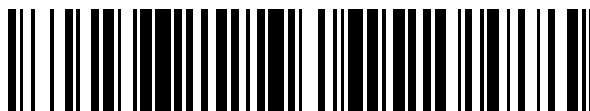


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 790 740**

51 Int. Cl.:

**C08L 63/00** (2006.01)

**H02K 15/12** (2006.01)

**H01B 3/04** (2006.01)

**H02K 3/30** (2006.01)

**H01B 3/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2017 PCT/EP2017/053102**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.09.2017 WO17157594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2017 E 17705581 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3430629**

54 Título: **Sistema de aislamiento eléctrico basado en resinas epoxi para generadores y motores**

30 Prioridad:

**15.03.2016 EP 16160275**

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

**29.10.2020**

73 Titular/es:

**HUNTSMAN ADVANCED MATERIALS LICENSING  
(SWITZERLAND) GMBH (50.0%)  
Klybeckstrasse 200  
4057 Basel, CH y  
ISOVOLTA AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BEISELE, CHRISTIAN;  
BAER, DANIEL y  
STECHEER, HARALD**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

ES 2 790 740 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**

Sistema de aislamiento eléctrico basado en resinas epoxi para generadores y motores

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un nuevo sistema de aislamiento eléctrico para la impregnación a presión de vacío de máquinas eléctricas, en particular máquinas eléctricas grandes, cuyo sistema de aislamiento se basa en una resina epoxídica curable térmicamente. La invención se refiere además a un papel de mica específico o cinta de mica para usar con dicho sistema de aislamiento y al uso de dicho sistema de aislamiento en la fabricación de rotores o estatores de generadores eléctricos o motores.
- 10 **[0002]** Los motores eléctricos, como los generadores utilizados para centrales eléctricas o motores eléctricos grandes, contienen piezas que transportan corriente, por ejemplo, cables y/o bobinas, que necesitan aislarse eléctricamente entre sí y/o contra otras partes electroconductoras del motor con el que de lo contrario tendría contacto directo. En los motores de media o alta tensión, este aislamiento generalmente es proporcionado por papel de mica o cintas de mica.
- 15 Después de envolver sus partes que transportan corriente con el papel de mica o cinta de mica, ya sea todo el equipo o solo una parte del mismo se impregna con una formulación de resina líquida curable, a menudo basada en epoxi, que también penetra en el papel de mica o cinta de mica. Esta impregnación puede llevarse a cabo ventajosamente usando el denominado proceso de impregnación por presión de vacío (VPI). Para este propósito, los componentes de la construcción del motor, que deben estar impregnados, se insertan en un contenedor, que luego se evacua, de modo
- 20 que la humedad y el aire se eliminan de los espacios y huecos de los componentes en el contenedor, incluidos los espacios y huecos en el papel de mica o cinta de mica. Luego, se introduce una formulación de impregnación en el recipiente evacuado seguido de un período de aplicación de una sobrepresión, por ejemplo, de aire seco o nitrógeno al recipiente que contiene los componentes, opcionalmente bajo precaución para reducir la viscosidad de la formulación de impregnación lo suficiente como para permitir una adecuada impregnación dentro de un tiempo
- 25 razonable, y dicha formulación penetra el papel o las cintas de mica y los espacios y huecos existentes en los componentes forzados por la diferencia de presión entre el vacío y la alta presión aplicada a los componentes. La formulación de impregnación residual se retira posteriormente del recipiente a un tanque de almacenamiento, opcionalmente se repone con nueva formulación y se almacena, frecuentemente bajo enfriamiento, para su próximo uso. Los componentes impregnados también se retiran del recipiente y se curan térmicamente para fijar
- 30 mecánicamente las partes del componente que transportan corriente envueltas en mica entre sí y/o para incrustar estas partes o todo el componente en una masa de polímero eléctricamente aislante. Este ciclo de impregnación de componentes y almacenamiento intermedio de la formulación de impregnación hasta su uso posterior se repite normalmente hasta que la viscosidad de la formulación de impregnación aumenta hasta el punto de que ya no puede penetrar en los vacíos de los componentes suficientemente dentro de un tiempo razonable para asegurar un
- 35 aislamiento eléctrico apropiado después del curado de la formulación.
- [0003]** Hay varios aspectos importantes con respecto a la idoneidad de un material para una impregnación a presión de vacío industrial exitosa, particularmente de motores eléctricos grandes o componentes de los mismos.
- 40 **[0004]** La viscosidad de la formulación de impregnación determina en gran medida la efectividad y la capacidad de impregnación de las formulaciones. Cuanto menor sea la viscosidad de la formulación, mejor y más rápido puede llenar los huecos y vacíos en el componente impregnado y en el papel o cinta de mica.
- [0005]** Además, la viscosidad inicial de la formulación mencionada anteriormente, es decir, la viscosidad de la formulación, cuando se usa por primera vez, debe aumentar muy lentamente con el tiempo a las temperaturas aplicadas para la impregnación con la formulación y el almacenamiento de la formulación entre usos posteriores, de modo que la formulación mantenga una eficacia y capacidad de impregnación razonables y no se debe reemplazar por una formulación nueva durante un período de tiempo razonablemente largo, y esto preferiblemente sin necesidad de enfriar la formulación cuando no se usa.
- 50 **[0006]** Contrariamente a esto, la reactividad de la formulación de impregnación debería ser preferiblemente alta a temperaturas más altas para asegurar un curado rápido de la formulación después de la impregnación.
- [0007]** La higiene de trabajo, que significa la liberación de compuestos potencialmente dañinos para el entorno de trabajo, es otro aspecto importante relacionado con el manejo de una formulación de impregnación.
- 55 **[0008]** Además, la estabilidad térmica a largo plazo de la formulación de impregnación curada, sus propiedades eléctricas y sus propiedades mecánicas deben ser buenas para garantizar una larga resistencia y vida útil de los componentes impregnados de los motores.
- 60 **[0009]** Un descriptor particularmente importante de los sistemas de aislamiento eléctrico basados en polímeros es la "clase térmica" del sistema o su formulación de polímero curado, que clasifica el sistema o su formulación de polímero curado de acuerdo con la temperatura máxima de trabajo continuo aplicable al sistema de aislamiento establecido para 20 años de vida laboral. Dos clases térmicas particularmente importantes para motores eléctricos medianos y grandes como motores o generadores son "Clase F" y "Clase H" y permiten una temperatura máxima de uso continuo alcanzable del material de aislamiento curado de 155°C y 180°C, respectivamente.
- 65

**[0010]** Otro parámetro particularmente importante de un material de aislamiento eléctrico curado es su factor de disipación dieléctrica tan  $\delta$ , que es un parámetro que cuantifica la energía eléctrica inherentemente perdida en el material de aislamiento, generalmente en forma de calor, en un campo eléctrico alterno. Corresponde a la relación entre la energía eléctrica perdida en el material aislante y la energía eléctrica aplicada y, por lo tanto, se expresa con frecuencia como un porcentaje, por ejemplo, un tan  $\delta$  de 0,1 corresponde al 10% según esta notación. Los factores de baja disipación son generalmente deseables para reducir el calentamiento del material aislante durante la operación y así reducir su descomposición térmica y destrucción. El factor de disipación no solo depende de la composición química del material aislante, sino que también depende de varios parámetros de procesamiento, como el grado de curado del material aislante, su contenido de huecos, humedad e impurezas, etc., y por lo tanto es útil. Indicador del estado real de un aislamiento eléctrico. El factor de disipación del material polimérico para una frecuencia dada aumenta con la temperatura del material. Para garantizar un aislamiento adecuado y evitar daños en los motores, generalmente debe ser inferior a aproximadamente el 10%, incluso a la temperatura de trabajo máxima permitida de acuerdo con la clase térmica del material.

**[0011]** Debido a sus propiedades y características generales, generalmente buenas, las formulaciones de resina epoxi se utilizan con frecuencia para la preparación de sistemas de aislamiento de alta calidad para ingeniería eléctrica.

**[0012]** La formulación de resina epoxi más utilizada actualmente para el aislamiento de impregnación a presión al vacío de componentes eléctricos se basa en éteres diglicídicos de bisfenol A y anhídrido de ácido metilhexahidroftálico (MHHPA) como agente de curado (endurecedor) y un catalizador de curado apropiado (acelerador de curado) como, por ejemplo, zinc naftenato. Los aislamientos basados en estas formulaciones se clasifican normalmente como aislamientos de clase H. Además, estas formulaciones poseen una viscosidad inicial bastante baja y por lo tanto proporcionan una muy buena efectividad de impregnación. Además, al menos cuando el catalizador de curado se incorpora al papel de mica o cinta de mica (en una cantidad para asegurar que se libere suficiente catalizador de curado durante el paso de impregnación a esa parte de la formulación absorbida por el componente para ser impregnada para permitir su curado térmico eficiente después de la eliminación del componente del baño de formulación residual), el aumento de la viscosidad de dicho baño de impregnación a lo largo del tiempo se puede mantener dentro de límites razonables, porque antes o solo hay cantidades residuales marginales de catalizador de curado presentes en la formulación del baño entra en contacto con las piezas de construcción envueltas en mica. Por lo tanto, los baños de impregnación basados en estas formulaciones generalmente tienen una buena vida útil. Sin embargo, es recomendable enfriar estas formulaciones cuando no están en uso.

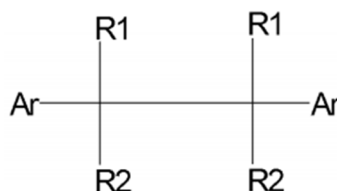
**[0013]** Sin embargo, debido al marco regulatorio en desarrollo para los productos químicos, se espera que el uso de endurecedores de anhídrido en las formulaciones de resinas epoxídicas se restrinja en un futuro próximo, debido a su etiqueta R42 como sensibilizador respiratorio. Por lo tanto, algunos anhídridos ya están en la lista de candidatos SVHC (sustancias muy preocupantes) de la regulación REACH. Como todos los anhídridos conocidos están marcados con R42 e incluso los toxicólogos esperan que anhídridos aún desconocidos se conviertan también en marcados con R42, es probable que en algunos años las formulaciones de impregnación basadas en resinas epoxi y endurecedores de anhídrido como los mencionados anteriormente ya no puedan usarse sin autorización especial.

**[0014]** Ya se conocen formulaciones basadas en resinas epoxídicas para aislamiento a presión de vacío que no contienen endurecedores de anhídrido. Por ejemplo, las composiciones de resina epoxídica de un componente basadas en éteres diglicídicos de bisfenol A o éteres diglicídicos de bisfenol F o mezclas de los mismos y un catalizador de curado latente para la homopolimerización están en el mercado, como por ejemplo ARALDITE® XD 4410. Las formulaciones de impregnación como éstas tienen la ventaja adicional de que la necesidad del usuario final no posee un equipo de mezcla en el sitio para mezclar la resina epoxi con el endurecedor anhídrido, pero por otro lado tienen la desventaja de que el baño de impregnación tiene una vez alta viscosidad inicial porque el componente de anhídrido de las formulaciones de aislamiento a base de anhídrido, que normalmente es significativamente menor en viscosidad y, por lo tanto, reduce la viscosidad general de las formulaciones que contienen anhídrido, está ausente en estos sistemas. Por lo tanto, las formulaciones de este tipo normalmente deben calentarse a temperaturas de alrededor de 60°C para lograr una eficacia de impregnación suficiente. En consecuencia, el aumento de la viscosidad de estas formulaciones durante la no utilización también es comparablemente alto. En consecuencia, la clase térmica F de estos sistemas ya no se considera adecuada para muchos motores.

**[0015]** Por lo tanto, todavía existe la necesidad de mejorar los sistemas de aislamiento de resina epoxi sin anhídrido adecuados en particular para la impregnación a presión de vacío. Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de aislamiento de este tipo que tenga características de procesamiento comparables a las de los sistemas actuales "estándar de oro" descritos anteriormente para la impregnación a presión de vacío a base de resinas epoxídicas líquidas y endurecedores de anhídrido, o incluso mejores propiedades, en particular con respecto a la efectividad de la impregnación, la estabilidad de almacenamiento, la velocidad de curado, la conductividad térmica y la clase térmica alcanzables y las propiedades térmicas, mecánicas y eléctricas a largo plazo, incluido en particular un factor de disipación dieléctrica suficientemente bajo a todas las temperaturas de trabajo permitidas para sistemas de aislamiento de Clase F y Clase H.

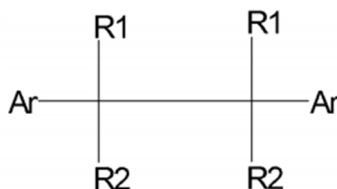
**[0016]** Ahora se ha descubierto que el objetivo mencionado anteriormente se resuelve mediante un sistema de aislamiento libre de anhídrido para piezas de construcción que transportan corriente de un motor eléctrico, por ejemplo, en forma de un kit de piezas correspondiente, que comprende:

- 5 (A) un papel de mica o cinta de mica para envolver partes de dicho motor eléctrico que pueden llevar corriente durante el funcionamiento del motor, papel de mica o cinta de mica impregnable mediante impregnación a presión de vacío con una formulación de resina epoxídica curable térmicamente y comprende un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resina epoxídica que contiene una o más sales de amonio cuaternario de un compuesto aromático-heterocíclico, que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno, y un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$  en una cantidad suficiente para curar la resina epoxi absorbida por el papel de mica o cinta de mica y la parte de construcción del motor durante el paso de impregnación a presión de vacío después de dicho paso;
- 10 (B) una formulación de baño curable térmicamente para la impregnación a presión al vacío que comprende una o más resinas epoxídicas, formulación que está sustancialmente o, preferiblemente, completamente libre de un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resina epoxídica, en particular de sales de amonio cuaternario de compuestos aromáticos-compuestos heterocíclicos que contienen 1 o 2 átomos de nitrógeno, y de un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$  y
- 15 (C) uno o más coinciadores para el iniciador de curado térmicamente activable seleccionado de un derivado de diariletano de fórmula:
- 20



- 30 en donde Ar es fenilo, naftilo, o  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o fenilo sustituido con cloro, R1 es hidroxilo,  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alcoxi,  $-\text{O}-\text{CO}-\text{R}_3$  o  $-\text{OSiR}_4\text{R}_5\text{R}_6$ , en el que R3 es  $\text{C}_1\text{-C}_8$  alquilo o fenilo, y R4, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro,  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o fenilo, y R2 es  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado que Ar, en el que el uno o más de dicho coinciador (C) está contenido en el papel de mica o cinta de mica (A) del sistema, y /o uno o más de dicho coinciador (C) está contenido en una formulación de baño de resina epoxídica curable térmicamente (B) del sistema y está presente en dicho papel de mica o cinta de mica (A) y/o dicha formulación de baño de resina epoxídica curable térmicamente (B) en una cantidad global suficiente para curar la resina epoxídica absorbida por el papel de mica o cinta de mica y la parte de construcción del motor durante el paso de impregnación a presión de vacío después de dicho paso.
- 35
- 40

- [0017]** Las formulaciones de resina epoxídica que comprende una resina epoxi y un iniciador activable de calor para la polimerización de la resina epoxi, que consiste en una mezcla que comprende al menos una sal de amonio cuaternario de un compuesto aromático heterocíclico que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno, y de un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$ , y al menos un formador de radicales térmicos seleccionado de un derivado de diariletano de fórmula:
- 45



- 55 en donde Ar es fenilo, naftilo o fenilo sustituido con cloro o  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo, R1 es hidroxilo,  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alcoxi,  $-\text{O}-\text{CO}-\text{R}_3$  o  $-\text{OSiR}_4\text{R}_5\text{R}_6$ , en el que R3 es  $\text{C}_1\text{-C}_8$  alquilo o fenilo, y R4, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro,  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o fenilo, y R2 es  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo el significado como Ar *per se* ya se conocen y se han descrito, por ejemplo, en las patentes de los Estados Unidos 4.393,185 y 6.579.566, así como en el documento WO 00/04075, cuya descripción completa está incorporada por referencia en la presente descripción. Estas referencias de la técnica anterior también revelan que estas formulaciones son, entre otras cosas, generalmente útiles como composiciones aislantes eléctricas.
- 60

- [0018]** El documento US 6.579.566 describe además las formulaciones epoxídicas mencionadas anteriormente como útiles para fijar los devanados de bobinas eléctricas, por ejemplo, de un rotor de un motor eléctrico, mediante impregnación por goteo o laminado en caliente. Sin embargo, la impregnación por goteo y el laminado en caliente son procedimientos para la impregnación de los devanados con una formulación aislante, en donde el componente de
- 65

construcción que comprende el devanado que se va a impregnar se calienta antes de ponerlo en contacto con la formulación de impregnación a temperaturas de 110 a 200°C, es decir, temperaturas donde se produce el curado ya rápido de la formulación de impregnación. Por lo tanto, es obvio que las condiciones de impregnación en el área de las piezas de construcción donde realmente tiene que ocurrir la impregnación (es decir, dentro de los devanados) son bastante diferentes en un proceso de impregnación por goteo o laminado en caliente como se menciona en el documento US 6.579.566 (para ejemplo, en lo que respecta a la viscosidad de la formulación) de las condiciones requeridas durante la impregnación de una pieza de construcción mediante impregnación a presión de vacío, en donde la temperatura de la formulación de impregnación no está elevada o, en caso de una necesidad de reducción de la viscosidad de la formulación de impregnación, solo está moderadamente elevada, por ejemplo, hasta aproximadamente 60°C, y el curado completo de la formulación de aislamiento solo ocurre después de la terminación de la impregnación de la parte de construcción. Por lo tanto, la idoneidad conocida de estas formulaciones de resinas epoxídicas para la impregnación por goteo o la impregnación por laminación en caliente no permitió a un experto en la materia predecir que el conjunto de compuestos a los que se hace referencia en el documento US 6.579.566 también puede usarse para diseñar un sistema de aislamiento para impregnación por presión de vacío basada en compuestos usados en las formulaciones epoxídicas de acuerdo con el documento US 6.579.566.

**[0019]** La cantidad de iniciador de curado en la formulación de resina epoxi absorbido por el papel de mica o cinta de mica y la parte de la construcción del motor durante la etapa de impregnación por presión de vacío depende de la naturaleza de la formulación de baño de resina epoxi a ser curada y las condiciones de polimerización deseadas. Una persona experta puede determinar las cantidades adecuadas con unas pocas pruebas piloto. Preferiblemente, dicha cantidad está entre aproximadamente 0,05 y aproximadamente 15 por ciento en peso, más preferiblemente entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 10 por ciento en peso, lo más preferiblemente entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 5 por ciento en peso, en función de la resina epoxídica.

**[0020]** La cantidad de coiniadores en la formulación de resina epoxídica absorbida por el papel de mica o la cinta de mica y la parte de construcción del motor durante la etapa de impregnación a presión de vacío también depende de la naturaleza de la formulación del baño de resina epoxídica a curar y de condiciones de polimerización deseadas. Una persona experta puede determinar las cantidades adecuadas con unas pocas pruebas piloto. Preferiblemente, dicha cantidad está entre aproximadamente 0,05 y aproximadamente 15 por ciento en peso, más preferiblemente entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 10 por ciento en peso, lo más preferiblemente entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 5 por ciento en peso, en función del peso de la resina epoxídica.

**[0021]** La relación en peso entre el iniciador de curado y los coiniadores en la formulación de resina epoxi absorbidos por el papel de mica o cinta de mica y la parte de la construcción del motor durante la etapa de impregnación por presión de vacío puede variar en gran medida. Preferiblemente, dicha relación está entre aproximadamente 0,05: aproximadamente 1 y aproximadamente 1: aproximadamente 0,05, más preferiblemente entre aproximadamente 0,5: aproximadamente 2 y aproximadamente 2: aproximadamente 0,5. Cantidades adecuadas de la relación en peso para un par específico de iniciador y coiniador de curado pueden, en caso de necesidad, ser determinados fácilmente por una persona experta con algunas pruebas piloto.

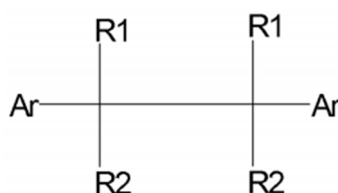
**[0022]** El papel de mica y las cintas de mica son bien conocidos en la técnica.

**[0023]** Para los fines de esta invención, el término papel de mica se utiliza en su sentido habitual para referirse a una forma de lámina agregada de partículas de mica, en particular, lepidolita o, más preferiblemente, partículas de moscovita o flogofito, que están opcionalmente calentadas a una temperatura de aproximadamente 550 a aproximadamente 850°C durante un cierto período de tiempo (por ejemplo, aproximadamente 5 minutos a 1 hora) para deshidratarlas parcialmente y se trituran en partículas finas en una solución acuosa y luego se transforman en un papel de mica mediante técnicas convencionales de fabricación de papel.

**[0024]** El término cinta de mica tal como se utiliza en esta solicitud se refiere a un material compuesto similar a una lámina que consiste en una o más capas de mica papel como se describe anteriormente, que es (son) pegadas a un material de soporte en forma de lámina, por lo general una tela no metálica inorgánica como tela de vidrio o alúmina o película de polímero como tereftalato de polietileno o poliimida, usando una pequeña cantidad (aproximadamente 1 a aproximadamente 10 g/m<sup>2</sup> de papel de mica) de una resina, preferiblemente una resina epoxi o acrílica o una mezcla de las mismas. La aglutinación del papel de mica y la tela se realiza ventajosamente en una prensa o un calendrias a una temperatura superior al punto de fusión de la resina adhesiva.

**[0025]** El papel de mica o la cinta de mica se impregna con el iniciador de curado térmicamente activable que contiene una o más sales de amonio cuaternarias de un compuesto aromático heterocíclico, que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno, y un anión complejo seleccionado del grupo que consiste de BF<sub>4</sub><sup>-</sup>, PF<sub>6</sub><sup>-</sup>, SbF<sub>6</sub><sup>-</sup>, SbF<sub>5</sub>(OH)<sup>-</sup>, AsF<sub>6</sub><sup>-</sup> y Al[OC(CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]<sub>4</sub><sup>-</sup> y, opcionalmente, uno o más coiniadores para dicho iniciador de curado activable térmicamente seleccionado de un derivado de diariletano de fórmula:

5



10

en donde Ar es fenilo, naftilo, o C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o fenilo sustituido con cloro, R1 es hidroxilo, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alcoxi, -O-CO-R3 o -OSiR4R5R6, en donde R3 es C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub> alquilo o fenilo, y R4, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o fenilo, y R2 es C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado como Ar.

15

**[0026]** Los papeles de mica y las cintas de mica impregnadas con los compuestos descritos anteriormente siguen siendo nuevos y, por lo tanto, son un tema adicional de la presente invención. Como antecedentes, se cita el documento US 4.336.302. El documento US 4.336.302 describe una cinta aislante para conductores eléctricos tales como cinta de mica para ser impregnada con una resina epoxi. Se usa una sal de onio cuaternario como iniciador de curado activable térmicamente.

20

**[0027]** Para la preparación de papeles de mica o cintas de mica de acuerdo con la invención, el curado térmicamente activable iniciador y, opcionalmente, uno o más de los coiniadores anteriores mencionados para dicho iniciador de curado activable térmicamente, están, por ejemplo disueltos en un solvente adecuado de bajo punto de fusión, tal como metilo etilo cetona y similares. El papel de mica o la cinta de mica se ponen en contacto con dicha solución, por ejemplo, por inmersión en la misma o por pulverización, y el disolvente se elimina para dejar el iniciador de curado activable térmicamente y, opcionalmente, uno o más de los coiniadores mencionados anteriormente en y/o dentro de la estructura del papel o cinta de mica. Si el papel de mica o la cinta de mica se impregna con el iniciador de curado activable térmicamente y uno o más coiniadores, normalmente se prefiere que esta impregnación se realice con una solución que comprende el iniciador de curado y los coiniadores, aunque, por supuesto, es posible impregnar el papel de mica o la cinta de mica de forma simultánea o consecutiva con una solución que contenga solo el iniciador de curado y otra solución que contenga los coiniadores. La concentración del iniciador de curado y los coiniadores opcionales en la solución no es crítica y puede variar entre, por ejemplo, aproximadamente 0,1 y aproximadamente 25 por ciento en peso del iniciador de curado y 0 a aproximadamente 25 por ciento del coiniador. Cuanto mayor sea la concentración de iniciador de curado y coiniadores opcionales en la solución de impregnación, mayor será la carga final del papel de mica o cinta de mica lograda durante la etapa de impregnación.

35

**[0028]** El papel de mica o cinta de mica de acuerdo con la invención debe contener el iniciador curado térmicamente activable en una cantidad suficiente para curar la resina epoxi absorbida por el papel de mica o cinta de mica y, finalmente, por la construcción parte del motor durante la impregnación a presión de vacío. Para este propósito, el papel de mica o cinta de mica comprende preferiblemente el iniciador de curado activable térmicamente en una cantidad de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 15 g/m<sup>2</sup> del papel de mica o cinta de mica, más preferiblemente de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 7,5 g/m<sup>2</sup> y los coiniadores en una cantidad de 0 a aproximadamente 15 g/m<sup>2</sup>, preferiblemente de 0 a aproximadamente 7,5 g/m<sup>2</sup>, en donde las cantidades de coiniador incorporadas en el papel o cinta de mica deben ser mayores cuanto menor sean los coiniadores destinados a ser incorporados en la formulación del baño epoxi. Si la formulación del baño de epoxi del sistema de aislamiento no contiene ningún coiniador, el papel de mica o la cinta de mica preferiblemente contienen un iniciador de curado y un coiniador en una relación en peso de aproximadamente 0,05: aproximadamente 1 a aproximadamente 1: aproximadamente 0,05, más preferiblemente en una relación en peso de aproximadamente 0,5: aproximadamente 2 a aproximadamente 2: aproximadamente 0,5.

50

**[0029]** En una realización preferida la cantidad total de coiniador (C) está contenida en la formulación de baño de resina epoxi curable térmicamente (B) del sistema.

55

**[0030]** Las sales de amonio cuaternario útiles como iniciadores térmicamente activables se describen, por ejemplo, en US-A-4393185, WO-A-0004075, y US-A-6579566 como ya se ha indicado anteriormente. Son sales de bases de nitrógeno aromático heterocíclico con aniones no nucleófilos, por ejemplo, aniones complejos, como BF<sub>4</sub><sup>-</sup> (tetrafluoroborato), PF<sub>6</sub><sup>-</sup> (hexafluorofosfato), SbF<sub>6</sub><sup>-</sup> (hexafluoroantimonato), SbF<sub>5</sub>(OH)<sup>-</sup> (pentafluorohidroxiantimonato), AsF<sub>6</sub><sup>-</sup> (hexafluoroarsenato) y Al[OC(CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]<sub>4</sub><sup>-</sup> (tetraquis 1,1-bis(trifluorometilo)-2,2,2-trifluoro-1-etoxi aluminato).

60

**[0031]** Ejemplos individuales de sales de amonio cuaternario adecuadas incluyen 1-metilquinolinio, 1-metilquinolinio hexafluorofosfato hexafluoroantimoniato, 1-bencilquinolinio hexafluoroantimoniato, 1-metilquinolinio hexafluoroarseniato, 1-metilquinolinio pentafluorohidroxiantimonato, 1-metilquinolinio tetrafluoroborato, 1,2-dimetilquinolinio, 1-etilquinolinio hexafluorofosfato, 1-butilquinolinio hexafluorofosfato, 1-benzoilmetilquinolinio hexafluorofosfato, 1-benzoilmetilquinolinio hexafluoroantimoniato, 1-bencilquinolinio hexafluoroantimoniato, 1-metilo-2,3-difenilpiridinio hexafluorofosfato, 1,2-dimetilo-3-fenilpiridinio hexafluorofosfato, 1-benzoilmetilpiridinio hexafluorofosfato, 1-etoxietilquinolinio hexafluorofosfato, 2-metilisoquinolinio hexafluorofosfato, 10-metilacridinio hexafluorofosfato, 10-benzoilmetilacridinio hexafluorofosfato, 10-butilacridinio hexafluoroarsenato, 5-metilfenantridinio hexafluorofosfato, 5-benzoilmetilfenantridinio hexafluorofosfato, 1-metilnaftiridio hexafluorofosfato, 1-metilo-2,3-

65

difenilquinoxalino hexafluorofosfato, 1,2,3-trimetilquinoxalino hexafluorofosfato, 1,2,4,6-tetrametilpirimidino hexafluorofosfato, 1-metilo-3-fenilpiridazino hexafluorofosfato, 1-metilo-2,5-difenilpiridazino hexafluorofosfato, 1-metilfenantrolino hexafluorofosfato, 5-butilfenazino hexafluorofosfato, 1-metilquinoxalino hexafluorofosfato y 1-benzoilmetilquinoxalino hexafluorofosfato, preferiblemente 1-bencilquinolinio hexafluoroantimoniato (N-bencilquinolinio hexafluoroantimonato).

**[0032]** El hexafluoroantimonato de N-bencilquinolinio es el iniciador de curado particularmente preferido para los propósitos de la presente solicitud.

**[0033]** Las resinas epoxi contenidas en la formulación de baño térmicamente curable para la impregnación a presión de vacío (B) de acuerdo con la presente invención puede ser en principio cualquiera de los compuestos comúnmente empleados en la técnica de resinas epoxi que son líquidos a temperatura ambiente o moderadamente elevada en forma de aproximadamente 20 a aproximadamente 60°C. Ejemplos ilustrativos de resinas epoxídicas adecuadas son:

I) ésteres de poliglicidilo y poli ( $\beta$ -metilglicidilo) que se pueden obtener haciendo reaccionar un compuesto que contiene al menos dos grupos carboxilo en la molécula con epiclorhidrina o  $\beta$ -metilepiclorohidrina. La reacción se lleva a cabo convenientemente en presencia de una base. Los compuestos que contienen al menos dos grupos carboxilo en la molécula pueden ser adecuadamente ácidos policarboxílicos alifáticos. Ejemplos de tales ácidos policarboxílicos son ácido oxálico, ácido succínico, ácido glutárico, ácido adípico, ácido pimélico, ácido sebáico, ácido subérico, ácido azelaico o ácido linoleico dimerizado o trimerizado. Sin embargo, también es posible usar ácidos policarboxílicos cicloalifáticos tales como ácido tetrahidroftálico, ácido 4-metiltetrahidroftálico, ácido hexahidroftálico o ácido 4-metilhexahidroftálico. También se pueden usar ácidos policarboxílicos aromáticos, típicamente ácido ftálico, ácido isoftálico y ácido tereftálico.

II) éteres de poliglicidilo o poli( $\beta$ -metilglicidilo) que se pueden obtener haciendo reaccionar un compuesto que contiene al menos dos grupos hidroxilo alcohólicos libres y/o grupos hidroxilo fenólicos y epiclorhidrina o  $\beta$ -metilepiclorohidrina, en condiciones alcalinas o en presencia de un catalizador ácido y tratamiento posterior con un álcali.

**[0034]** Los éteres de este tipo pueden derivarse de alcoholes acíclicos, típicamente a partir de etilenglicol, dietilenglicol y mayor poli(oxietileno) glicoles, 1,2-propanodiol o poli(oxipropileno)glicoles, 1,3-propanodiol, 1,4-butanodiol, poli(oxitetrametilen) glicoles, 1,5-pentanodiol, 1,6-hexanodiol, 2,4,6-hexantriol, glicerol, 1,1,1-trimetilopropano, pentaeritritol, sorbitol, así como también de polieclorhidrina. También pueden derivarse de alcoholes cicloalifáticos tales como 1,3- o 1,4-dihidroxiclohexano, 1,4-ciclohexanodimetanol, bis(4-hidroxiclohexilo)metano, 2,2-bis(4-hidroxiclohexilo)propano o 1,1-bis(hidroxiometilo)ciclohex-3-eno, o contienen núcleos aromáticos tales como N,N-bis(2-hidroxietilo)anilina o p,p'-bis(2-hidroxietilamino)difenilmetano.

**[0035]** Los compuestos epoxi pueden derivarse también de fenoles mononucleares, típicamente de resorcinol o hidroquinona, o se derivan de fenoles polinucleares tales como bis(4-hidroxifenil)metano, 4,4'-dihidroxi-difenilo, bis(4-hidroxifenilo)sulfona, 1,1,2,2-tetraquis(4-hidroxifenilo)etano, 2,2-bis(4-hidroxifenilo)propano, 2,2-bis(3,5-dibromo-4-hidroxifenilo)propano, también como de novolacas obtenibles por condensación de aldehídos tales como formaldehído, acetaldehído, cloral o furfuraldehído, con fenoles tales como preferiblemente fenol o cresol, o con fenoles que están sustituidos en el núcleo por átomos de cloro o grupos C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub> alquilo, por ejemplo 4-clorofenol, 2-metilfenol o 4-tercbutilfenol, o que se pueden obtener por condensación con bisfenoles del tipo mencionado anteriormente.

**[0036]** II) Compuestos de poli-(N-glicidilo) obtenibles por deshidrocloración de los productos de reacción de epiclorhidrina con aminas que contienen al menos dos átomos de amino hidrógeno. Estas aminas son típicamente anilina, n-butilamina, bis(4-aminofenilo)metano, m-xililendiamina o bis(4-metilaminofenilo)metano. Los compuestos de poli(N-glicidilo) también incluyen isocianurato de triglicidilo, derivados de N,N'-diglicidilo de cicloalquilenos ureas tales como etilenurea o 1,3-propilenurea, y derivados de diglicidilo de hidantoínas, típicamente de 5,5-dimetilhidantoína.

**[0037]** IV) Compuestos poli(S-glicidilo), preferiblemente derivados bis(S-glicidilo) que se derivan de ditioles, tales como 1,2-etanodiol o bis(4-mercaptometilfenilo) éter.

**[0038]** V) Las resinas epoxi cicloalifáticas, es decir resinas epoxídicas que comprenden al menos un grupo epoxi fusionado a un anillo cicloalifático en la molécula de la resina epoxi como por ejemplo, diepóxidos de vinilciclohexeno o dicitclohexadieno o dicitlopentadieno, bis(2,3-epoxiciclopentil) éter, 2,3-epoxiciclopentilo glicidilo éter, 1,2-bis(2,3-epoxiciclopentilo)etano, 3,4-epoxiciclohexil-3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato o 3,4-epoxiciclohexilmetil-3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato.

**[0039]** También es posible usar resinas epoxídicas en las que los grupos 1,2-epoxi están unidos a diferentes heteroátomos o grupos funcionales. Estos compuestos comprenden típicamente el derivado N,N,O-triglicidilo de 4-aminofenol, el éster de glicidilo-éter-glicidilo de ácido salicílico, N-glicidilo-N'-(2-glicidiloxipropilo)-5,5-dimetilhidantoína o 2-glicidilo-oxi-1,3-bis(5,5-dimetilo-1-glicidilhidantoína-3-ilo)propano.

**[0040]** Además se pueden utilizar para la presente invención resinas epoxi basadas en éteres de diglicidilo de un

bisfenol, éteres preferiblemente de diglicidilo de bisfenol A o bisfenol F.

**[0041]** Para su uso como un componente A, también son adecuadas resinas epoxi a base de ésteres de poliglicidilo de ácidos policarboxílicos, preferiblemente ftalato de diglicidilo, hexahidroftalato de diglicidilo o trimelitato de triglicidilo.

**[0042]** Otras resinas epoxi adecuadas se basan en trimetilolpropano triglicidilo éter o resinas epoxi cicloalifáticas.

**[0043]** La formulación de baño de resina epoxi debería tener una viscosidad baja, preferiblemente no más que alrededor de 5000 mPa.s a 25°C, más preferiblemente no más que alrededor de 1000 mPa.s a 25°C.

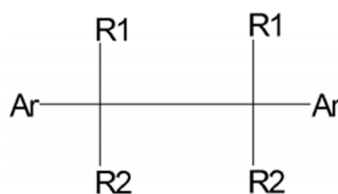
**[0044]** Particularmente preferidas para los fines de la presente invención son resinas epoxi derivadas de ácidos policarboxílicos cicloalifáticos tales como los ésteres de diglicidilo de ácido hexahidroftálico o ácido 4-metilhexahidroftálico, y resinas epoxi cicloalifáticas tales como las descritas anteriormente, que comprenden al menos un grupo epoxi preferiblemente dos grupos epoxi fusionados a un anillo cicloalifático en la molécula de la resina epoxi como, por ejemplo, diepóxidos de vinilciclohexeno o dicitclohexadieno o dicitlopentadieno, éter bis(2,3-epoxiciclopentilo), 2,3-epoxiciclopentilglicidiléter, 1,2-bis(2,3-epoxiciclopentilo)etano, 3,4-epoxiciclohexilo-3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato o 3,4-epoxiciclohexilmetilo-3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato.

**[0045]** Por un lado, estas resinas epoxi tienen una viscosidad muy baja a temperatura ambiente o temperaturas moderadamente elevadas de aproximadamente 20°C a aproximadamente 60°C y el resultado, por el contrario, cuando se curan térmicamente con un sistema de curado de iniciador/coiniciador según la presente invención, en un material de aislamiento curado de clase de aislamiento F o H, es decir, permite una temperatura de uso continuo máximo de 155°C y 180°C, respectivamente, cuyo material de aislamiento exhibe además excelentes factores de disipación dieléctrica (tan δ) siendo significativamente inferior al 10% a 155°C.

**[0046]** La resina epoxi más preferida para los fines de la presente invención es 3,4-epoxiciclohexilmetilo-3',4'-epoxiciclohexano-carboxilato de metilo.

**[0047]** Aunque no se prefiere y generalmente no es necesario, tiene cabida en el marco de la presente invención añadir agentes auxiliares adicionales para la formulación de baño térmicamente curable (B) de los sistemas de acuerdo con la presente invención siempre que estos agentes no tienen un impacto negativo en las propiedades de la formulación antes del curado, como por ejemplo en su viscosidad o vida útil, y/o en las propiedades del material de aislamiento curado finalmente obtenido, en particular en su factor de disipación dieléctrica y su clasificación térmica (clase de aislamiento). Los agentes auxiliares de Surch incluyen, por ejemplo, plastificantes, extendedores, pigmentos, colorantes, así como retardantes de llama, antiespumantes, promotores de adhesión, antioxidantes y similares.

**[0048]** Derivados de 1,2-Diarilpinacol, derivados de éter de 1,2-diarilpinacol y 1,2-diarilo pinacol éster o derivados de sililo de fórmula:



en donde Ar es fenilo, naftilo, o C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o fenilo sustituido por cloro, R1 es hidroxilo, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alcoxi, -O-CO-R3 o -OSiR<sub>4</sub>R<sub>5</sub>R<sub>6</sub>, en donde R3 es C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub> alquilo o fenilo, y R5, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o fenilo, y R2 es C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado que Ar del componente de iniciador (C) de los sistemas de aislamiento libre de anhídrido para la impregnación a presión de vacío de acuerdo con la presente invención. Los compuestos adecuados también se describen, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos 4.393,185 y 6.579.566 ya mencionadas, así como en el documento WO 00/04075.

**[0049]** Ejemplos ilustrativos de pinacoles o derivados de pinacol que se pueden usar adecuadamente como iniciadores son 1,1,2,2 tetrafenilo-1,2-etanodiol (benzopinacol), éter dimetilico benzopinacol, éter dietílico benzopinacol, éter diisopropílico benzopinacol, benzopinacol diacetato, dipropionato de benzopinacol, benzopinacol dibutirato, benzopinacol dicaprilato o benzopinacol dibenzoato, 1,2-bis(trimetilsiloxi)tetrafeniletano, acetofenona pinacol éter dimetilico, acetofenona pinacol éter dipropílico, acetofenona pinacol diacetato, acetofenona pinacol divalerato, acetofenona pinacol dibenzoato, propiofenona pinacol éter dimetilico, propiofenona pinacol dibutiléter, diacetato de propiofenona pinacol, 2,3-difenilo-2,3-bis(trifenilsiloxi)butano o 3,4-difenilo-3,4-bis(trimetilsiloxi)hexano, preferiblemente pinacoles de acetofenona, o 1,1,2,2-tetrafenilo-1,2-etanodiol (benzopinacol) y sus mezclas.

**[0050]** El coiniador más preferido es 1,1,2,2-tetrafenilo-1,2-etanodiol (benzopinacol), en particular cuando se usa junto con hexafluoroantimonato de N-bencilquinolinio como iniciador de curado.



[0051] El (los) coiniador(es) (C) pueden estar contenidos en el papel de mica o cinta de mica (A) de los sistemas de aislamiento de acuerdo con la invención o en la formulación de baño de resina epoxi curable térmicamente (B) del sistema o en ambos, el papel de mica o la cinta de mica (A) y la formulación de baño de resina epoxídica curable térmicamente (B).

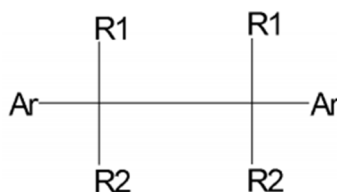
[0052] Cuando el papel de mica o cinta de mica (A) del sistema de aislamiento de acuerdo con la invención no comprende coiniador se debe añadir preferiblemente de aproximadamente 0,05 a 15, preferiblemente de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 5 por ciento en peso de coiniador(es) (C) a la formulación del baño basada en la(s) resina(s) epoxi en el baño. Por el contrario, cuando el papel de mica o la cinta de mica (A) comprende una cantidad de los coiniadores (C) que es suficiente para curar la resina epoxi absorbida por el papel de mica o la cinta de mica y la parte de construcción del motor durante la etapa de impregnación a presión de vacío, en la etapa de curado térmico posterior, la formulación del baño epoxi puede, por supuesto, estar libre de coiniadores. De lo contrario, la distribución cuantitativa de los coiniadores entre los componentes (A) y (B) del sistema de aislamiento de acuerdo con la invención no es de ninguna manera crítica y puede elegirse arbitrariamente siempre que los coiniadores (C) están presentes en dicho componente (A) y/o (B) del sistema en una cantidad total que es suficiente para curar la resina epoxi absorbida por el papel de mica o la cinta de mica y la parte de construcción del motor durante el paso de impregnación a presión de vacío después de dicho paso. Una persona experta puede determinar fácilmente las cantidades adecuadas de coiniadores para la incorporación en el papel de mica o la cinta de mica (A) y/o la formulación del baño de epoxi (B), en caso de necesidad, con algunas pruebas piloto.

[0053] Un sistema de aislamiento particularmente preferido según la invención es un sistema, en donde el papel de mica o la cinta de mica (A) comprende hexafluoroantimoniato de N-bencilquinolinio como el iniciador de curado térmicamente activable, la formulación de baño térmicamente curable (B) comprende 3,4-epoxiciclohexilmetilo-3',4'-epoxiciclohexano-carboxilato, preferiblemente como la única resina epoxídica, y el coiniador (C) es 1,1,2,2-tetrafenilo-1,2-etanodiol, en particular cuando la formulación de baño curable térmicamente comprende la cantidad total de dicho coiniador (C).

[0054] Los sistemas de aislamiento de acuerdo con la invención son particularmente adecuados para su uso en la fabricación de rotores o estatores de generadores eléctricos o motores, en particular de grandes generadores o motores. Este uso es, por lo tanto, otro objeto de la invención.

[0055] Los sistemas de aislamiento eléctrico de acuerdo con la invención pueden por ejemplo usarse en la fabricación de rotores o estatores de generadores eléctricos o motores de acuerdo con un proceso, en donde

(a) las partes potencialmente portadoras de corriente del rotor o estator o una parte de construcción del mismo están envueltas con un papel de mica o cinta de mica que es impregnable por impregnación a presión de vacío con una formulación de resina epoxídica curable térmicamente y que comprende un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resina epoxídica que consiste en una o más sales de amonio cuaternario de un compuesto aromático heterocíclico, que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno, y un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$  y, opcionalmente, al menos una cantidad parcial de uno o más coiniadores requeridos para el iniciador de curado activable térmicamente para curar la formulación de resina epoxi, seleccionada de un derivado de fórmula de diariletano:



en donde Ar es fenilo, naftilo, o  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o fenilo sustituido con cloro, R1 es hidroxilo,  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alcoxi,  $-\text{O}-\text{CO}-\text{R}_3$  o  $-\text{OSiR}_4\text{R}_5\text{R}_6$ , en donde R3 es  $\text{C}_1\text{-C}_8$  alquilo o fenilo, y R5, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro,  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o fenilo, y R2 es  $\text{C}_1\text{-C}_4$  alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado que Ar, en donde el iniciador de curado térmicamente activable está compuesto por dicho papel de mica o cinta de mica en una cantidad suficiente para curar la resina epoxídica absorbida por el papel de mica o la cinta de mica y la parte de construcción del motor durante una etapa de impregnación a presión de vacío,

(b) el rotor o estator o la parte de construcción del mismo se inserta en un recipiente,

(c) se evacua el recipiente,

(d) una formulación de baño curable térmicamente que comprende una o más resinas epoxídicas, formulación que está sustancialmente o, preferiblemente, completamente libre de un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resinas epoxídicas, en particular de sales de amonio cuaternario de compuestos aromáticos heterocíclicos que contienen 1 o 2 átomos de nitrógeno, y de un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$  y que comprende

el resto de la cantidad de uno o más coiniadores necesarios para que el iniciador de curado activable térmicamente cure la formulación de resina epoxi, se alimente al recipiente evacuado seguido de un período de aplicación de una sobrepresión, por ejemplo, de aire seco o nitrógeno al recipiente que contiene el rotor o estator o la parte de construcción del mismo, opcionalmente bajo calentamiento cauteloso para reducir la viscosidad de la formulación de baño curable térmicamente en el recipiente lo suficiente como para permitir que dicha formulación penetre dicho papel de mica o cinta de mica y los espacios y huecos existentes en la estructura del rotor o estator o la parte de construcción del mismo dentro de un período de tiempo deseado forzado por la diferencia de presión entre el vacío y la alta presión aplicada a los componentes,

(e) la formulación del baño curable térmicamente residual se retira del recipiente, y

(f) el rotor o estator o la parte de construcción del mismo, impregnada con la formulación del baño curable térmicamente, se retira del recipiente y se calienta después de retirarlo del recipiente. para curar la formulación de baño curable térmicamente compuesta por dicho rotor o estator o la parte de construcción del mismo.

**[0056]** Un proceso correspondiente para el uso de un sistema de aislamiento libre de anhídrido de acuerdo con la invención es un objeto de la invención adicional.

**[0057]** La longitud del período de aplicación de la sobrepresión en el recipiente puede ser elegido por una persona experta dependiendo por ejemplo de la viscosidad de la formulación de baño térmicamente curable, la estructura y la invulnerabilidad del papel de mica o la cinta de mica utilizada, el tamaño del rotor o estator o la parte de construcción del mismo, que estará impregnada, y la complejidad de su construcción y rangos generalmente entre aproximadamente 1 y aproximadamente 6 horas.

**[0058]** Para llevar a cabo el curado de la formulación de baño térmicamente curable compuesta por el rotor o estator o la parte de la construcción del mismo, se calientan. La temperatura de curado depende de la formulación de resina epoxídica aplicada y los iniciadores y coiniadores de curado específicos aplicados y varía generalmente de aproximadamente 60 a aproximadamente 200°C, preferiblemente de aproximadamente 90 a aproximadamente 160°C.

**[0059]** En una realización especialmente preferida del procedimiento anterior para el uso de los sistemas de aislamiento de acuerdo con la invención en la fabricación de rotores, estatores o piezas de construcción de los mismos la formulación de baño térmicamente curable se alimenta en el recipiente evacuado de un tanque de almacenamiento y se devuelve a dicho tanque de almacenamiento nuevamente después de retirarlo del contenedor y se almacena en el tanque, opcionalmente bajo enfriamiento, para su uso posterior. Antes de seguir utilizándose, la formulación de baño usada se puede reponer con una nueva formulación.

**[0060]** En un aspecto adicional, la presente invención se refiere a papeles de mica o las cintas de mica para su uso con el sistema de aislamiento descrito anteriormente, que comprenden un iniciador curado térmicamente activable que consiste en una o más sales de amonio cuaternario de un compuesto aromático heterocíclico, que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno, y un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en BF<sub>4</sub><sup>-</sup>, PF<sub>6</sub><sup>-</sup>, SbF<sub>6</sub><sup>-</sup>, SbF<sub>5</sub>(OH)<sup>-</sup>, AsF<sub>6</sub><sup>-</sup> y Al[OC(CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]<sub>4</sub><sup>-</sup>.

**[0061]** Preferentemente, dichos papeles de mica o cintas de mica comprenden el iniciador de curado térmicamente activable en una cantidad de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 15 g/m<sup>2</sup> del papel de mica o cinta de mica, preferiblemente de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 7,5 g/m<sup>2</sup>.

**[0062]** Una realización especial de los papeles de mica o cintas de mica de acuerdo con la invención es papel de mica o cinta de mica comprende adicionalmente uno o más coiniadores para dicho iniciador de curado térmicamente activable seleccionado de un derivado de diariletano de fórmula:



en donde Ar es fenilo, naftilo, o C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o fenilo sustituido con cloro, R1 es hidroxilo, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alcoxi, -O-CO-R3 o -OSiR<sub>4</sub>R<sub>5</sub>R<sub>6</sub>, en donde R3 es C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub> alquilo o fenilo, y R5, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o fenilo, y R2 es C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado que Ar, preferiblemente en una cantidad de 0,1 a aproximadamente 15 g/m<sup>2</sup>, preferiblemente de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 7,5 g/m<sup>2</sup>.

**[0063]** Las realizaciones preferidas de los papeles de mica o cintas de mica de acuerdo con la invención incluyen, papel de mica o cinta de mica, en donde el iniciador de curado térmicamente activable es N-bencilquinolinio hexafluoroantimoniato; papel de mica o cinta de mica, en donde el coiniador es 1,1,2,2-tetrafenilo-1,2-etanodiol y papel de mica o cinta de mica, que está libre de coiniador para el iniciador de curado activable térmicamente.

Ejemplos:

**[0064]** Los siguientes ejemplos sirven para ilustrar la invención. A menos que se indique lo contrario, las temperaturas se dan en grados Celsius, las partes son partes en peso y los porcentajes se refieren al porcentaje en peso (porcentaje en peso). Las partes en peso se relacionan con las partes en volumen en una relación de kilogramos a litros.

(A) Descripción de los ingredientes utilizados en los Ejemplos:

**[0065]**

CY 179: bis-(epoxiciclohexilo)-metilcarboxilato, proveedor: Huntsman, Suiza;  
 FK XB 6079 A N-bencilquinoliniohexafluoroantimonato, proveedor: Huntsman, Suiza;  
 Benzopinacol: 1,1,2,2 tetrafenilo-1,2-etanodiol, proveedor: Natland, Estados Unidos;  
 MY 790-1 CH: diglicidilo éter de bisfenol A destilado (BADGE), ec. epoxi: 5,7 - 5,9 eq./kg, proveedor: Huntsman, Suiza;  
 HY 1102: Ácido metilhexahidroftálico anídrido (MHHPA), proveedor: Huntsman, Suiza;  
 XD 4410: Resina VPI monocomponente a base de epoxi a base de BADGE, éter diglicidílico de bisfenol F (BFDGE) y 2,3-epoxipropilo-o-tolileter  
 DY 9577: acelerador de curado para sistemas endurecedores epoxi-anídrido basados en aducto de borotricloruro-octildimetilamina (1:1), proveedor: Huntsman, Suiza;  
 DY 073-1: Acelerador de curado para sistemas de endurecimiento epoxídico anídrido basados en una amina terciaria

**[0066]** Las cintas de mica están compuestas de papel de mica, que opcionalmente contiene uno o más aditivos o resinas para la consolidación del papel de mica, y una tela de vidrio liviana hecha de vidrio E o una película de polímero que se adhiere al papel de mica con un adhesivo no reactivo o reactivo para soporte mecánico. Se utilizaron las siguientes cintas en los Ejemplos:

Nueva cinta de mica inventiva que contiene XB 6079 A, proveedor: Isovolta, Austria  
 Poroband ME 4020: cinta de mica que contiene naftenato de zinc, proveedor: Isovolta, Austria  
 Poroband 0410: cinta de mica sin acelerador, proveedor: Isovolta, Austria

(B) Comparación de las propiedades de formulaciones comparativas e inventivas sin cinta:

a) **Ejemplo Comparativo 1** (MY 790-1CH / HY 1102 / DY 9577 / DY 073)

**[0067]** Este Ejemplo Comparativo se realiza con el fin de comparar las propiedades de las resinas limpias curadas (sin cinta de mica). Para el curado del Ejemplo Comparativo 1, se utilizan pequeñas cantidades de los aceleradores de curado DY 9577 y DY 073-1 en lugar de naftenato de Zn (contenido en cintas típicas disponibles comercialmente) porque el naftenato de Zn es bastante difícil de dispersar de manera homogénea en la mezcla de epoxi/anhídrido.

**[0068]** Para probar la estabilidad del baño a 23°C, 1 kg de MY 790-1 CH y 1 kg de HY 1102 se mezclan juntos en un recipiente acero con un agitador de ancla a temperatura ambiente durante 5 minutos. Esta mezcla se mantiene en una botella de vidrio inerte para la prueba de almacenamiento con respecto a la estabilidad del baño a 23°C durante 80 días.

**[0069]** La viscosidad de la mezcla se determina antes y después del almacenamiento a una temperatura de medición de 60°C. Mientras que la viscosidad inicial a 60°C es de 32 mPas, la viscosidad aumentó durante el tiempo de almacenamiento de 80 días en un 12%.

**[0070]** Para probar todas las otras propiedades del material curado, a 1 kg de la mezcla descrita anteriormente como reemplazo para el naftenato de Zn que normalmente promovería el curado de cinta impregnada, 0,8 g de DY 9577 y 0,2 g de DY 073-1 se agregan y se mezclan durante otros 10 minutos. Esta mezcla luego se moldea en moldes en los espesores correspondientes para preparar placas para las diversas pruebas. Después de verter el material en los moldes, estos se colocan en un horno durante 16 horas a 90°C y 10 horas a 140°C.

b) **Ejemplo Comparativo 2** (XD 4410).

**[0071]** Este ejemplo se refiere a un sistema epoxi aromático homopolimerizable que contiene el catalizador en la composición (sistema de un componente). Normalmente se acompaña de cintas de mica libres de catalizador.

**[0072]** El producto comercial Araldite® XD 4410 se utiliza directamente para comprobar la estabilidad de almacenamiento a 23°C durante 409 días. XD 4410 exhibe una viscosidad de 78 mPas (inicial a 60°C) y un aumento de menos del 6% durante 409 días.

## ES 2 790 740 T3

[0073] La reactividad de esta mezcla se comprueba con un temporizador de gel a 80°C y 140°C.

5 [0074] Para producir placas para las otras pruebas, se vierte en moldes de espesores correspondientes para preparar placas para las diversas pruebas. Después de verter el material en los moldes, estos se colocan en un horno durante 4 horas a 125°C y 12 horas a 170°C.

### c) Ejemplo de la invención 1

10 [0075] El ejemplo de formulación de baño térmicamente curable (B) para un sistema de aislamiento de acuerdo con el sistema de la invención es una mezcla de 996,2 g de resina CY 179 y 2,2 g de Benzopinacol (disuelto a 80°C durante 10 min).

15 [0076] La estabilidad de esta formulación de baño se comprueba durante 180 días de almacenamiento a 23°C. La viscosidad inicial de 46 mPas aumenta solo un 6,5% durante 180 días de almacenamiento a 23°C.

20 [0077] Para producir placas de ensayo sin una cinta de mica, 0,8 g de N-bencilo-quinolinio-hexafluoroantimoniato se disuelven a 40°C en 499,2 g de la formulación de baño, es decir, la anterior solución mencionada de 2,2 g de benzopinacol en 996,2 g de resina CY 179. (el sistema de aislamiento resultante contiene 0,22% de benzopinacol y 0,16% de N-bencilquinoliniohexafluoroantimonato en CY 179).

[0078] La reactividad de esta mezcla se comprueba con un temporizador de gel a 80°C y 140°C.

25 [0079] Para producir placas para las otras pruebas, la formulación se vierte en moldes de espesores correspondientes para preparar placas para las diversas pruebas. Después de verter el material en los moldes, estos se colocan en un horno durante 2 horas a 90°C, 2 horas a 130°C y 2 horas a 180°C.

### d) Resultados de la prueba

30 [0080] Los resultados de las pruebas antes mencionadas con las formulaciones de baño epoxi curables de los Ejemplos Comparativos 1 y 2, así como el Ejemplo de la invención 1 se resumen en la Tabla 1 a continuación (datos determinados sin cinta, sólo para ilustrar las propiedades de la matriz epoxi de tales sistemas de aislamiento).

Tabla 1

	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo inventivo 1
MI 790-1	100		
HY 1102	100		
XD 4410		100	
CY 179			99,62
XB 6079A			0,16
Benzopinacol			0,22
DY 9577	0,16		
DY 073-1	0,04		
Higiene de trabajo	posible contacto con anhídrido	muy bien	muy bien
Viscosidad a 60°C [mPa,s]	32	78	46,4
Aumento de viscosidad de formulación con almacenamiento a 23°C	12% (80 días) (sin DY 9577 / DY 073-1)	<6% (409 días)	6,5% (180 días) (sin XB 6079A)
Se requiere enfriamiento en tanque de almacenamiento	sí	no	no
Nº de componentes a mezclar	2	1	1
Tiempo de gelificación a 80°C	n.a.	>> 1000 min	8h 50 min

(Continuación)

	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo inventivo 1
5			
10			
15			
20	T <sub>g</sub> determinado según ISO 6721/94; Factor de disipación dieléctrica tan δ determinado según IEC 60250; Pérdida de peso al 5% a (TGA 20K/min): La temperatura indicada es la temperatura para la que la pérdida de peso solo alcanza 5% durante calentamiento una muestra con una clasificación térmica de 20 K/min		

(C) Preparación de papel de mica y cintas de mica de acuerdo con la invención y pruebas de aplicación de los mismos:

25 **[0081]** Se corta una lámina de mica basada en escamas de mica no calcinadas con un peso superficial de 160 g/m<sup>2</sup> en una forma rectangular del tamaño 200 x 100 mm. Para la impregnación de papel de mica, se prepara una solución de XB 6079 A en cetona de etilo de metilo (MEK), la cual contiene 0,25% en peso de XB 6079 A. La lámina de mica se impregna con 2,0 g de la solución y el disolvente se elimina en un horno a 120°C durante 1 minuto.

30 **[0082]** El papel de mica tratado se usa tal como está o se combina con una tela de vidrio. En ese caso, una tela de vidrio 792 (23 g/m<sup>2</sup>, 26x15 5,5 tex/5,5 tex), que previamente ha sido recubierta con 3 g/m<sup>2</sup> de una mezcla de resina epoxi/acrílica, se adhiere a la cinta de mica usando una resina epoxi sólida que tiene un punto de fusión de alrededor de 100°C. Para este fin, la resina epoxi sólida se dispersa uniformemente sobre el papel de mica tratado. A continuación, la tela de vidrio se coloca en la parte superior. La muestra se coloca en una prensa calentada para fundir la resina epoxi (130°C durante 30 s). La tela de vidrio y el papel de mica se unen después de retirarlos de la prensa.

35 **[0083]** Las hojas de papel de mica obtenidas y las muestras de vidrio/mica se cortan en bloques para dar muestras de 100 x 100 mm. Se apilan 4 capas de papel de mica con cada 1,5 g de resina de impregnación distribuida uniformemente entre las capas dando un peso total de resina de 4,5 g.

40 **[0084]** Las muestras impregnadas se utilizan para controlar el factor de disipación tan δ durante el curado en un instrumento Tettex o se curan en una prensa calentada. El curado en el instrumento Tettex y la medición de tan δ se realizan a 155°C. El curado en la prensa caliente se realiza siguiendo el siguiente ciclo de temperatura: 90°C a 2 bar durante 2 h - 130°C a 2 bar durante 2 h - 180°C, sin presión durante 10 h. La resina sobrante se apaga de la lámina durante el curado.

45 **[0085]** Los compuestos curados se someten a una medición de tan δ a 155°C y muestras para la determinación de T<sub>g</sub> con DMA (análisis mecánico dinámico), modo de doblado de tres puntos según IEC 61006, se recortan en la forma 50 mm x 10 mm.

50 **[0086]** Los resultados de los ensayos mencionados anteriormente con las formulaciones de baño epoxídico curables del Ejemplo Comparativo 1 (que no contienen DY9577 y 073-1) con Poroband ME 4020 (Sistema de referencia 1) y el Ejemplo Comparativo 2 con Poroband 0410 (Sistema de referencia 2) también como el Ejemplo Inventivo 1 se resumen en la Tabla 2 a continuación.

55

Tabla 2

	Sistema de referencia 1	Sistema de referencia 2	Sistema inventivo	
			Solo papel mica	Papel mica/tela de vidrio
Factor de disipación $\tan \delta$ (a 155 °C)	4,4%	-	5,4%	8,0%
Temperatura de transición de vidrio $T_g$	151,4 °C	121,7°C	160,8 °C	161,0 °C
Factor de disipación $\tan \delta$ determinado según IEC 60250 en un instrumento Tettex usando un electrodo de anillo protector a 400 V/50Hz; $T_g$ determinado con DMA, modo de doblado de 3 puntos, tasa de calefacción 5 K/min de acuerdo con IEC 61006 utilizando el $\tan \delta$ máximo como $T_g$ .				

5

10

15 (D) Conclusiones de los ejemplos anteriores:

a) Conclusiones basadas en las comparaciones sin cinta:

20

**[0087]** Con respecto al primer aspecto crítico de la higiene laboral, el Ejemplo Inventivo libre de anhídrido es mejor que la referencia clásica basada en anhídrido, porque no contiene un sensibilizador respiratorio y, por lo tanto, no se considera un SVHC.

25

**[0088]** Mientras que la referencia basada en anhídrido es bastante baja en viscosidad, la solución libre de anhídrido existente según el Ejemplo Comparativo 2 (XD 4410) es relativamente alta en viscosidad y, por lo tanto, más difícil de impregnar en la cinta de mica y los devanados. Las formulaciones de baño de la invención tienen un nivel de viscosidad bastante similar a la referencia basada en anhídrido y pueden impregnar mejor que la formulación de baño de referencia libre de anhídrido basada en XD 4410.

30

**[0089]** En cuanto a la estabilidad del baño, la referencia a base de anhídrido acumula la viscosidad a 23°C durante sólo 80 días y a 12%. Para superar este problema, normalmente se aplica un almacenamiento refrigerado. La formulación de baño de referencia libre de anhídrido (XD 4410) es bastante estable y, por lo tanto, no necesita enfriamiento. Sorprendentemente, con el nuevo sistema de baño basado en CY 179 y Benzopinacol, la estabilidad del baño es bastante buena (6,5% de acumulación durante 180 días). Por lo tanto, tampoco se requeriría típicamente enfriamiento para la composición de baño de la invención.

35

**[0090]** Una ventaja adicional del sistema de la invención sobre la referencia tradicional es que no hay necesidad de mezclar los 2 componentes al refrescar el baño, ya que se puede aplicar como producto de un componente. Como no hay anhídrido que pueda evaporarse parcialmente durante el proceso de aplicación fuera del baño y, por lo tanto, impactar la relación de mezcla óptima con la referencia, este problema no ocurre con el Ejemplo Inventivo que resulta en una consistencia de mejor calidad.

40

**[0091]** La reactividad del producto de la invención es bastante baja a temperaturas de hasta 80°C pero rápido a temperaturas alrededor de 140°C. Esto significa que este sistema es bastante latente y, por lo tanto, estable a la temperatura de almacenamiento, pero altamente reactivo a una temperatura más alta.

45

**[0092]** La referencia de un componente según el Ejemplo Comparativo 2 también es bastante lenta a 80°C, sin embargo, todavía es lenta a alta temperatura de curado (tiempo de gel de 30 min a 140°C).

50

**[0093]** La  $T_g$  del sistema de la invención es bastante alta. Esto es positivo, ya que hay más distancia a la temperatura crítica de aplicación de 155°C.

55

**[0094]** El hallazgo más positivo y sorprendente es que el factor de disipación dieléctrica  $\tan \delta$  a 155°C es aún más bajo y por lo tanto mejor que el de la referencia a base de anhídrido que contiene una amina terciaria o aducto de tricloruro de boro-octildimetilamina como acelerador del curado.

60

**[0095]** Un factor de disipación dieléctrica  $\tan \delta$  de > 10% a 155°C es el tema principal del ejemplo anhídrido libre de referencia (XD 4410) del Ejemplo Comparativo 2 y la razón por tales sistemas no se podrían utilizar para la aplicación de clase H, aunque sería de una temperatura incluso más estable de acuerdo con el experimento de pérdida de peso a corto plazo dado en la tabla. A este respecto, el Ejemplo Inventivo es al menos tan estable como la referencia no modificada.

65

**[0096]** Por lo tanto, como conclusión del nuevo sistema de aislamiento según la invención sorprendentemente elimina todas las cuestiones del sistema de aislamiento tradicional para la impregnación a presión de vacío, la cuestión del anhídrido/SVHC/REACH así como los problemas de los sistemas libres de anhídrido ya conocidos tales como alta viscosidad, baja reactividad a alta temperatura, limitación a la clase F y un factor de disipación dieléctrica demasiado alto  $\tan \delta$  de más del 10%.

a) Las conclusiones basadas en las comparaciones de papel de mica y cinta de micas impregnadas.

5 **[0097]** Los experimentos muestran una buena inexpugnabilidad del papel de mica y las muestras de cinta de vidrio/mica a baja temperatura. También se puede demostrar la compatibilidad con poliéster-poliol, que pueden usarse para la mejora mecánica del papel de mica impregnado y la combinación de vidrio/mica. El poliéster-poliol conduce a valores  $\tan \delta$  tan ligeramente más altos,  $T_g$  es igual a las muestras que no contienen poliéster-poliol.

10 **[0098]** Las pruebas con papel de mica impregnado con diferentes niveles de N-bencilo-Quinolinio-Hexafluoroantimoniato (0,12 - 0,5 g/m<sup>2</sup>) muestran poca influencia de la concentración en los valores  $\tan \delta$  y  $T_g$  del material de aislamiento.

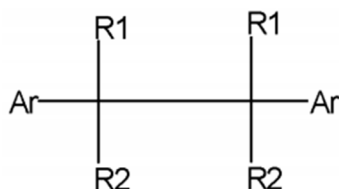
## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de aislamiento libre de anhídrido para piezas de construcción que transportan corriente de un motor eléctrico que comprende:

(A) un papel de mica o cinta de mica para envolver partes de dicho motor eléctrico que pueden transportar corriente durante el funcionamiento del motor, cuyo papel de mica o cinta de mica es impregnable mediante impregnación a presión de vacío con una formulación de resina epoxídica curable térmicamente y comprende un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resina epoxídica que contiene una o más sales de amonio cuaternario de un compuesto aromático heterocíclico, que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno y un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$  en una cantidad suficiente para curar la resina epoxídica absorbida por el papel o cinta de mica y la parte de construcción del motor durante la etapa de impregnación a presión de vacío;

(B) una formulación de baño curable térmicamente para la impregnación a presión al vacío que comprende una o más resinas epoxídicas, formulación que está sustancialmente o, preferiblemente, completamente libre de un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resina epoxídica, en particular de sales de amonio cuaternario de compuestos aromáticos-compuestos heterocíclicos que contienen 1 o 2 átomos de nitrógeno, y de un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$ , y

(C) uno o más iniciadores para el iniciador de curado térmicamente activable seleccionado de un derivado de diariletano de fórmula:



en donde Ar es fenilo, naftilo, o  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o fenilo sustituido con cloro, R1 es hidroxilo,  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alcoxi,  $-\text{O}-\text{CO}-\text{R}_3$  o  $-\text{OSiR}_4\text{R}_5\text{R}_6$ , en donde R3 es  $\text{C}_1$ - $\text{C}_8$  alquilo o fenilo, y R4, R5 y R6 son cada uno, independientemente uno de otro  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o fenilo, y R2 es  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado que Ar, en donde uno o más de dichos iniciadores pueden estar contenidos en el papel de mica o la cinta de mica (A) del sistema y/o uno o más de dichos iniciadores pueden estar contenidos en la formulación de baño de resina epoxi curable térmicamente (B) del sistema y está presente en dicho papel de mica o cinta de mica (A) y/o en dicha formulación de baño de resina epoxídica curable térmicamente (B) en una cantidad global suficiente para curar la resina epoxídica absorbida por el papel de mica o la cinta de mica y la parte de construcción del motor durante el paso de impregnación a presión de vacío después de dicho paso.

2. Un sistema de aislamiento según la reivindicación 1, en donde el papel de mica o la cinta de mica (A) comprende el iniciador de curado activable térmicamente en una cantidad de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 15  $\text{g}/\text{m}^2$  del papel de mica o cinta de mica, preferiblemente aproximadamente 0,2 hasta aproximadamente 7,5  $\text{g}/\text{m}^2$ .

3. Un sistema de aislamiento según la reivindicación 2, en donde el papel de mica o la cinta de mica (A) comprende iniciador(es) (C) en una cantidad entre 0 y aproximadamente 15  $\text{g}/\text{m}^2$ .

4. Un sistema de aislamiento de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la cantidad total de iniciador(es) (C) está contenida en el papel o cinta de mica (A) del sistema.

5. Un sistema de aislamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la cantidad total de iniciador(es) (C) está contenida en la formulación (B) de baño de resina epoxídica curable térmicamente del sistema.

6. Un sistema de aislamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la(s) resina(s) epoxídica(s) de la formulación de baño (B) curable térmicamente se derivan de ácidos policarboxílicos cicloalifáticos y/o resinas epoxídicas cicloalifáticas que comprenden al menos un grupo epoxi, preferiblemente dos grupos epoxi, fusionados a un anillo cicloalifático en la molécula de la resina epoxi.

7. Un sistema de aislamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el iniciador de curado activable térmicamente comprende o, preferiblemente, es hexafluoroantimonato de N-bencilquinolinio.

8. Un sistema de aislamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde los iniciadores



(C) comprenden 1,1,2,2-tetrafenilo-1,2-etanodiol (benzopinacol) o, preferiblemente, el coiniador es 1,1,2,2-tetrafenilo-1,2-etanodiol.

5 **9.** Un sistema de aislamiento según la reivindicación 1, en donde la formulación de baño curable térmicamente comprende el coiniador (C).

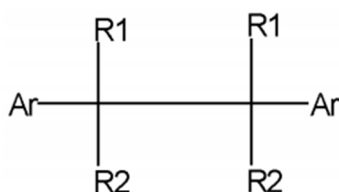
10 **10.** Un papel de mica o cinta de mica que comprende un iniciador de curado activable térmicamente que consiste en una o más sales de amonio cuaternario de un compuesto aromático-heterocíclico, que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno, y un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $[\text{Al}(\text{OC}(\text{CF}_3)_3)_4]^-$ .

15 **11.** Un papel de mica o cinta de mica de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende el iniciador de curado activable térmicamente en una cantidad de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 15  $\text{g}/\text{m}^2$  del papel de mica o cinta de mica, preferiblemente de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 7,5  $\text{g}/\text{m}^2$ .

20 **12.** Un papel de mica o cinta de mica según la reivindicación 10 o 11, que comprende adicionalmente uno o más coiniadores para dicho iniciador de curado térmicamente activable seleccionado de un derivado de diariletano de fórmula:

20

25



30 en donde Ar es fenilo, naftilo, o  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  fenilo alquilo cloro-sustituido, R1 es hidroxilo,  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alcoxi,  $-\text{O}-\text{CO}-\text{R}_3$  o  $-\text{OSiR}_4\text{R}_5\text{R}_6$ , en donde R3 es  $\text{C}_1$ - $\text{C}_8$  alquilo o fenilo, y R4, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o fenilo, y R2 es  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado que Ar.

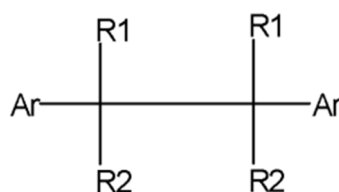
35 **13.** El uso de un sistema de aislamiento libre de anhídrido para piezas de construcción que transportan corriente de un motor eléctrico en forma de un kit de piezas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 en la fabricación de rotores o estatores de generadores o motores eléctricos.

40 **14.** Un proceso para usar un sistema de aislamiento sin anhídrido para piezas de construcción que transportan corriente de un motor eléctrico como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o un papel de mica o cinta de mica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 en la fabricación de rotores o estatores de generadores eléctricos o motores, en los que

45 (a) las partes potencialmente portadoras de corriente del rotor o estator o la parte de construcción de las mismas están envueltas con un papel de mica o cinta de mica que es impregnable por impregnación a presión de vacío con una formulación térmica de resina epoxi curable y comprende un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resina epoxi que consiste en una o más sales de amonio cuaternarias de un compuesto aromático-heterocíclico, que contiene 1 o 2 átomos de nitrógeno, y un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $[\text{Al}(\text{OC}(\text{CF}_3)_3)_4]^-$  y, opcionalmente, al menos una cantidad parcial de uno o más coiniadores requeridos para el iniciador curado térmicamente activable para curar la formulación de resina epoxi, seleccionado de un derivado de diariletano de fórmula:

50

55



60 en donde Ar es fenilo, naftilo, o  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o fenilo sustituido con cloro, R1 es hidroxilo,  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alcoxi,  $-\text{O}-\text{CO}-\text{R}_3$  o  $-\text{OSiR}_4\text{R}_5\text{R}_6$ , en donde R3 es  $\text{C}_1$ - $\text{C}_8$  alquilo o fenilo, y R4, R5 y R6 son cada uno independientemente uno de otro  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o fenilo, y R2 es  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$  alquilo o ciclohexilo o tiene el mismo significado que Ar, en donde el iniciador de curado térmicamente activable es contenido por dicho papel de mica o cinta de mica en una cantidad suficiente para curar la resina epoxi recogida por el papel de mica o la cinta de mica y la parte de construcción del motor durante una etapa de impregnación a presión de vacío,

65 (b) el rotor o estator o la parte de construcción del mismo se inserta en un contenedor,

(c) el contenedor está evacuado,

- 5 (d) una formulación de baño curable térmicamente que comprende una o más resinas epoxídicas, cuya formulación es sustancialmente o, preferiblemente, completamente libre de un iniciador de curado activable térmicamente para la formulación de resina epoxi, en particular de sales de amonio cuaternario de compuestos aromáticos-heterocíclicos que contienen 1 o 2 átomos de nitrógeno, y de un anión complejo seleccionado del grupo que consiste en  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_5(\text{OH})^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$  y  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CF}_3)_3]_4^-$  y que comprende el resto de la cantidad del uno o más iniciador(es) requerido(s) para que el iniciador de curado activable térmicamente cure la formulación de resina epoxi, se alimenta al recipiente evacuado seguido de un período de aplicación de una sobrepresión, por ejemplo, de aire seco o nitrógeno al recipiente que contiene el rotor o estator o la parte de construcción del mismo, opcionalmente bajo calentamiento precavido para reducir la viscosidad de la formulación de baño curable térmicamente en el recipiente lo suficiente como para permitir que dicha formulación penetre dicho papel de mica o cinta de mica y los espacios y huecos existentes en la estructura del rotor o estator o la parte de construcción del mismo dentro de un período de tiempo deseado forzado por la diferencia de presión entre el vacío y la alta presión aplicada a los componentes,
- 10 (e) la formulación de baño residual curable térmicamente se retira del recipiente, y
- 15 (f) el rotor o el estator o la parte de construcción del mismo, impregnada con la formulación de baño curable térmicamente, se retira del recipiente y se calienta después de la extracción del recipiente para curar la formulación de baño curable térmicamente compuesta por dicho rotor o estator o la parte de construcción del mismo.
- 20 **15.** El proceso de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la formulación de baño curable térmicamente que comprende una o más resinas epoxídicas se introduce en el recipiente evacuado en la etapa (d) desde un tanque de almacenamiento y se devuelve a dicho tanque de almacenamiento nuevamente después de retirarlo del recipiente en paso (e) y almacenarlo en el tanque de almacenamiento, opcionalmente bajo enfriamiento, para uso adicional.