la primera capa y la segunda capa. En particular de manera preferible, la cohesión de las capas se basa predominantemente en este caso en enlaces de hidrógeno y/o fuerzas de Van Der Waals, que se forman en la región de cohesión entre la capa intermedia y la primera capa y/o

la segunda capa. La cohesión de las capas también se puede basar principalmente, sin embargo, en trabado mutuo mecánico de las capas entre sí. Como la celulosa de microescala y/o de nanoescala se usa con el propósito de sostener juntas la primera capa y la segunda capa, es posible producir un elemento de aislamiento multicapa sin el uso de un adhesivo, tal como adhesivo de caseína o resina de poliéster. Por supuesto, también es concebible que la

5 capa intermedia también contenga, además de celulosa de microescala y/o de nanoescala, adhesivo, tal como, en particular, adhesivo de caseína o resina de poliéster o un adhesivo de resina epoxi o adhesivo de resina de fenol. Sin embargo, la capa intermedia ventajosamente no contiene adhesivo.

Según una sofisticación de la invención, la capa intermedia contiene al menos 20 % en peso de celulosa de microescala y/o de nanoescala, preferiblemente al menos el 50 % en peso o incluso al menos 60 % en peso, todavía más preferiblemente al menos el 70 % en peso o incluso al menos el 80 % en peso, y lo más preferiblemente incluso el 100 % en peso, con respecto al peso total de la capa intermedia en estado seco, es decir, excluyendo aceite y agua. Una gran proporción de celulosa de microescala y/o de nanoescala en la capa intermedia correspondiente a las cantidades mencionadas anteriormente provoca en particular buena capacidad de impregnar la capa intermedia con

10 aceite de transformador y también buena cohesión de la capa intermedia tanto internamente como también con las capas primera y segunda. La capa intermedia ventajosamente contiene menos del 1 % de hemicelulosa y/o menos del 1 % de lignina con respecto al peso total de la capa intermedia en estado seco. Todavía más ventajosamente, la capa intermedia no contiene hemicelulosa ni lignina.

Según una sofisticación de la invención, la primera capa contiene al menos el 50 % en peso, preferiblemente al menos 75 % en peso, y en particular preferiblemente incluso al menos el 90 % en peso de celulosa, con respecto al peso total de la primera capa en estado seco. Según una sofisticación de la invención, la segunda capa adicionalmente también contiene al menos el 50 % en peso, preferiblemente al menos 75 % en peso, y en particular preferiblemente incluso al menos el 90 % en peso celulosa, con respecto al peso total de la segunda capa en estado seco. Lo más preferiblemente, tanto la primera capa como también la segunda capa contienen exclusivamente celulosa pura sin

20 materiales adicionales.

Según una sofisticación de la invención, la primera capa y/o la segunda capa se producen usando pulpa o pulpa de madera o papel residual. La primera capa y/o la segunda capa preferiblemente contienen pulpa o pulpa de madera o papel residual. La obtención de pulpa y pulpa de madera de materiales que contienen celulosa es conocida por un experto en la técnica. Si bien la pulpa de madera se obtiene de la madera, la pulpa se puede obtener de cualquier material arbitrario que contenga celulosa. La pulpa se obtiene preferiblemente de madera o de plantas de hoja caduca,

25 por ejemplo, algodón.

Según una sofisticación de la invención, la primera capa contiene al menos el 50 % en peso, preferiblemente al menos el 75 % en peso, y en particular preferiblemente incluso al menos el 90 % en peso de pulpa, con respecto al peso total de la primera capa en estado seco. Según una sofisticación de la invención, la segunda capa adicionalmente también contiene al menos el 50 % en peso, preferiblemente al menos el 75 % en peso, y en particular preferiblemente incluso al menos el 90 % en peso de pulpa, con respecto al peso total de la segunda capa en estado seco. Lo más preferiblemente, tanto la primera capa como también la segunda capa contienen el 100 % en peso de pulpa sin

30 materiales adicionales.

Por lo tanto, la primera capa, la segunda capa y la capa intermedia ventajosamente contienen exclusivamente cada una pulpa antes de la impregnación con aceite, lo más ventajosamente cada una exclusivamente contiene celulosa. En particular de manera ventajosa, antes de la impregnación con aceite, el elemento de aislamiento entero consiste en esencia de manera exclusiva en celulosa, más ventajosamente de manera exclusiva en celulosa. La ventaja de un elemento de aislamiento implementado de esta manera es en particular su eliminación muy simple, dado que no se necesita separación de material antes de la eliminación. En el caso de la estructura posible más homogénea del elemento de aislamiento, adicionalmente pueden ser construidas espacialmente de manera arbitraria, como la

40 estructura de capa del elemento de aislamiento entonces se tiene que tener en consideración en menor medida o incluso nada en absoluto con relación a las líneas de campo eléctrico. Las propiedades de aislamiento del elemento de aislamiento pueden entonces en particular ser independientes del ángulo con el que las líneas de campo se extienden con respecto a las capas.

La primera capa y/o la segunda capa se proporcionan preferiblemente en forma de placas comprimidas.

Según una sofisticación de la invención la primera capa, la segunda capa y la capa intermedia tienen una densidad media compartida de al menos 0,8 g/cm<sup>3</sup> (gramos por centímetro cúbico), más preferiblemente al menos 1,0 g/cm<sup>3</sup> y lo más preferiblemente al menos 1,2 g/cm<sup>3</sup>, o incluso 1,3 g/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, la densidad media compartida de las tres capas mencionadas es típicamente como mucho 1,4 g/cm<sup>3</sup>. La densidad se determina en este caso en particular según la norma internacional IEC 60763-2-10 segunda edición, 15 de febrero de 2007. Si bien la fortaleza eléctrica y mecánica del elemento de aislamiento es perjudicada en el caso de una densidad excesivamente baja, una densidad excesivamente alta da como resultado en un volumen de poros excesivamente alto y una capacidad correspondientemente pobre para impregnar el elemento de aislamiento con aceite de transformador. Una densidad suficientemente alta del elemento de aislamiento es adicionalmente importante para permitir la producción del elemento de aislamiento como componente autosuficiente.

50

55

## ES 2 650 948 T3

- 5 La primera capa, la segunda capa, y la capa intermedia preferiblemente tienen conjuntamente un volumen de poro medio del 5 % al 40 %, en particular del 10 % a 20 %, en donde la medición del volumen de poros se determina por medio de la absorción de aceite según la norma internacional IEC 60763-2-13 segunda edición, 15 de febrero de 2007. Un volumen de poros así asegura buena capacidad de impregnación con suficiente estabilidad mecánica del elemento de aislamiento al mismo tiempo.
- 10 Como regla, el material y la construcción estructural de las al menos tres capas del elemento de aislamiento se tiene que seleccionar de manera que las tres capas se puedan impregnar con un material eléctricamente aislante y que fluye libre, en particular un material que es eléctricamente aislante en el intervalo de alta tensión, de modo que el elemento de aislamiento pueda asumir su efecto de aislamiento eléctrico tan óptimamente como sea posible, en particular en el intervalo de alta tensión.
- Según una sofisticación de la invención, el grosor del elemento de aislamiento, que se mide perpendicularmente a través de la primera capa y la segunda capa y también la capa intermedia, es al menos 1 mm, más preferiblemente al menos 6 mm, y lo más preferiblemente al menos 8 mm.
- 15 La capa intermedia del elemento de aislamiento ventajosamente tiene un grosor medio de capa de como mucho 2 mm, todavía más ventajosamente como mucho 1 mm, y lo más ventajosamente como mucho 400  $\mu\text{m}$ . El grosor medio de capa es ventajosamente también al menos de 50  $\mu\text{m}$ .
- La primera capa y/o la segunda capa ventajosamente tienen un grosor de capa de 0,5 mm a 8 mm, en particular de 3 mm a 6 mm.
- 20 Según una sofisticación de la invención, el elemento de aislamiento tiene un módulo de elasticidad en el intervalo de 5 a 9 GPa, y una resistencia a la flexión en el intervalo de 30 a 70 MPa (cada uno medido según la norma internacional IEC 60763-2-9 segunda edición, 15 de febrero de 2007). El módulo de aislamiento puede usarse entonces óptimamente en particular como componente autosuficiente.
- 25 El valor de pH del extracto acuoso en el caso de una medición realizada según la norma internacional IEC 60763-2-17 segunda edición, 15 de febrero de 2007, está preferiblemente en el intervalo de 5 a 10. La conductividad del extracto acuoso, en el caso de una medición según IEC 60763-2-16 segunda edición, 15 de febrero de 2007, del elemento de aislamiento entero es ventajosamente como mucho 15 mS/m.
- 30 El componente electrotécnico es típicamente una parte de un transformador. Sin embargo, también puede ser una parte de otro componente electrotécnico, por ejemplo, un reactor de compensación, un convertidor de tensión, o un desfaseador. Si es una parte de un transformador, el transformador puede ser en particular un transformador seco (para corriente continua o corriente alterna) o un transformador lleno con un material que fluye libre, en particular un líquido, preferiblemente tal como aceite, (aceites sintéticos/ésteres/aceites minerales/aceites naturales, para corriente continua o corriente alterna), en donde el transformador también puede ser en particular un transformador de potencia, un transformador de distribución, un transformador de soldadura, un transformador de válvula o de regulación, o un transformador de vehículo.
- 35 El elemento de aislamiento puede ser, por ejemplo, un espaciador, una escuadra, una barra, un bloque, una placa, un anillo de presión, una varilla, un anillo de ángulo, un capó, un capuchón, una tobera de sector, una tubería con brida, una barra de aprisionamiento, un fuelle plegado, un tornillo, una tuerca, una varilla roscada, una línea de descarga, un bloque de soporte, un anillo de blindaje o una tubería. Los elementos de aislamiento mencionados se usan en transformadores.
- 40 Adicionalmente, un método se especifica para producir un elemento de aislamiento, en donde el elemento de aislamiento se implementa en particular como se ha indicado anteriormente. El método tiene al menos la etapa de que se dispone una capa intermedia entre una primera capa, que contiene celulosa, y una segunda capa, que contiene celulosa. En este caso, se usa una capa intermedia, que contiene celulosa de microescala y/o de nanoescala.
- 45 La celulosa de microescala y/o de nanoescala se aplica ventajosamente de manera discontinua usando agua y/o usando un disolvente polar, por ejemplo, etanol, metanol, etc., entre la primera capa y la segunda capa. La primera capa y la segunda capa, que pueden ser en particular Transformerboard TIV en cada caso, cada una tiene preferiblemente un estado inicial seco en este caso. La capa intermedia generalmente no contiene hemicelulosa ni lignina. La capa intermedia ventajosamente contiene menos del 1 % de hemicelulosa y/o menos del 1 % de lignina con respecto al peso total de la capa intermedia en estado seco. Todavía más ventajosamente, la capa intermedia no contiene hemicelulosa ni lignina.
- 50 La primera capa, la capa intermedia y la segunda capa ventajosamente se comprimen entre sí a una presión de compresión de 10 N/cm<sup>2</sup> (Newtons por centímetro cuadrado) a 600 N/cm<sup>2</sup>, ventajosamente de 10 N/cm<sup>2</sup> a 300 N/cm<sup>2</sup>, más ventajosamente de 150 N/cm<sup>2</sup> a 250 N/cm<sup>2</sup>. Esta compresión se realiza típicamente a temperatura ambiente y generalmente sin aplicación de vacío. Sin embargo, la compresión entre 50 °C y 120 °C, en particular a aproximadamente 90 °C, ha demostrado ser en particular ventajosa. La estabilidad dimensional y/o la fortaleza adhesiva del elemento de aislamiento según la invención es mejorada por la compresión térmica, es decir, por la compresión a una temperatura mayor que la temperatura ambiente, en particular por la compresión a las temperaturas
- 55

mencionadas por encima de la temperatura ambiente. Mediante la compresión se retira aire del elemento de aislamiento, y las capas del elemento de aislamiento se llevan a contacto mutuo y se unen entre sí.

5 Tras la disposición de la capa intermedia entre la primera capa y la segunda capa, preferiblemente se realiza secado de la primera capa, la segunda capa y la capa intermedia. Este secado se puede realizar térmicamente en particular, típicamente a temperaturas menores de 150 °C, en particular menores de 120 °C. A temperaturas más altas, el riesgo de daño puede existir dependiendo de la implementación del elemento de aislamiento. Sin embargo, para el secado también se puede usar cualquier método de secado arbitrario u otro, por ejemplo, secado con microondas. La compresión y el secado térmico se realizan en particular preferiblemente de manera simultánea.

10 La secuencia de la compresión térmica descrita anteriormente y el subsiguiente secado descrito anteriormente tiene la ventaja de que se puede aumentar la resistencia a la flexión del elemento de aislamiento según la invención. El secado térmico no necesariamente tiene que tener lugar inmediatamente tras la compresión térmica con respecto a tiempo, pero en cambio también puede tener lugar tras un intervalo de tiempo.

15 Según una sofisticación de la invención, la primera capa, la capa intermedia y la segunda capa se comprimen térmicamente entre sí. Compresión térmica significa que la compresión tiene lugar a una temperatura por encima de la temperatura ambiente. La primera capa, la capa intermedia y la segunda capa se comprimen preferiblemente de manera térmica entre sí a una presión de compresión de 10 N/cm<sup>2</sup> (Newtons por centímetro cuadrado) a 600 N/cm<sup>2</sup>, preferiblemente de 10 N/cm<sup>2</sup> a 300 N/cm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 150 N/cm<sup>2</sup> a 250 N/cm<sup>2</sup>. La compresión térmica se realiza preferiblemente a una temperatura entre 50 °C y 120 °C, más preferiblemente a aproximadamente 90 °C. La estabilidad dimensional y/o la fortaleza adhesiva del elemento de aislamiento según la invención es mejorada por la compresión térmica, en particular en el caso de compresión térmica a las temperaturas mencionadas. Adicionalmente, el secado preferido mencionado de la primera capa, la segunda capa y la capa intermedia, que se realiza posteriormente a la disposición de la capa intermedia entre la primera capa y la segunda capa, si fuera necesario, se puede evitar por la compresión térmica, de modo que es posible la producción más rentable y de menos energía del elemento de aislamiento según la invención. La compresión térmica se realiza típicamente sin aplicar vacío. Por supuesto, sin embargo, la compresión térmica también se puede realizar con aplicación de vacío.

20 Según una sofisticación de la invención, la capa intermedia se dispone entre la primera capa y la segunda capa, en donde la celulosa de microescala y/o de nanoescala dispuesta tiene un peso por unidad de área de 800 g/m<sup>2</sup> o menos, preferiblemente de 20 g/m<sup>2</sup> a 350 g/m<sup>2</sup>, más preferiblemente de 150 g/m<sup>2</sup> a 300 g/m<sup>2</sup>, todavía más preferiblemente de aproximadamente 240 g/m<sup>2</sup>. La capa intermedia ventajosamente consiste en este caso exclusivamente de celulosa de microescala y/o de nanoescala. De esta manera, se puede aumentar la estabilidad del elemento de aislamiento según la invención.

### Breve descripción de los dibujos

Realizaciones preferidas de la invención se describirán en adelante sobre la base de los dibujos, que únicamente se usan como explicación y no se deben interpretar como restrictivos. En las figuras muy esquemáticas de los dibujos:

35 Figura 1 muestra una vista en perspectiva de un elemento de aislamiento multicapa según la técnica anterior;

Figura 2 muestra una vista en perspectiva de una realización según la invención de un elemento de aislamiento multicapa;

Figura 3 muestra una imagen tomada por un microscopio de luz de celulosa pura de microescala y/o de nanoescala (ARBOCEL® MF 40-10); y

40 Figura 4 muestra una imagen tomada por un microscopio de luz de fibras de pulpa convencional, mezclada con celulosa de microescala y/o de nanoescala (ARBOCEL® MF 40-10).

### Descripción de realizaciones preferidas

45 La figura 1 muestra un elemento de aislamiento 1' para el aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico de un transformador, como ya es bien conocido por un experto en la técnica de la técnica anterior. El elemento de aislamiento 1' tiene una estructura multicapa que tiene una primera capa 2, una segunda capa 3 y una capa intermedia 4, que se dispone entre la primera capa 2 y la segunda capa 3. La secuencia de capas especificadas se puede repetir arbitrariamente a menudo en un elemento de aislamiento.

50 La primera capa 2 y la segunda capa 3 se producen cada una de aglomerado y aquí consisten exclusivamente en pulpa. Estas capas 2 and 3 son en particular el material "Transformerboard TIV", que ha sido producido durante algún tiempo por Weidmann. La estructura de este material y la producción del mismo, que se realiza por medio de compresión en caliente, entre otras cosas, son conocidas por un experto en la técnica desde hace algún tiempo.

La capa intermedia 4, que se usa para cohesionar y sostener juntas la primera capa 2 y la segunda capa 3, contiene adhesivo de caseína o resina de poliéster en la presente realización ejemplar de la técnica anterior. Como ni el adhesivo de caseína ni la resina de poliéster son generalmente permeables al aceite de transformador durante la

impregnación del elemento de aislamiento 1', típicamente se proporcionan perforaciones de impregnación 6 en dichos elementos de aislamiento 1' de la técnica anterior. Estas perforaciones de impregnación 6, que se distribuyen en un gran número y a intervalos regulares sobre todo el elemento de aislamiento 1', se extienden cada una en la dirección perpendicular a través de la primera capa 2, la segunda capa 3 y la capa intermedia 4. Al proporcionar las perforaciones de impregnación 6 en el elemento de aislamiento 1', se puede asegurar suficiente impregnación del elemento de aislamiento 1' con aceite de transformador. Sin embargo, la aportación de perforaciones de impregnación 6 durante la producción da como resultado un alto nivel de desgaste de taladro. La producción del elemento de aislamiento 1' también tarda más debido a las perforaciones de impregnación que se tienen que implementar y por lo tanto también es comparativamente cara. Adicionalmente, son desfavorables las microburbujas de aire y cavidades, que se pueden encerrar en el adhesivo de caseína o en la resina de poliéster, y que pueden dar como resultado descargas parciales no deseadas en el elemento de aislamiento 1'. Además, la disposición del elemento de aislamiento 1' está vinculada con un cierto gasto, dado que en este caso los materiales diferentes, es decir, el material de las capas primera y segunda 2 y 3, respectivamente, y el adhesivo de caseína o la resina de poliéster de la capa intermedia 4, deben estar separados entre sí. Finalmente, debido a los defectos en la capa intermedia 4, la resistencia dieléctrica media del elemento de aislamiento 1' se puede ver perjudicada, lo que representa una desventaja substancial de dichos elementos de aislamiento 1'. Los elementos de aislamiento 1' de la técnica anterior son típicamente libres de descarga parcial hasta como mucho 8 kV/mm.

Una realización ejemplar según la invención de un elemento de aislamiento 1 para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico en el intervalo de alta tensión se muestra en la figura 1. La realización ejemplar según la invención mostrada en la figura 2 difiere de la realización ejemplar de la técnica anterior mostrada en la figura 1 solamente en que el elemento de aislamiento 1 tiene una capa intermedia 5 implementada de manera diferente que el elemento de aislamiento 1'. Adicionalmente, el elemento de aislamiento 1 mostrado en la figura 2 no tiene perforaciones de impregnación 6. Elementos implementados de manera idéntica o similar se identifican en las figuras 1 y 2 con los mismos signos de referencia en cada caso.

Tanto el elemento de aislamiento 1' según la realización de la técnica anterior mostrada en la figura 1 como también el elemento de aislamiento 1 según la invención mostrada en la figura 2 son en particular una parte de un transformador lleno de aceite. Los elementos de aislamiento 1 y 1' de las presentes realizaciones se implementan ambos como elemento plano.

La capa intermedia 5 del elemento de aislamiento 1 mostrado en la figura 2 se produce de celulosa de microescala y/o de nanoescala. Para este propósito, en la presente realización ejemplar, se usa el producto ARBOCEL® MF 40-10 de J. Rettenmaier & Söhne GmbH + Co. KG, 73494, Rosenberg, Alemania, que tiene una proporción de masa del 15 % sólida. Durante la producción del elemento de aislamiento 1, la celulosa de microescala y/o de nanoescala es aplicada en primer lugar a una superficie de la primera capa 2. La segunda capa 3 se posa entonces sobre la celulosa de microescala y/o nanoescala. La primera capa 2, la celulosa de microescala y/o de nanoescala, y la segunda capa 3 con comprimidas posteriormente entre sí a una presión de compresión de aproximadamente 200 N/cm<sup>2</sup>. Posterior o simultáneamente, el elemento de aislamiento 1 es secado térmicamente a una temperatura en el intervalo entre 100 °C y 150 °C.

El elemento de aislamiento 1 tiene una densidad media de 1,2 g/cm<sup>3</sup> a 1,3 g/cm<sup>3</sup> (medida según la norma IEC 60763-2-10 segunda edición, 15 de febrero de 2007) y un volumen de poros del 10 % al 20 %. Con respecto a la masa seca del elemento de aislamiento 1, por lo tanto resulta una absorción de aceite del 10 al 20 % en peso (medida según la norma IEC 60763-2-13 segunda edición, 15 de febrero de 2007). El módulo de elasticidad del elemento de aislamiento 1 está en el intervalo de 5 a 9 GPa, en particular aproximadamente 7 GPa (medido según la norma IEC 60763-2-9 segunda edición, 15 de febrero de 2007). La resistencia a la flexión resultante del elemento de aislamiento 1 está en la presente realización ejemplar en el intervalo de 30 a 70 MPa, medida según la norma IEC 60763-2-9 segunda edición, 15 de febrero de 2007. El elemento de aislamiento 1 adicionalmente tiene una estabilidad térmica hasta aproximadamente 120 °C, que fue medida según las siguientes normas: IEC 60216-1, quinta edición 2001 del 1 de julio de 2001; IEC 60216-2, cuarta edición 2005 de 11 de agosto de 2005; IEC 60216-3, segunda edición 2006 conjuntamente con COR 1 2009 del 18 de diciembre de 2009 de IEC 60216-3, segunda edición 2006; IEC 60216-4-1, cuarta edición 2006 del 19 de enero de 2006; IEC 60216-4-2, primera edición 2000 del 1 de julio de 2000; IEC 60216-4-3, primera edición del 1 de abril de 2000; IEC 60216-5, tercera edición 2008 conjuntamente con COR 1 2009 del 18 de diciembre de 2009 de IEC 60216-5, tercera edición 2008; IEC 60216-6, segunda edición 2006 del 29 de mayo de 2006.

La primera capa 2 y la segunda capa 3 tienen cada una un grosor medio de capa en el intervalo de 3 a 6 mm. La capa intermedia 5 es de menos de 400 µm de gruesa y consiste en 100 % celulosa de microescala y/o de nanoescala. La celulosa de microescala y/o de nanoescala aplicada tiene en este caso un peso por unidad de área de 800 g/m<sup>2</sup> o menos.

El valor de pH del extracto acuoso en el caso de una medición realizada según la norma internacional IEC 60763-2-17 segunda edición, 15 de febrero de 2007, está en el intervalo de 5 a 10. La conductividad del extracto acuoso en el caso de una medición del elemento de aislamiento entero según la norma internacional IEC 60763-2-16 segunda edición, 15 de febrero de 2007 es como mucho 15 mS/m. En el elemento de aislamiento 1, no ocurren interrupciones o descargas parciales en el intervalo de 0 kV/mm hasta 12 kV/mm.

La figura 3 muestra una imagen desde un microscopio de luz, en el que la celulosa de microescala y/o de nanoescala 8 (ARBOCEL® MF 40-10) usada en la capa intermedia 5 se muestra en una ilustración enormemente agrandada. Como se puede ver bien en esta imagen, las microfibrillas individuales, que se proporcionan al menos parcialmente desconectadas entre sí, forman una pluralidad de acumulaciones como ovillos en cada caso.

- 5 La figura 4 muestra una imagen tomada por un microscopio de luz de fibras de pulpa convencional 7, que están mezcladas con celulosa de microescala y/o de nanoescala 8 (ARBOCEL® MF 40-10) en una ilustración enormemente agrandada. Es claramente reconocible que las acumulaciones como ovillos de la celulosa de microescala y/o de nanoescala 8 que tienen microfibrillas individuales proporcionadas desconectadas entre sí se adhieren a las fibras de pulpa 7, que se dimensionan varias veces más grandes.
- 10 La invención anterior no se restringe a la presente realización según la figura 2, por supuesto, y es posible una pluralidad de alteraciones. Así, la primera capa 2, la segunda capa 3 y la capa intermedia 5 también pueden contener materiales arbitrarios adicionales además de celulosa. También es posible en el elemento de aislamiento según la invención de la figura 2 que se proporcionen perforaciones de impregnación y/o perforaciones de secado. El elemento de aislamiento puede tener además capas, que pueden contener celulosa en particular, y que se cohesionan entre sí
- 15 en particular por medio de capas intermedias, que contienen celulosa de microescala y/o de nanoescala. El elemento de aislamiento no necesariamente tiene que ser una parte de un transformador. El elemento de aislamiento también se puede usar para aislar otros componentes electrotécnicos, por ejemplo, reactores de compensación o desfases. En el caso de un transformador, adicionalmente no necesariamente tiene que ser un transformador lleno de aceite. El elemento de aislamiento según la invención también se podría usar en transformadores secos, por
- 20 supuesto.

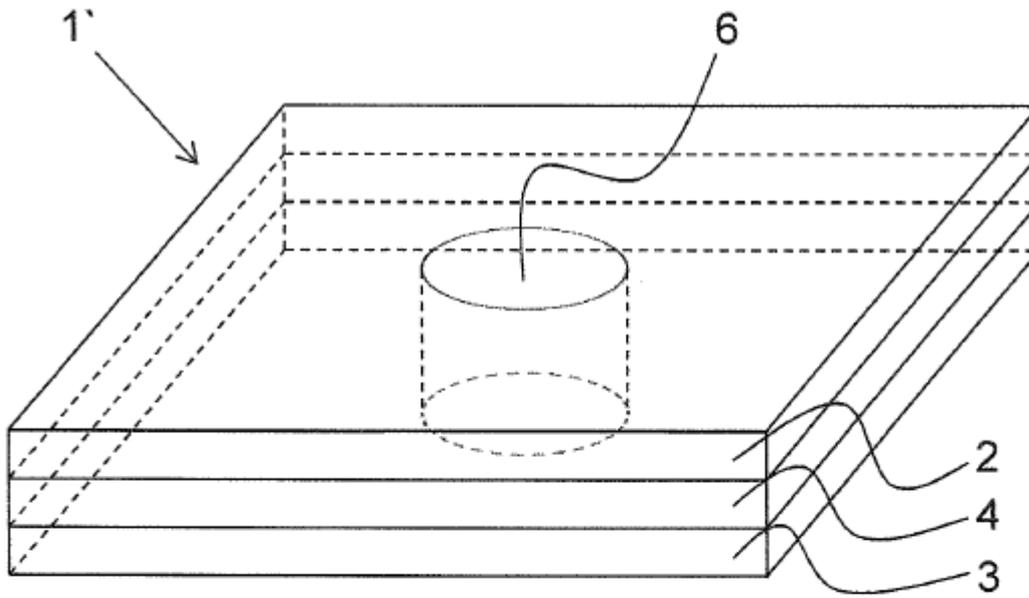
**Lista de numerales de referencia**

- 1, 1' elemento de aislamiento
  - 2 capa con base en pulpa
  - 3 capa con base en pulpa
  - 5 4 capa intermedia que tiene adhesivo de caseína o resina de poliéster
  - 5 capa intermedia que tiene celulosa de microescala y/o de nanoescala
  - 6 perforación de impregnación
  - 7 fibra de pulpa
  - 8 celulosa de microescala y/o de nanoescala (ARBOCEL® MF 40-10)
- 10

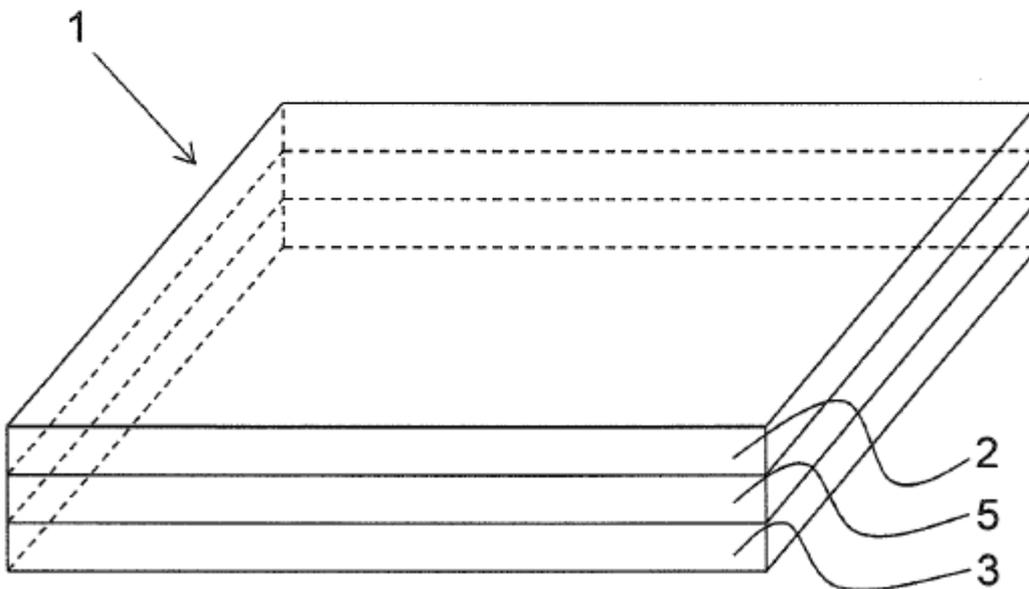
**REIVINDICACIONES**

1. Un elemento de aislamiento (1) para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico en el intervalo de alta tensión, que tiene
- una primera capa (2), que contiene celulosa,
- 5 una segunda capa (3), que contiene celulosa, y
- una capa intermedia (5) dispuesta entre la primera capa (2) y la segunda capa (3), caracterizada por que la capa intermedia (5) contiene celulosa de microescala y/o de nanoescala, en donde las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala se distribuyen en un intervalo entre 500 nm y 1000 µm, y en donde las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de nanoescala se distribuyen en un intervalo entre 5 nm y 500 nm.
- 10 2. El elemento de aislamiento (1) según la reivindicación 1, en donde la celulosa de microescala y/o de nanoescala se usa con el propósito de sostener juntas la primera capa (2) y la segunda capa (3).
3. El elemento de aislamiento (1) según la reivindicación 1 o 2, en donde la capa intermedia (5) contiene más del 50 % en peso, en particular más del 75 % en peso, de celulosa de microescala y/o de nanoescala en estado seco.
- 15 4. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos el 50 %, en particular al menos el 70 %, de las microfibrillas individuales de la celulosa de microescala y/o de nanoescala se proporcionan parcial o enteramente desconectadas entre sí.
5. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (2) y la segunda capa (3) contienen cada una más del 50 % en peso, en particular más del 75 % en peso, de celulosa en estado seco.
- 20 6. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (2) y/o la segunda capa (3) contienen pulpa.
7. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (2) y/o la segunda capa (3) se proporcionan en forma de placas comprimidas.
- 25 8. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (2), la segunda capa (3) y la capa intermedia (5) tienen una densidad media compartida de al menos 0,8 g/cm<sup>3</sup>, en particular al menos 1,2 g/cm<sup>3</sup> en estado seco.
9. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (2), la segunda capa (3) y la capa intermedia (5) tienen conjuntamente un volumen de poros medio del 5 % al 40 %, en particular del 10 % al 20 %.
- 30 10. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento de aislamiento (1) tiene un grosor, medido perpendicularmente a través de la primera capa (2), la segunda capa (3) y la capa intermedia (5), de al menos 6 mm, en particular de al menos 8 mm.
11. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa intermedia (5) tiene un grosor medio de capa de como mucho 1 mm, en particular como mucho 400 µm.
- 35 12. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (2) y/o la segunda capa (3) tienen un grosor de capa de 0,5 mm a 8 mm, en particular de 3 mm a 6 mm.
13. El elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el componente electrotécnico es una parte de un transformador.
- 40 14. Un transformador que tiene al menos un elemento de aislamiento (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
15. Un método para producir un elemento de aislamiento (1), que se usa para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico en el intervalo de alta tensión, en donde se dispone una capa intermedia (5) entre una primera capa (2), que contiene celulosa, y una segunda capa (3), que contiene celulosa,
- 45 caracterizado por que la capa intermedia (5) contiene celulosa de microescala y/o de nanoescala,
- en donde las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala se distribuyen en un intervalo entre 500 nm y 1000 µm, y en donde las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de nanoescala se distribuyen en un intervalo entre 5 nm y 500 nm.

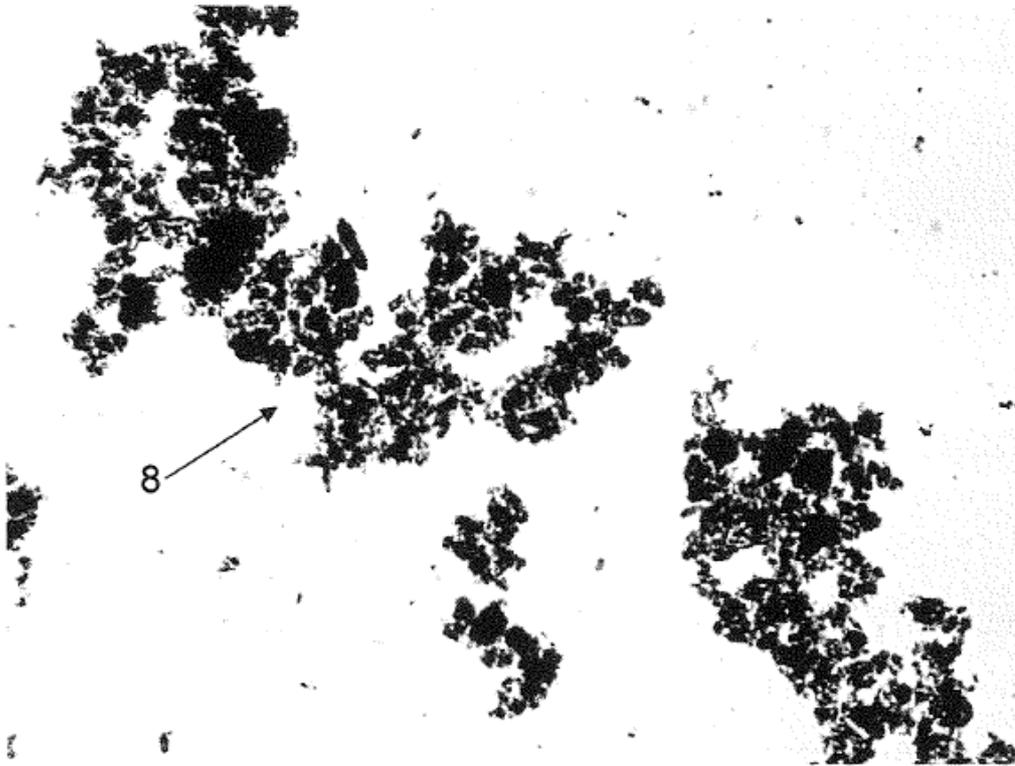
16. El método según la reivindicación 15, en donde la primera capa (2), la capa intermedia (5) y la segunda capa (3) se comprimen entre sí a una presión de compresión de 10 N/cm<sup>2</sup> a 600 N/cm<sup>2</sup>, preferiblemente de 10 N/cm<sup>2</sup> to 300 N/cm<sup>2</sup>, más preferiblemente de 150 N/cm<sup>2</sup> to 250 N/cm<sup>2</sup>.
- 5 17. El método según la reivindicación 15 o 16, en donde, posteriormente a la disposición de la capa intermedia (5) entre la primera capa (2) y la segunda capa (3), se realiza el secado de la primera capa (2), la segunda capa (3) y la capa intermedia (5).
18. El uso de un elemento de aislamiento (1) para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico, en donde el elemento de aislamiento (1) tiene
- una primera capa (2), que contiene celulosa,
- 10 una segunda capa (3), que contiene celulosa, y
- una capa intermedia (5) dispuesta entre la primera capa (2) y la segunda capa (3), que contiene celulosa de microescala y/o de nanoescala, en donde las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de microescala se distribuyen en un intervalo entre 500 nm y 1000 μm, y en donde las longitudes de las microfibrillas individuales de celulosa de nanoescala se distribuyen en un intervalo entre 5 nm y 500 nm.
- 15 19. El uso de un elemento de aislamiento (1) según la reivindicación 18 para aislamiento eléctrico de un componente electrotécnico en el intervalo de alta tensión.



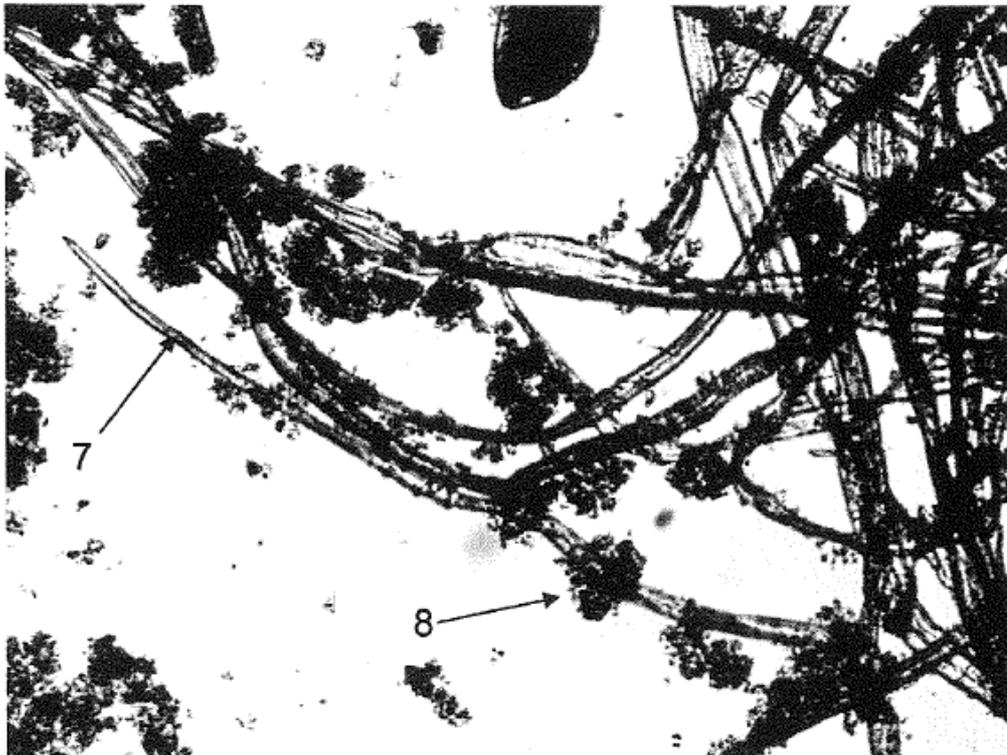
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**