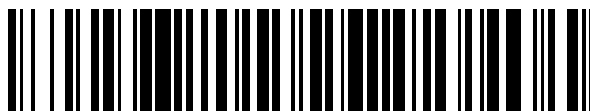


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 165**

51 Int. Cl.:

H01B 3/42 (2006.01)

H01B 19/04 (2006.01)

H01B 3/46 (2006.01)

H01B 3/40 (2006.01)

C08L 63/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2012 E 12730925 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2015 EP 2751202**

54 Título: **Uso de un sistema de resina epoxídica hidrófoba para la encapsulación de un transformador de instrumento**

30 Prioridad:

31.08.2011 EP 11179502

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

02.02.2016

73 Titular/es:

**HUNTSMAN ADVANCED MATERIALS
(SWITZERLAND) GMBH (100.0%)**

**Klybeckstrasse 200
4057 Basel, CH**

72 Inventor/es:

BEISELE, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 558 165 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).

USO DE UN SISTEMA DE RESINA EPOXÍDICA HIDRÓFOBA PARA LA ENCAPSULACIÓN DE UN TRANSFORMADOR DE INSTRUMENTO

DESCRIPCIÓN

5 La presente invención se refiere al uso de una composición específica para la encapsulación libre de relleno de transformadores de instrumento y a un método para la encapsulación de tales transformadores de instrumento.

10 Se usan frecuentemente resinas epoxídicas como material aislante eléctrico debido a sus buenas propiedades mecánicas y su alta resistencia específica. La encapsulación de transformadores de instrumento con resinas epoxídicas se ha visto dificultada por el hecho de que las resinas epoxídicas son un material de cubierta bastante rígido. El material de cubierta se ve sometido normalmente a altas tensiones mecánicas, especialmente cuando las unidades se exponen a condiciones de temperatura extremas debido a la discordancia de expansión térmica entre los componentes del conjunto y el material encapsulante. Con el fin de evitar grietas en la cubierta de resina epoxídica y evitar la presión sobre el núcleo del transformador de instrumento debido a la contracción del material encapsulante, las partes sensibles a la presión (por ejemplo núcleos de hierro) de los transformadores de instrumento, que son críticas para la precisión de la medición, se rellenan habitualmente con un material de plástico blando, por ejemplo una cinta de caucho o papel crepé o un material semiconductor con alto alargamiento. En algunos diseños, la parte sensible a la tensión de un transformador de instrumento se mantiene en una caja llena de gas con el fin de evitar el contacto directo con el material de encapsulación antes de que se aplique la resina epoxídica para la cubierta. Sin embargo, el relleno es una etapa de trabajo extra y no es ventajoso económicamente y además supone un reto técnico, ya que debe evitarse la formación de huecos: los huecos pueden conducir a descargas de brillo parciales dentro de los devanados de alto voltaje, lo que podría dañar el transformador de instrumento. Por tanto, se desarrollaron transformadores libres de relleno, tal como se ejemplifica en el documento DE 37 02 782 que usa mayoritariamente un material elástico de silicona similar al caucho con una dureza Shore A de 25 a 98 como material de cubierta. Sin embargo, los compuestos de silicona son bastante caros. Aunque flexibles, son débiles en rendimiento mecánico. Adicionalmente, se encontró que las siliconas líquidas que podrían ser adecuadas para este fin son menos resistentes a las condiciones de niebla salina al aire libre.

25 Había una necesidad de un procedimiento más viable técnica y económicamente. Sorprendentemente, se encontró que determinadas composiciones de resina epoxídica semiflexibles pueden usarse para proporcionar transformadores de instrumento libres de relleno.

30 Se conocen composiciones de resina epoxídica similares del documento WO 00/34388, cuya divulgación se incluye por el presente documento como referencia. Estas composiciones epoxídicas se han usado durante varios años como materiales de encapsulación. Sin embargo, fue completamente sorprendente para el experto en la técnica que composiciones basadas en las dadas a conocer en el documento WO 00/34388 podían usarse para fabricar transformadores sin materiales de relleno.

35 Se ha encontrado ahora que composiciones que comprenden dos resinas epoxídicas diferentes, al menos dos polisiloxanos específicos y un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, una carga, endurecedor y acelerador del curado pueden usarse para fabricar transformadores de instrumento libres de relleno.

40 La presente invención se refiere al uso de una composición curable para la encapsulación libre de relleno de transformadores de instrumento que comprende (a) una resina epoxídica cicloalifática, (b) un diglicidil éter de polioxialquileno, (c) un polisiloxano terminado en OH, (d) un polisiloxano cíclico y (e) un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) una carga, (g) un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas.

45 En una realización preferida de la invención, se usa una composición que comprende: (a) del 3 al 40% en peso de una resina epoxídica cicloalifática; (b) del 3 al 40% en peso de un diglicidil éter de polioxialquileno; (c) del 0,3 al 10% en peso de un polisiloxano terminado en OH, (d) del 0,3 al 10% en peso de un polisiloxano cíclico y (e) del 0,01 al 1% en peso de un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) del 1 al 80% en peso de una carga, (g) del 4 al 25% en peso de un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) del 0,1 al 2% en peso de un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas, basándose en el peso total de la composición. En una realización más preferida, la composición usada comprende (a) el 10-15% en peso de una resina epoxídica cicloalifática; (b) el 10-15% en peso de un diglicidil éter de polioxialquileno; (c) el 1-2% en peso de un polisiloxano terminado en OH, (d) el 1-3% en peso de un polisiloxano cíclico y (e) el 0,1 - 0,7% en peso de un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) el 15-70% en peso de una carga, (g) el 5%-30% en peso de un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) el 0,2-1% en peso de un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas. Incluso más preferiblemente, la composición usada comprende (a) el 5-20% en peso de una resina epoxídica cicloalifática; (b) el 5-20% en peso de un diglicidil éter de polioxialquileno; (c) el 1-2% en peso de un polisiloxano terminado en OH; (d) el 1-3% en peso de un polisiloxano cíclico; (e) el 0,1 - 0,2% en peso de un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático; (f) el 40 - 60% en peso de una carga, (g) el 10 - 20% en peso de un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) el 0,3% - 0,4% en peso de un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas

epoxídicas. Lo más preferido es el uso de una composición que comprende (a) el 5-20% en peso de éster diglicidílico del ácido hexahidroftálico; (b) el 5-20% en peso de un diglicidil éter de polipropilenglicol; (c) 1-2% en peso de un polidimetilsiloxano terminado en OH; (d) el 1-3% en peso de un polisiloxano cíclico que comprende unidades de Si_6O_6 y Si_8O_8 y; (e) el 0,1 - 0,2% en peso de un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático seleccionado de ésteres fluoroalifáticos, alcoholes alcoxilados fluoroalifáticos y sulfonamidas fluoroalifáticas; (f) el 40 - 60% en peso de una carga que comprende harina de sílice y trihidróxido de aluminio, (g) el 10 - 20% en peso anhídrido de ácido hexahidroftálico, (h) el 0,3% - 0,4% en peso de un acelerador del curado seleccionado de aceleradores del curado de imidazol.

Las composiciones pueden comprender adicionalmente componentes tales como agentes humectantes, desespumantes, agentes de color, agentes de acoplamiento de silano y otros aditivos típicos en química epoxídica. El nuevo uso de estas composiciones de resina epoxídica permite ahorrar en costes de producción cuando se fabrican transformadores de instrumento. Proporciona un recubrimiento semiflexible con menos rigidez, buena resistencia a la erosión, resistencia al picoteo de los pájaros y buen rendimiento frente a la niebla salina, lo que ofrece la gran ventaja de que puede usarse sin ningún material de relleno adicional.

La razón en peso de (a):(b) se selecciona de tal modo que la Tg resultante de la composición curada sea de entre 0°- 40°C. El experto en la técnica conoce bien cómo seleccionar y ajustar estas razones. La razón en peso de (a) con respecto a (b) oscila preferiblemente entre 30:70 y 70:30, más preferiblemente entre 40:60 y 60:40 y lo más preferiblemente es de alrededor de 1:1.

La cantidad de carga en la composición total es tal que la mezcla tiene una fluidez que es suficiente como para colarse dentro del molde del transformador de instrumento. Esto significa habitualmente que tiene que tener una viscosidad de 0,1 a 10 Pas a 60°C (norma ISO 12058; viscosímetro Rheomat 300; sistema de medición MS DIN 125; velocidad de cizalladura 10/s). El contenido de carga oscila normalmente entre el 15 - 70%, preferiblemente entre el 40 - 60% y lo más preferiblemente el 45 - 55%.

Componente (a)

El componente (a) de la presente invención son resinas epoxídicas cicloalifáticas. El término "resina epoxídica cicloalifática" en el contexto de esta invención indica cualquier resina epoxídica que tenga unidades estructurales cicloalifáticas, es decir incluye tanto compuestos de glicidilo como compuestos de β -metilglicidilo cicloalifáticos así como resinas epoxídicas basadas en óxidos de cicloalquileo.

Compuestos de glicidilo y β -metilglicidilo cicloalifáticos adecuados con los ésteres glicidílicos y ésteres β -metilglicidílicos de ácidos policarboxílicos cicloalifáticos, tales como ácido tetrahidroftálico, ácido 4-metiltetrahidroftálico, ácido hexahidroftálico, ácido 3-metilhexahidroftálico y ácido 4-metilhexahidroftálico.

Resinas epoxídicas cicloalifáticas adecuadas adicionales son los diglicidil éteres y β -metilglicidil éteres de alcoholes cicloalifáticos, tales como 1,2-dihidroxiclohexano, 1,3-dihidroxiclohexano y 1,4-dihidroxiclohexano, 1,4-ciclohexanodimetanol, 1,1-bis(hidroximetil)ciclohex-3-eno, bis(4-hidroxiclohexil)metano, 2,2-bis(4-hidroxiclohexil)propano y bis(4-hidroxiclohexil)sulfona.

Ejemplos de resinas epoxídicas que tienen estructuras de óxido de cicloalquileo son bis(2,3-epoxiciclopentil) éter, 2,3-epoxiciclopentilglicidil éter, 1,2-bis(2,3-epoxiciclopentil)etano, dióxido de vinilciclohexeno, 3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxiciclohexilmetilo, 3',4'-epoxi-6'-metilciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxi-6-metilciclohexilmetilo, adipato de bis(3,4-epoxiciclohexilmetilo) y adipato de bis(3,4-epoxi-6-metilciclohexilmetilo).

Resinas epoxídicas cicloalifáticas preferidas son diglicidil éter de bis(4-hidroxiclohexil)metano, diglicidil éter de 2,2-bis(4-hidroxiclohexil)propano, éster diglicidílico del ácido tetrahidroftálico, éster diglicidílico del ácido 4-metiltetrahidroftálico, éster diglicidílico del ácido 4-metilhexahidroftálico.

Se prefiere especialmente según la invención el uso del éster diglicidílico del ácido hexahidroftálico o una combinación de éster diglicidílico del ácido hexahidroftálico con una resina epoxídica alifática. Esto último se comenta en más detalle a continuación y se basa en productos de epoxidación de aceites naturales.

Las resinas epoxídicas cicloalifáticas se usan en una cantidad del 3-40% en peso, preferiblemente del 5-20% en peso y más preferiblemente del 10-15% en peso basándose en el peso total de la composición curable.

En otra realización de la invención se prefiere usar una combinación de las resinas epoxídicas cicloalifáticas, mencionadas anteriormente, con resinas epoxídicas alifáticas. Resinas epoxídicas alifáticas preferidas son productos de epoxidación de ésteres de ácidos grasos insaturados. Es preferible usar compuestos que contienen epoxi derivados de ácidos mono y poligrasos que tienen desde 12 hasta 22 átomos de carbono y un índice de yodo de desde 30 hasta 400, por ejemplo ácido lauroleico, ácido miristoleico, ácido palmitoleico, ácido oleico, ácido gadoleico, ácido erúxico, ácido ricinoleico, ácido linoleico, ácido linolénico, ácido elaidico, ácido licánico, ácido araquidónico y ácido clupanodónico. Son adecuados productos de epoxidación de aceite de soja, aceite de linaza,

aceite de perilla, aceite de tung, aceite de oiticica, aceite de cártamo, aceite de semilla de amapola, aceite de cáñamo, aceite de semilla de algodón, aceite de girasol, aceite de colza, triglicéridos poliinsaturados, triglicéridos de plantas de *Euphorbia*, aceite de cacahuete, aceite de oliva, aceite de orujo, aceite de almendras, aceite de kapok, aceite de avellana, aceite de hueso de albaricoque, aceite de hayuco, aceite de altramuz, aceite de maíz, aceite de sésamo, aceite de pepitas de uva, aceite de *Lallemantia*, aceite de ricino, aceite de arenque, aceite de sardina, aceite de menhaden, aceite de ballena, aceite de sebo y derivados de los mismos. También son adecuados derivados insaturados superiores que pueden obtenerse mediante reacciones de deshidrogenación de esos aceites. Los dobles enlaces olefínicos de los radicales de ácido graso insaturado de los compuestos mencionados anteriormente pueden epoxidarse según métodos conocidos, por ejemplo mediante reacción con peróxido de hidrógeno, opcionalmente en presencia de un catalizador, un hidroperóxido de alquilo o un perácido, por ejemplo ácido perfórmico o ácido peracético. Dentro del alcance de la invención, tanto los aceites completamente epoxidados como los derivados parcialmente epoxidados que todavía contienen dobles enlaces libres pueden usarse como componente (a) en combinación con los compuestos de epoxi cicloalifáticos. Se prefieren especialmente como componente (a) aceite de soja epoxidado y aceite de linaza epoxidado.

Componente (b)

El componente (b) es un diglicidil éter de polioxialquileno. Diglicidil éteres de polioxialquileno preferidos son diglicidil éteres de polioxietileno, diglicidil éteres de polioxipropileno o diglicidil éter de politetrahidrofurano lineales o ramificados. El número de unidades de oxialquileno puede oscilar entre 3 - 100 y preferiblemente oscila entre 5 - 50, más preferiblemente entre 5 - 10. El diglicidil éter de polioxialquileno más preferido tiene un promedio de 7 unidades de oxialquileno. Según la invención, puede usarse también una mezcla de diferentes diglicidil éteres de polioxialquileno.

Un diglicidil éter de polioxialquileno preferido es Araldite® DY 3601, comercializado por Huntsman.

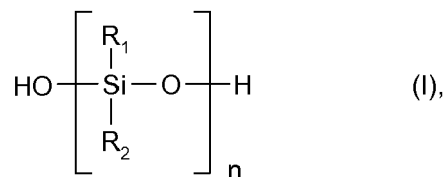
El componente (b) se usa en una cantidad del 3-40% en peso, preferiblemente del 5-20% en peso y más preferiblemente del 10-15% en peso basándose en el peso total de la composición curable.

Componente (c)

El componente (c) es un polisiloxano terminado en OH que puede prepararse según métodos conocidos, por ejemplo mediante hidrólisis de los organoclorosilanos correspondientes y posterior policondensación de los silanoles. Las mezclas de polisiloxanos obtenidas de este modo tienen habitualmente masas moleculares que oscilan entre 1000 y 150000 g/mol. Una variedad de tales polisiloxanos terminados en OH están disponibles comercialmente.

Las composiciones usadas según la presente invención comprenden preferiblemente un poldimetilsiloxano líquido (a 23°C). Se prefieren poldimetilsiloxanos que tienen una viscosidad de 4000 - 8000 mPa·s a una temperatura de 23°C (norma DIN 53018), preferiblemente de 5000-7000 mPa·s y lo más preferiblemente de 5500 - 6500 mPa·s.

Preferiblemente se usan composiciones que comprenden un polisiloxano de fórmula I



en la que R₁ y R₂ son cada uno independientemente entre sí alquilo C₁-C₁₈, arilo C₅-C₁₄ o aralquilo C₆-C₂₄ y n es un valor promedio que oscila entre 3 y 150, preferiblemente entre 30 y 120, más preferiblemente 30 - 100 y lo más preferiblemente 30-50.

Alquilo incluye, por ejemplo, metilo, etilo, isopropilo, n-propilo, n-butilo, isobutilo, sec-butilo, terc-butilo y los diversos grupos pentilo, hexilo, heptilo, octilo, nonilo, decilo, undecilo, dodecilo, tridecilo, tetradecilo, pentadecilo, hexadecilo, heptadecilo, octadecilo, nonadecilo y eicosilo isoméricos.

Arilo como R₁ o R₂ contiene preferiblemente desde 6 hasta 14 átomos de carbono y puede ser por ejemplo fenilo, toliilo, pentalinilo, indenilo, naftilo, azulínilo y antrilo.

Aralquilo como R₁ o R₂ contiene preferiblemente desde 7 hasta 12 átomos de carbono y especialmente desde 7 hasta 10 átomos de carbono. Ejemplos son bencilo, feniletilo, 3-fenilpropilo, α-metilbencilo, 4-fenilbutilo o α,α-dimetilbencilo.

Se da especial preferencia a polisiloxanos de fórmula I en la que R₁ y R₂ son cada uno independientemente entre sí metilo, etilo o fenilo.

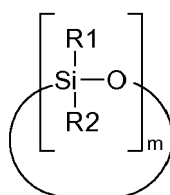
5 Los más preferidos como componente (b) son polisiloxanos de fórmula I en la que R₁ y R₂ son metilo y n = de 4 a 20. Un ejemplo de un polisiloxano adecuado de este tipo es Polymer FD 6 comercializado por Wacker-Chemie.

El componente (c) se usa en una cantidad del 0,3-10% en peso, preferiblemente del 0,5-3% en peso y más preferiblemente del 1-2% en peso basándose en el peso total de la composición curable.

10 Componente (d)

El polisiloxano cíclico, componente (d), lo conoce asimismo el experto en la técnica y puede prepararse según métodos conocidos.

15 Se prefiere usar una composición que comprende como componente (d) un polisiloxano cíclico de fórmula II



(II)

20 en la que R₁ y R₂ son cada uno independientemente entre sí alquilo C₁-C₁₈, arilo C₅-C₁₄ o aralquilo C₆-C₂₄ y m es un número entero de desde 3 hasta 12.

25 Alquilo, arilo y aralquilo en la fórmula (II) tienen las mismas definiciones que los grupos correspondientes según la fórmula (I). Se prefieren como componente (c) polisiloxanos cíclicos de fórmula II en la que R₁ y R₂ son cada uno independientemente entre sí metilo, etilo o fenilo y m es un número entero de desde 3 hasta 8. En la realización preferida, R₁ y R₂ son metilo y m es un número entero que oscila entre 6 y 8.

Tales polisiloxanos cíclicos pueden aislarse de la mezcla de productos formada con la hidrólisis de los dialquil-, diaril- o diaralquil-diclorosilanos correspondientes.

30 En una realización especialmente preferida, el componente (d) se selecciona de octametilciclotetrasiloxano (m=4), decametilciclopentasiloxano (m=5) y especialmente dodecametilciclohexasiloxano (m=6) y también hidrolizados de dimetildiclorosilano. Se prefiere usar hidrolizados no destilados, puesto que tienen un contenido superior de polisiloxanos cíclicos que tienen el tamaño de anillo preferido m = de 6 a 8, es decir dodecametilciclohexasiloxano, tetradecametilcicloheptasiloxano (m=7) y hexadecametilciclooctasiloxano (m=8).

35 El componente (d) se usa en una cantidad del 0,3-10% en peso, preferiblemente del 0,5-5% en peso y más preferiblemente del 1-3% en peso basándose en el peso total de la composición curable.

40 Componente (e)

El componente (e) según la presente invención son agentes surfactantes fluoroalifáticos. Derivados adecuados son polioxilquilenos no iónicos, fluoroalifáticos. Se da preferencia a compuestos que comprenden una unidad de alquilo alifático perfluorado R_f y una unidad hidrocarbonada R, en los que esta última contiene al menos un grupo funcional polar mono o divalente, que contiene preferiblemente oxígeno, por ejemplo -OH, -COOH, -COOR, -COO-, -CO-, -O-.

45 En una realización preferida según la presente invención, el componente (e) es un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático seleccionado de ésteres fluoroalifáticos, alcoholes alcoxilados fluoroalifáticos y sulfonamidas fluoroalifáticas. Para el fin de esta invención, estas últimas también incluyen componentes con una unidad estructural que contiene sulfonamida fluoroalifática en la molécula.

50 Compuestos adecuados son derivados de ácidos grasos alcoxilados, especialmente etoxilados, que comprenden un resto alquilo perfluorado como sustituyente terminal o no terminal. Se prefieren componentes ejemplificados mediante las siguientes fórmulas:

55 R_f-COO-(CH₂CH₂O)_m-R₁ (III)

o

R_f-(CH₂CH₂O)_m-R₁ (IV)

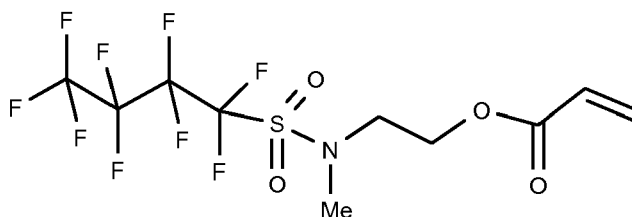
o



en las que m = de 1 a 200; R_f es un resto alquilo perfluorado lineal o ramificado que tiene desde 2 hasta 22 átomos de carbono; R₁= H, alquilo C₁-C₆ o R_f; R₂= H, alquilo C₁-C₆; R₃= -(CH₂)₂-O-CO-CH=CH₂ o R₂ o -CH₂-CH₂-OH.

Compuestos preferidos son también telómeros de (V) con 3-mercapto-1,2-propanodiol que se hacen reaccionar adicionalmente con di-2-propenoato de oxirano y 2-metiloxirano y para dar compuestos tales como el registrado según el n.º CAS 1017237-78-3, disponible comercialmente con el nombre Novec™ FC 4430 de 3M.

Una estructura según la fórmula (V) es por ejemplo:



Es preferible usar compuestos de fórmula (III) o (IV) en los que la masa molecular según la fórmula empírica teórica oscila entre 200 y 10000, especialmente entre 300 y 8000. Lo más preferido es el uso de Novec™ FC 4430.

Compuestos preferidos son, por ejemplo, F₃C-(CF₂)₅-(CH₂CH₂O)-H, es decir 1,1,2,2-tetrahidro-perfluorooctanol (correspondiente a la fórmula IV, en la que R_f=n-hexilo perfluorado, m=1 y R=H) o R_f-COO-(CH₂CH₂O)_m-R, en la que R_f es un alquilo perfluorado lineal que tiene desde 16 hasta 18 átomos de carbono, m=110-130 y R=H.

Algunos de esos compuestos están disponibles comercialmente de varias fuentes, por ejemplo como productos intermedios fluoroquímicos ZONYL® (DuPont), por ejemplo fluoroalcoholes ZONYL® BA-L y BA, o fluorotensioactivos FLUORAD® (3M), por ejemplo fluorotensioactivo FLUORAD® FC431 y Novec™ FC 4430. Pueden encontrarse compuestos surfactantes adicionales adecuados para su uso según la invención en los boletines técnicos/fichas de datos de seguridad de los fabricantes mencionados anteriormente; se encuentra información técnica referente a Zonyl en las fichas de datos de seguridad proporcionadas por DuPont en Internet: es decir Zonyl® FS 100 o Zonyl® FSO.

Según la presente invención, uno o más compuesto(s) de cada componente (a) a (e) pueden usarse en las composiciones.

El componente (e) se usa en una cantidad del 0,01-1% en peso, preferiblemente del 0,1-0,7% en peso y más preferiblemente del 0,1-0,2% en peso basándose en el peso total de la composición curable.

Componente (f)

Las composiciones curables usadas para preparar transformadores libres de relleno según la presente invención también comprenden cargas como componente (f). Éstas pueden ser diversas: polvo de metal, harina de madera, polvo de vidrio, perlas de vidrio, óxidos de semimetal y metal, tales como SiO₂ (arena de cuarzo, polvo de cuarzo, polvo de cuarzo silanizado, polvo de sílice fundido, polvo de sílice fundido silanizado), óxido de aluminio, óxido de titanio y óxido de zirconio, hidróxidos de metal, tales como Mg(OH)₂, Al(OH)₃, Al(OH)₃ y AlO(OH) silanizados, nitruros de semimetal y metal, por ejemplo nitruro de silicio, nitruros de boro y nitruros de aluminio, carburos de semimetal y metal (SiC y carburos de boro), carbonatos de metal (dolomía, caliza, CaCO₃), sulfuros de metal (barita, yeso), minerales triturados, por ejemplo de hidromagnesita y huntita, y minerales naturales o sintéticos principalmente de la serie de los silicatos, por ejemplo zeolitas (especialmente tamices moleculares), talco, mica, caolín, wollastonita y otros. Cargas preferidas son polvo de cuarzo, polvo de cuarzo silanizado, ácido silícico, hidróxido de aluminio y óxido de aluminio. El componente (f) se usa en cantidades del 1-80% en peso basándose en el peso total de la composición curable, más preferiblemente el 15-70% en peso y lo más preferiblemente el 40-60% en peso. La carga también comprende preferiblemente compuestos auxiliares que dan como resultado un efecto tixotrópico, como sílice pirogénica altamente dispersada. Son especialmente adecuados ácidos silícicos altamente dispersados, hidrófilos, no tratados. Están disponibles comercialmente, por ejemplo en forma de Aerosil®. Las cantidades eficaces de sílice pirogénica están en el intervalo de desde el 0,01 hasta el 3,5% en peso, preferiblemente desde el 0,05 hasta el 3,0% en peso, basándose en la suma de los componentes (a) a (d), y el tamaño promedio de las partículas primarias es ventajosamente de aproximadamente 7 - 20 nm. Según la presente invención, lo más preferible es usar una combinación de harina de sílice y trihidróxido de aluminio, Al(OH)₃.

Componente (g)

Según la presente invención, los endurecedores usados en las composiciones curables como componente (g) son endurecedores de anhídrido.

5 Un anhídrido de este tipo puede ser un anhídrido polimérico alifático lineal, por ejemplo polianhídrido polisebácico o polianhídrido poliazelaico, o un anhídrido carboxílico cíclico.

10 Se prefieren especialmente anhídridos carboxílicos cíclicos totalmente saturados según la presente invención. Se prefieren estos para aplicaciones al aire libre, donde no podrían usarse anhídridos insaturados.

15 Ejemplos de anhídridos carboxílicos cíclicos son: anhídrido succínico, anhídrido citracónico, anhídrido itacónico, anhídridos succínicos sustituidos con alquenilo, anhídrido dodecenilsuccínico, anhídrido maleico y anhídrido tricarbálico, un aducto de anhídrido maleico con ciclopentadieno o metilciclopentadieno, un aducto de ácido linoleico con anhídrido maleico, anhídridos endoalquilentetrahidroftálicos alquilados, anhídrido metiltetrahidroftálico y anhídrido tetrahidroftálico, siendo las mezclas isoméricas de los dos últimos compuestos especialmente adecuadas. Se prefieren especialmente anhídrido hexahidroftálico o anhídrido metilhexahidroftálico o una mezcla de ambos.

20 Ejemplos adicionales de anhídridos carboxílicos cíclicos son anhídridos aromáticos, por ejemplo dianhídrido piromelítico, anhídrido trimelítico y anhídrido ftálico.

También es posible usar anhídridos clorados o bromados, por ejemplo anhídrido tetracloroftálico, anhídrido tetrabromoftálico, anhídrido dicloromaleico y anhídrido cloréndico.

25 El componente (g) se usa en una cantidad del 4-45% en peso, preferiblemente del 5-30% en peso y más preferiblemente del 10-20% en peso basándose en el peso total de la composición curable.

Componente (h)

30 Las composiciones usadas según la presente invención comprenden un acelerador del curado (h) seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas. El experto en la técnica conoce aceleradores adecuados. Ejemplos que pueden mencionarse son: complejos de aminas, especialmente aminas terciarias, con tricloruro de boro o trifluoruro de boro; aminas terciarias, tales como bencildimetilamina; derivados de urea, tales como N-4-clorofenil-N',N'-dimetilurea (monurona); imidazoles sustituidos o no sustituidos, tales como imidazol o 2-fenilimidazol; aceleradores de tipo base de Mannich como los aceleradores 2950 y 960-1 de Huntsman Advanced Materials, sales de metal como hidróxidos y nitratos, especialmente los de metales del grupo I y grupo II tales como calcio, litio.

40 Aceleradores preferidos son aminas terciarias, especialmente bencildimetilamina, e imidazoles (por ejemplo 1-metilimidazol).

45 Otro objeto de la presente invención es una composición para la encapsulación libre de relleno de un transformador de instrumento que comprende (a) una resina epoxídica cicloalifática, (b) un diglicidil éter de polioxialquileno, (c) un polisiloxano terminado en OH, (d) un polisiloxano cíclico y (e) un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) una carga, (g) un agente de curado de anhídrido, (h) un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas.

50 Los componentes preferidos para la composición y sus cantidades son los mismos que los enumerados para el uso de la composición.

55 Se prefiere especialmente una composición que comprende (a) una resina epoxídica cicloalifática seleccionada de éster diglicidílico del ácido hexahidroftálico sustituido con alquilo o no sustituido; (b) un diglicidil éter de polioxialquileno con 5 - 10 unidades de oxialquileno en una razón en peso de (a):(b) de 40:60 a 60:40; (c) un polidimetilsiloxano lineal terminado en OH con 10-2000 unidades de repetición de Si-O; (d) un siloxano cíclico seleccionado de dodecametilciclohexasiloxano, hexadecaciclooctasiloxano e hidrolizados de dimetildiclorosilano; (e) un surfactante no iónico, fluoroalifático seleccionado de ésteres, ésteres alcoxilados y alcoholes alcoxilados que tienen un grupo alquilo perfluorado; (f) una carga que comprende sílice; (g) un agente de curado de anhídrido seleccionado de anhídrido de ácido hexahidroftálico no sustituido o sustituido con alquilo; (h) un acelerador del curado seleccionado de aminas terciarias, aminas o imidazoles.

60 Un objeto adicional de la invención es una composición curada para la encapsulación libre de relleno de un transformador de instrumento que se obtiene del curado de una composición curable según la invención.

65 El agente de curado (g) (también denominado endurecedor) y el acelerador del curado (h) se usan en las cantidades eficaces habituales, es decir cantidades suficientes para curar las composiciones según la invención. La razón de componentes (a) y (b) con respecto a (g) y (h) depende de la naturaleza de los compuestos usados, de la velocidad

de curado requerida y de las propiedades deseadas en el producto final y puede determinarse fácilmente por el experto en la técnica. Generalmente, se usan desde 0,4 hasta 1,6 equivalentes, preferiblemente desde 0,8 hasta 1,2 equivalentes, de grupos anhídrido por equivalente de epoxi.

5 La mezcla de resina (a) a (f) y la mezcla de endurecedor que comprende el endurecedor (g) y el acelerador (h) (comprendiendo ambas estabilizadores y compuestos auxiliares adicionales) se almacenan generalmente por separado como una mezcla de dos componentes y se mezclan entre sí poco antes de su aplicación. Si la mezcla de resina (a) a (f) va a mantenerse en almacenamiento provisional antes de curarse, puede requerir un compuesto auxiliar adicional para mantener su almacenamiento estable. Compuestos auxiliares estabilizantes pueden ser emulsionantes y espesantes (ácido silícico altamente dispersado y por ejemplo dibencilidensorbitol etc.). El experto en la técnica conoce bien tales compuestos auxiliares y su uso.

15 En lugar de componente endurecedor junto con el acelerador, la mezcla de resina puede comprender un sistema iniciador para la polimerización catiónica de la resina epoxídica. Además, las mezclas curables según la presente invención pueden comprender endurecedores adicionales, por ejemplo polímeros de núcleo/corteza. Se describen endurecedores adecuados, por ejemplo, en el documento EP 449776. Se usan habitualmente en una cantidad de desde el 1 - 20% en peso, basándose en la cantidad total de resina epoxídica en la composición.

20 Además de los aditivos mencionados anteriormente, las mezclas curables también pueden comprender componentes habituales adicionales, por ejemplo antioxidantes, estabilizadores frente a la luz, retardadores de la llama, cargas que contienen agua de cristalización, plastificantes, colorantes, pigmentos, fungicidas, agentes tixotrópicos, mejoradores de la dureza, antiespumantes, antiestáticos, lubricantes, agentes antiasentamiento, agentes humectantes y agentes desmoldeantes.

25 Las composiciones según la invención pueden producirse según métodos conocidos usando cualquier aparato de mezclado conocido, por ejemplo agitadores, amasadoras, rodillos o mezcladoras en seco.

30 El curado de las mezclas según la invención se lleva a cabo de manera conocida a temperaturas de 60°C a 200°C, especialmente desde 80°C hasta 180°C.

35 Un objeto adicional es un procedimiento para encapsular un transformador de instrumento en el que una composición de resina epoxídica que comprende (a) una resina epoxídica cicloalifática, (b) un diglicidil éter de polioxialquileo, (c) un polisiloxano terminado en OH, (d) un polisiloxano cíclico y (e) un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) una carga, (g) un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas se aplica al transformador de instrumento en un molde, con la condición de que no se usa relleno entre el núcleo de hierro del transformador y la composición de resina epoxídica, y el transformador de instrumento encapsulado se cura posteriormente en el molde. Preferiblemente, el transformador de instrumento se encapsula por medio de un procedimiento de colada al vacío.

40 Preferiblemente, la colada al vacío implica las siguientes condiciones/etapas:

45 a) calentar un molde que contiene los componentes del instrumento libre de relleno preensamblados hasta 60 - 100°C y evacuarlo hasta que se alcanza una presión de aprox. 5 - 100 mbar;

b) desgasificar una composición según la reivindicación 8 a vacío,

c) transferir la composición desgasificada al molde evacuado,

50 d) liberar el vacío en el molde a presión atmosférica;

e) transferir el molde a un horno de curado y calentarlo hasta temperaturas de 80 - 140°C durante 1 - 10 horas;

55 f) enfriar el molde y liberar el transformador de instrumento libre de relleno curado, encapsulado.

En otro procedimiento preferido, el transformador se encapsula por medio de un procedimiento de gelificación a presión automática. Preferiblemente, la gelificación a presión automática implica las siguientes etapas/condiciones:

60 a) calentar los componentes preensamblados del transformador de instrumento libre de relleno hasta temperaturas de 80°C - 160°C;

b) transferir los componentes preensamblados calientes del transformador de instrumento a un molde de gelificación a presión automática y calentar esto hasta una temperatura de 100 - 160°C;

65 c) desgasificar una composición según la reivindicación 8 a vacío a una temperatura de entre 20°C y 80°C

d) inyectar una composición según la reivindicación 8 en el molde a una temperatura del molde que oscila entre 100-160°C;

e) aplicar una presión de aprox. 1 - 5 bar tras llenarse el molde

f) mantener las partes en el molde a 1 - 5 bar hasta que se curen totalmente y liberarlas después de eso; o abrir el molde cuando se ha alcanzado un grado de conversión del 90% y transferir las partes a un horno de poscurado para el curado final.

10 Un objeto adicional de la invención es un transformador obtenido mediante uno de los procedimientos descritos anteriormente.

En el siguiente ejemplo de la invención, se usan las siguientes sustancias disponibles comercialmente:

15 1) Resina epoxídica 1: éster diglicídico del ácido hexahidroftálico líquido; contenido en epoxi: de 5,6 a 6,2 eq./kg ; Araldite® CY 184", proveedor: Huntsman

2) Resina epoxídica 2: Araldite® DY 3601; diglicidil éter de polipropilenglicol; contenido en epoxi: 2,5-2,8 eq./kg; proveedor: Huntsman

20 3) Polymer FD 6; polidimetilsiloxano terminado en OH que tiene una viscosidad de 6000 mPa·s a 23°C (norma DIN: 53018); proveedor: Wacker

4) Polisiloxano cíclico: "metanolizado de dimetilo"; mezcla que comprende polisiloxanos cíclicos (≥60%), especialmente polisiloxanos cíclicos superiores; y polisiloxanos lineales; proveedor: Momentive Performance Chemicals

5) Fluorotensioactivo Novec™ FC 4430 de 3M; preparación de aditivo fluorado no iónico que contiene una sustancia surfactante registrada con el n.º CAS 1017237-78-3

6) Silbond® W 12 EST: polvo de cuarzo pretratado con epoxisilano; proveedor: Quarzwerke Frechen

7) Apyral® 2 E (ATH = trihidróxido de aluminio); proveedor: Nabaltec

8) Apyral® 60 D (ATH = trihidróxido de aluminio); proveedor: Nabaltec

9) Pasta de color gris Araldite® DW 9134; éster glicídico hexahidroftálico con pigmentos; proveedor: Huntsman

10) Byk® E 410: disolución de urea modificada; aditivo reológico; proveedor: Byk Chemie

11) Aerosil® 200; sílice pirogénica hidrófila; proveedor: Evonik

12) Acelerador DY 070: 1-metil-imidazol; proveedor: Huntsman

13) Aradur® HY 1235 BD: anhídrido hexahidroftálico y anhídrido metilhexahidroftálico; proveedor: Huntsman

14) Byk® W 9010: aditivo humectante y aditivo dispersante; copolímero con grupos ácidos; proveedor: Byk Chemie

15) Aerosil® R 202; sílice pirogénica hidrófoba; proveedor: Evonik

16) Silano Silquest® A-187; γ-glicidoxipropiltrimetoxisilano; promotor de la adhesión; proveedor: GE Silicones

Ejemplos

1. Composición curable: Ejemplo 1 (1a y 1b)

Parte de resina: 1a

Cantidad en gramos	Componentes
3800	Araldite® CY 184
100	Silan A-187
3970	Araldite® DY 3601
400	Polymer FD 6
1000	Metanolizado de dimetilo
50	Novec FC 4430

ES 2 558 165 T3

100	Byk 410
400	Araldite® DW 9134
180	Aerosil® 200
1787	Apyral® 60 D

Procedimiento de preparación para la resina:

5 Se cargan 3800 g de resina CY 184, 100 g de Silan A-187, 3970 g de DY 3601, polidimetilsiloxano terminado en OH con una viscosidad de 5000 - 7000 mPa·s a 23°C (norma DIN 53018), 1000 g de metanolizado de dimetilo, 50 g de Novac FC 4430, 100 g de Byk 410, 400 g de DW 9134 en una mezcladora Molteni equipada con un agitador Anker y un dispersador de alta velocidad. Se mezcla el contenido del recipiente a una velocidad de 50 rpm (agitador Anker) y 1500 rpm (dispersador) a 23°C y a presión atmosférica durante 15 min. Posteriormente, se añaden 180 g de Aerosil 200 en 4 porciones seguido por 5 minutos de mezclado tras cada porción a 50 rpm (agitador Anker) y 1500 rpm (dispersador) a una temperatura de 30°C y presión atmosférica. Entonces se detiene brevemente el agitador para retirar todo el material que se adhiere a la pared y las partes superiores de la mezcladora para volverlo a introducir en el recipiente. Se mezcla el contenido del recipiente a 50 rpm (agitador Anker) y 1500 rpm (dispersador) a 30°C y 10 mbar durante otros 60 min. Entonces se añaden 1787 g de Apyral 60 D a la mezcla. Se mezcla de nuevo el contenido del recipiente a 50 rpm (agitador Anker) y 1500 rpm (dispersador) a 30°C y 10 mbar durante 20 min. Finalmente se descarga el material.

Parte de endurecedor: 1 b

Cantidad en gramos	Componentes
541,16	Aradur® HY 1235
12,0	Acelerador DY 070
10,0	BYK W 9010
20	Aerosil® R 202
200	Apyral® 60 D
423,4	Apyral® 2E
793,44	Silbond® W 12 EST

20 Procedimiento de preparación para el endurecedor

Se cargan 541,16 g de Aradur HY 1235, 12 g de acelerador DY 070, 10 g de Byk W 9010 en un recipiente de 2,5 l, que puede calentarse y evacuarse, y que está equipado con una mezcladora. Se mezclan los componentes a una velocidad de 30 rpm a 23°C y presión atmosférica durante 10 min. Posteriormente, se añaden 20 g de Aerosil R 202 y se mezclan los componentes a 30 rpm a 23°C y presión atmosférica durante 5 minutos. Entonces se detiene brevemente el agitador para retirar todo el material que se adhiere a la pared y las partes superiores de la mezcladora para volverlo a introducir en el recipiente. Se mezclan los componentes con 30 rpm a 23°C y presión atmosférica durante otros 10 min. Posteriormente, se añaden 200 g de Apyral 60 D a la mezcla y se continúa el mezclado a 30 rpm a 23°C y presión atmosférica durante 10 min. Entonces se añaden 423,4 g de Apyral 2E a la mezcla y se continúa el mezclado a 30 rpm a 23°C y presión atmosférica durante 10 min. Finalmente, se cargan los 793,44 g de W12EST en la mezcladora en 4 porciones, agitando a 30 rpm, 23°C y presión atmosférica durante 5 min cada vez antes de añadir la siguiente porción. Después de eso, se mezcla la composición a una velocidad de 30 rpm a 23°C y presión atmosférica durante 25 min y luego a 5 mbar durante 10 min. Finalmente se descarga el material bajo nitrógeno.

35 Procesamiento de la parte de resina y de endurecedor

Se bombean la parte de resina (1a) y de endurecedor (1b) del ejemplo anterior por medio de un equipo de mezclado medidor a 23°C en una razón de mezclado de 1:1 en volumen (correspondiente a 100 partes en peso (pep) de resina y 155 pep de endurecedor) a través de una mezcladora estática al interior del molde, preferiblemente a vacío de aprox. 10 mbar. El molde también puede precalentarse hasta aproximadamente 80°C. Tras llenar el molde, se coloca en un horno y se cura durante 1 hora a 120°C.

45 En la tabla 1 se presentan las propiedades finales de la resina curada. La tabla 1 destaca algunas propiedades de una muestra curada del ejemplo 1 que son relevantes para la aplicación en transformadores de instrumento libres de relleno tales como el alto alargamiento a la rotura (23°C), que es una indicación de la buena resistencia a las grietas y el bajo módulo E de la prueba de tracción (23°C), que es una indicación de la baja tensión sobre las partes encapsuladas. La temperatura de transición vítrea de 15 - 25°C muestra que este material está en un estado semiflexible a temperatura ambiental.

50

ES 2 558 165 T3

Tabla 1:

Resistencia a la tracción (23°C)	Norma ISO 527	MPa	10 -15
Alargamiento a la rotura (23°C)	Norma ISO 527	%	30 -50
Módulo E de la prueba de tracción (23°C)	Norma ISO 527	MPa	150 -350
Resistencia a la tracción (-25°C)	Norma ISO 527	MPa	30 -50
Alargamiento a la rotura (-25°C)	Norma ISO 527	%	1,2 -1,7
Módulo E de la prueba de tracción (-25°C)	Norma ISO 527	MPa	6000 -7000
Resistencia a la tracción (-40°C)	Norma ISO 527	MPa	40 -60
Alargamiento a la rotura (-40°C)	Norma ISO 527	%	1,0 -1,5
Módulo E de la prueba de tracción (-40°C)	Norma ISO 527	MPa	7300 -8300
Resistencia a la tracción (-50°C)	Norma ISO 527	MPa	45 -65
Alargamiento a la rotura (-50°C)	Norma ISO 527	%	0,8 -1,3
Módulo E de la prueba de tracción (-50°C)	Norma ISO 527	MPa	7400 -8400
Temperatura de transición vítrea (DSC)	Norma ISO 11357-2	°C	15 - 25

La tabla 2 proporciona una comparación de las características básicas de tres resinas de colada usadas para la encapsulación de transformadores de instrumento.

5

Tabla 2:

Características	Ej. comparativo 1 Material de encapsulación epoxídico rígido: por ejemplo Araldite® HCEP; véase el ejemplo 1 en el documento WO 00/34388	Ej. comparativo 2 Materiales blandos según el documento DE 37 02 782, por ejemplo caucho de silicona líquida	Nuevo cicloepoxi hidrófobo semiflexible según el ejemplo 1
Libre de relleno posible	No	Sí	Sí
Esqueleto de soporte	No necesario	Necesario	No necesario
Coste del material de colada	Razonable	Alto	Razonable
Cobertura libre de huecos del metal	Puede ser crítica (dependiendo del relleno)	Adecuada	Adecuada
Resistencia al picoteo de los pájaros	Sí	No	Sí
Resistencia en la prueba de niebla salina	Buena	Crítica	Buena
Viscosidad	Baja	Alta	Muy baja
Riesgo de descarga parcial (debido a una mala impregnación)	Medio	Medio	Bajo
Precisión de medición del transformador de instrumento sin relleno	No adecuada	Adecuada	Adecuada

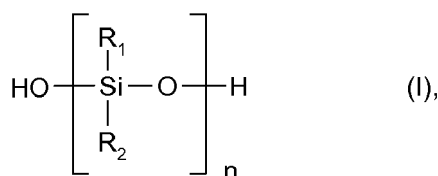
REIVINDICACIONES

1. Uso de una composición curable para encapsulación libre de relleno de transformadores de instrumento que comprende (a) una resina epoxídica cicloalifática, (b) un diglicidil éter de polioxialquileno, (c) un polisiloxano terminado en OH, (d) un polisiloxano cíclico y (e) un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) una carga, (g) un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas.

2. Uso de una composición curable según la reivindicación 1, en el que la composición comprende, basándose en el peso total de la composición (a) del 3 al 40% en peso de una resina epoxídica cicloalifática; (b) del 3 al 40% en peso de un diglicidil éter de polioxialquileno, (c) del 0,3 al 10% en peso de un polisiloxano terminado en OH, (d) del 0,3 al 10% en peso de un polisiloxano cíclico y (e) del 0,01 al 1% en peso de un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) del 1 al 80% en peso de una carga, (g) del 4 al 25% en peso de un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) del 0,1 al 2% en peso de un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas.

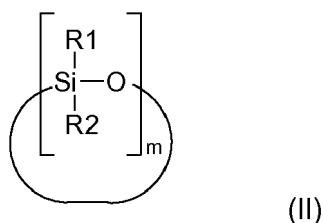
3. Uso de una composición curable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición comprende éster diglicidílico del ácido hexahidroftálico o una mezcla de éster diglicidílico del ácido hexahidroftálico con una resina epoxídica alifática como componente (a).

4. Uso de una composición curable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición comprende como componente (c) un polisiloxano de fórmula I



en la que R₁ y R₂ son cada uno independientemente entre sí alquilo C₁-C₁₈, arilo C₅-C₁₄ o aralquilo C₆-C₂₄ y n es un valor promedio de desde 3 hasta 150.

5. Uso de una composición curable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición comprende como componente (d) un polisiloxano cíclico de fórmula II



en la que R₁ y R₂ son cada uno independientemente entre sí alquilo C₁-C₁₈, arilo C₅-C₁₄ o aralquilo C₆-C₂₄ y m es un número entero de desde 3 hasta 12.

6. Uso de una composición curable según la reivindicación 7, en el que el componente (d) comprende componentes de estructura II en la que m oscila entre 3 y 8, preferiblemente 6 y 8.

7. Uso de una composición curable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición comprende como componente (e) un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático seleccionado de ésteres fluoroalifáticos, alcoholes alcoxilados fluoroalifáticos o sulfonamidas fluoroalifáticas.

8. Composición curable para encapsulación libre de relleno de un transformador de instrumento que comprende (a) una resina epoxídica cicloalifática, (b) un diglicidil éter de polioxialquileno, (c) un polisiloxano terminado en OH, (d) un polisiloxano cíclico y (e) un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) una carga, (g) un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas.

9. Composición curada para encapsulación libre de relleno de un transformador de instrumento obtenida a partir del curado de una composición curable según la reivindicación 8.

10. Procedimiento para encapsular un transformador de instrumento en el que una composición de resina epoxídica que comprende (a) una resina epoxídica cicloalifática, (b) un diglicidil éter de polioxialquileo, (c) un polisiloxano terminado en OH, (d) un polisiloxano cíclico y (e) un reactivo surfactante no iónico, fluoroalifático, (f) una carga, (g) un endurecedor seleccionado de anhídridos, (h) un acelerador del curado seleccionado de aceleradores para el curado con anhídridos de resinas epoxídicas se aplica al transformador de instrumento en un molde, con la condición de que no se usa relleno entre el núcleo de hierro del transformador y el transformador de instrumento encapsulado se cura posteriormente en el molde.
- 5
- 10 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que el transformador de instrumento se encapsula por medio de un procedimiento de colada al vacío.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la colada al vacío comprende las etapas de:
- 15 a) calentar un molde que contiene los componentes del instrumento libre de relleno preensamblados hasta 60 - 100°C y evacuarlo hasta que se alcanza una presión de aprox. 5 - 100 mbar;
- b) desgasificar una composición según la reivindicación 8 a vacío;
- 20 c) transferir la composición desgasificada al molde evacuado;
- d) liberar el vacío en el molde a presión atmosférica;
- 25 e) transferir el molde a un horno de curado y calentarlo hasta temperaturas de 80 - 140°C durante 1 - 10 horas;
- f) enfriar el molde y liberar el transformador de instrumento libre de relleno curado, encapsulado.
- 30 13. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que el transformador se encapsula por medio de un procedimiento de gelificación a presión automática.
14. Procedimiento según la reivindicación 15, en el que la gelificación a presión automática comprende las etapas de:
- 35 a) calentar los componentes preensamblados del transformador de instrumento libre de relleno hasta temperaturas de 80°C - 160°C;
- b) transferir los componentes preensamblados calientes del transformador de instrumento a un molde de gelificación a presión automática y calentar esto hasta una temperatura de 100 - 160°C;
- 40 c) desgasificar una composición según la reivindicación 8 a vacío a una temperatura de entre 20°C y 80°C
- d) inyectar una composición según la reivindicación 8 en el molde a una temperatura del molde que oscila entre 100-160°C;
- 45 e) aplicar una presión de aprox. 1 - 5 bar tras llenarse el molde
- f) mantener las partes en el molde a 1 - 5 bar hasta que se curen totalmente y liberarlas después de eso; o abrir el molde cuando se ha alcanzado un grado de conversión del 90% y transferir las partes a un horno de poscurado para el curado final.
- 50 15. Transformador de instrumento libre de relleno obtenido mediante un procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores.