

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 411 462**

51 Int. Cl.:

C08K 3/34 (2006.01)

C08K 3/36 (2006.01)

C08L 63/00 (2006.01)

H02B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2010** **E 10706200 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2013** **EP 2414444**

54 Título: **Sobremoldeo directo**

30 Prioridad:

02.04.2009 EP 09157142

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

05.07.2013

73 Titular/es:

**HUNTSMAN ADVANCED MATERIALS
(SWITZERLAND) GMBH (100.0%)
Legal Services Department - IP Klybeckstrasse
200
4057 Basel , CH**

72 Inventor/es:

**BEISELE, CHRISTIAN;
GRINDLING, JOSEF y
BAER, DANIEL**

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 411 462 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

Sobremoldeo directo

5 La presente invención se refiere a una composición curable que comprende una resina epoxídica y una composición de carga, a un producto curado obtenido curando dicha composición curable, así como al uso de los productos curados como material de construcción eléctricamente aislante para componentes eléctricos o electrónicos. Además, la presente invención se refiere al uso de una composición curable para la fabricación de componentes o piezas de un equipo eléctrico así como a un método para la fabricación de un equipo de aislamiento eléctrico.

10 Los componentes de dispositivos de conmutación están sometidos a requisitos muy rigurosos. En general, los componentes eléctricos están dotados de un revestimiento que consiste en una resina sintética eléctricamente aislante. Además de las características dieléctricas requeridas del revestimiento, son de importancia características mecánicas tales como la resistencia al impacto y la tendencia a formar grietas.

15 Un factor crítico para una resina de revestimiento para componentes eléctricos de alto rendimiento tales como transformadores o mecanismos de conmutación de vacío que funcionan en un intervalo de tensión de hasta aproximadamente 40 kV, es la resistencia a la formación de grietas durante una variación de temperatura.

20 Una indicación para la resistencia a la formación de grietas por ciclo térmico es el denominado valor de índice de formación de grietas (RI).

25 Con el fin de evitar grietas en el material de revestimiento, la técnica anterior propone que las cámaras de vacío de mecanismos de conmutación y otras piezas se instalen en las piezas moldeadas dieléctricas y se encapsulen en la carcasa de soporte de carga compuesto de una resina epoxídica. Con el fin de evitar la formación de grietas, la composición de pieza moldeada contiene polvo de carga tal como polvo de cuarzo o polvo de sílice sintético.

30 Sin embargo, el valor de índice de formación de grietas (RI) logrado por este método no es suficiente para componentes eléctricos de alto rendimiento.

Además, se han encapsulado componentes eléctricos en silicona o poliuretano o una resina de colada "blanda" para tener un tipo de amortiguador que resista las tensiones debidas al desajuste de expansiones térmicas.

35 La técnica de encapsulación significa que la cámara de conmutación de vacío y las piezas insertadas deben amortiguarse, por motivos mecánicos, por medio de un material de elastómero antes de la introducción en la resina epoxídica. Los requisitos para este material son:

alta rigidez dieléctrica y adecuada elasticidad para absorber tensiones térmicas y tensiones mecánicas.

40 El amortiguamiento elastomérico absorbe tensiones que se producen en los componentes encapsulados durante el funcionamiento debido a un desajuste de diferentes expansiones térmicas del material de encapsulamiento y el componente que va a encapsularse.

45 Sin embargo, esta tecnología requiere al menos dos etapas de procedimiento lo que es menos económico y, además, lleva tiempo.

Por tanto, se prefiere un procedimiento de moldeo en el que la resina epoxídica se aplica directamente a la cámara de vacío de un mecanismo de conmutación y que no requiera un amortiguamiento adicional.

50 El documento WO-A1-2004/090913 describe un método para la producción de piezas moldeadas para dispositivos de conmutación para aplicaciones de baja tensión, media tensión y alta tensión, en el que se introduce una mezcla de bolas de vidrio con una distribución predeterminada de diámetros de tamaño Dx en el compuesto de encapsulación, creando por tanto una encapsulación directa de componentes. Sin embargo, el método para el sobremoldeo directo de dispositivos de conmutación de conexión dado a conocer en el documento WO-A1-2004/090913 adolece de los altos costes de las esferas huecas y, además, las esferas huecas pueden destruirse parcialmente de manera mecánica durante el procedimiento de mezclado lo que reduce la eficacia.

60 Además, se da a conocer que pueden usarse cargas adicionales tales como sílice amorfa y wollastonita. Sin embargo, la solicitud no enseña que una combinación determinada de estas dos cargas será adecuada como carga para sistemas epoxídicos que van a usarse para el sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación de vacío.

65 El documento EP-A2-1 176 171 da a conocer un material dieléctrico para sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación que comprende una resina de matriz curable por calor que contiene resina epoxídica y anhídrido de ácido modificado así como partículas inorgánicas y partículas de caucho que tienen una estructura de núcleo/cubierta. Sin embargo, la combinación de partículas inorgánicas junto con partículas de caucho que tienen una estructura de núcleo/cubierta es muy cara.

El documento US-B1-6.638.567 da a conocer una composición curable que comprende:

5 (a) una resina epoxídica cicloalifática que es líquida a temperatura ambiente y, suspendida en la misma, un polímero de núcleo/cubierta;

(b) un anhídrido policarboxílico; y

10 (c) dos cargas diferentes, (c1) y (c2), siendo (c1) una carga que puede liberar agua a medida que la temperatura se eleva por encima de temperatura ambiente; (c2) es un material de refuerzo; la proporción total de las cargas (c1) y (c2) es de desde el 58 hasta el 73% en peso basado en la cantidad total de componentes (a), (b), (c1) y (c2) en la composición; y la razón en peso de las cargas (c1):(c2) está en el intervalo de desde 1:3 hasta 1:1. La composición curable puede usarse para el sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación de vacío y otros componentes eléctricos de alto rendimiento. Sin embargo, los sistemas endurecidos con polímero de núcleo-cubierta son muy caros.

20 Era un objeto de la presente invención superar los problemas asociados con los sistemas dados a conocer en la técnica anterior. Además, era un objeto proporcionar una composición curable que pueda aplicarse directamente a un alojamiento cerámico de un mecanismo de conmutación y que sea altamente resistente a la formación de grietas con los cambios de temperatura del alojamiento cerámico.

25 Sorprendentemente, se ha encontrado ahora que los problemas mencionados anteriormente pueden resolverse mediante una composición de resina epoxídica curable que comprende una combinación específica de cargas diferentes.

La primera realización de la presente invención es una composición curable que comprende

a) una resina epoxídica y

30 b) una composición de carga que comprende

i) wollastonita y

35 ii) sílice amorfa.

Un componente esencial de la composición curable según la presente invención es una composición de carga que comprende wollastonita y sílice amorfa.

40 La wollastonita un silicato de calcio acicular que se produce de manera natural de fórmula $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ que tiene tamaños de partícula en el intervalo micrométrico. La wollastonita producida artificialmente también es acicular. La wollastonita está disponible comercialmente, por ejemplo con el nombre Nyad[®] de la Nyco Company o con el nombre Tremin[®] de Quarzwerke, Alemania, por ejemplo, Tremin[®] 283-100 EST o Tremin[®] 283-600 EST.

45 Según una realización preferida, la wollastonita es un polvo que tiene preferiblemente un tamaño medio de partícula d_{50} de 1 a 100 μm , más preferiblemente desde 2 hasta 50 μm y lo más preferiblemente desde 3 hasta 25 μm determinado según la norma ISO 13320-1:1999.

50 Se prefiere además una composición curable en la que la wollastonita tiene un tamaño de partícula d_{95} de 1 a 200 μm , más preferiblemente desde 2 hasta 100 μm y lo más preferiblemente desde 5 hasta 90 μm determinado según la norma ISO 13320-1:1999.

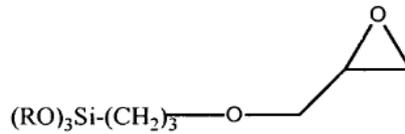
55 D_{50} se conoce como el valor medio del diámetro de partícula. Esto significa que un polvo comprende un 50% de partículas que tienen un tamaño de partícula mayor y un 50% de partículas que tienen un tamaño de partícula menor que el valor d_{50} . D_{95} significa que el 95% de las partículas tienen un tamaño de partícula menor y el 5% de las partículas tienen un tamaño de partícula mayor que el valor de d_{95} .

La wollastonita tiene preferiblemente una densidad aparente de 0,40 a 0,90 g/cm^3 , más preferiblemente desde 0,49 hasta 0,80 g/cm^3 y lo más preferiblemente desde 0,55 hasta 0,76 g/cm^3 determinada según la norma DIN 52466.

60 Se prefiere especialmente wollastonita que tiene una superficie específica BET de 2 a 5 m^2/g determinada según la norma DIN 66132.

65 La composición curable según la presente invención comprende preferiblemente wollastonita que se trata en superficie. Preferiblemente, la wollastonita se trata en superficie con un silano, preferiblemente seleccionado del grupo que consiste en aminosilano, epoxisilano, silano (met)acrílico, metilsilano y vinilsilano.

Preferiblemente, el silano se selecciona de un silano según la siguiente fórmula:



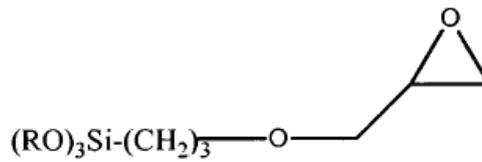
5 R = metilo o etilo

El segundo componente de carga esencial es sílice amorfa. Preferiblemente, la sílice amorfa es sílice amorfa natural o sílice fundida. Sílice fundida con un tamaño medio de partícula (d_{50}) de 10,5 μm está disponible comercialmente con el nombre Tecosil[®] de CE Minerals, Greenville, TN, EE.UU. Sílice amorfa natural está disponible con el nombre Amosil[®] de Quarzwerke, Alemania.

Según una realización preferida, la sílice amorfa tiene un tamaño medio de partícula (d_{50}) de 1 a 100 μm , más preferiblemente desde 2 hasta 50 μm y lo más preferiblemente desde 5 hasta 25 μm determinado según la norma ISO 13320-1:1999.

Preferiblemente, la sílice amorfa se trata en superficie. Preferiblemente, la sílice amorfa se trata en superficie con un silano, más preferiblemente seleccionado del grupo que consiste en aminosilano, epoxisilano, silano (met)acrílico, metilsilano y vinilsilano.

Preferiblemente el silano se selecciona de un silano según la siguiente fórmula:



R = metilo o etilo

Según una realización preferida, la composición curable según la presente invención comprende la composición de carga en la que la razón en peso de sílice amorfa con respecto wollastonita es de 10:1 a 1:10, preferiblemente de 9:1 a 1:9, más preferiblemente de 85:15 a 15:85, de manera especialmente preferida desde 70:30 hasta 30:70 y lo más preferido desde 60:40 hasta 40:60.

Preferiblemente, la composición curable comprende una composición de carga en la que la wollastonita y/o la sílice amorfa tiene un tamaño medio de partícula (d_{50}) que oscila entre 2 y 50 μm determinado según la norma ISO 13320-1:1999.

Además, se prefiere que al menos una de las cargas de la composición de carga se trate en superficie con un silano.

Se prefiere especialmente una composición curable en la que la wollastonita y/o la sílice amorfa se trate en superficie con un silano seleccionado del grupo que consiste en aminosilano, epoxisilano, silano (met)acrílico, metilsilano y vinilsilano.

Un componente esencial adicional de la composición curable según la presente invención es la resina epoxídica.

Preferiblemente, la resina epoxídica es líquida a 25°C.

Para la preparación de las composiciones según la invención, resinas epoxídicas adecuadas como componente (a) son las habituales en la tecnología de resina epoxídica. Ejemplos de resinas epoxídicas son:

l) Ésteres poliglicídicos y poli(β -metilglicídicos), que pueden obtenerse mediante la reacción de un compuesto que tiene al menos dos grupos carboxilo en la molécula con epiclorhidrina y β -metilepiclorhidrina, respectivamente. La reacción se realiza ventajosamente en presencia de bases. Pueden usarse ácidos policarboxílicos alifáticos como compuesto que tiene al menos dos grupos carboxilo en la molécula. Ejemplos de tales ácidos policarboxílicos son ácido oxálico, ácido succínico, ácido glutárico, ácido adipico, ácido pimélico, ácido subérico, ácido azelaico o ácido linoleico dimerizado o trimerizado. También es posible, sin embargo, usar ácidos policarboxílicos cicloalifáticos, por ejemplo ácido hexahidroftálico o ácido 4-metilhexahidroftálico. También pueden usarse ácidos policarboxílicos aromáticos, por ejemplo ácido ftálico, ácido isoftálico o ácido tereftálico, así como ácidos policarboxílicos aromáticos parcialmente hidrogenados tales como ácido tetrahydroftálico o ácido 4-metiltetrahydroftálico.

II) Poliglicidil o poli(β -metilglicidil) éteres, que pueden obtenerse mediante la reacción de un compuesto que tiene al menos dos grupos hidroxilo fenólicos y/o grupos hidroxilo alcohólicos libres con epiclorhidrina o β -metilepiclorhidrina en condiciones alcalinas o en presencia de un catalizador ácido con posterior tratamiento alcalino. Los éteres de glicidilo de este tipo se derivan, por ejemplo, de alcoholes acíclicos, por ejemplo de etilenglicol, dietilenglicol o polioxietilenglicoles superiores, propano-1,2-diol o polioxipropilenglicoles, propano-1,3-diol, butano-1,4-diol, polioxitetrametilenglicoles, pentano-1,5-diol, hexano-1,6-diol, hexano-2,4,6-triol, glicerol, 1,1,1-trimetilolpropano, pentaeritrol, sorbitol, y además de poliepiclorhidrinas. Glicidil éteres de este tipo se derivan de alcoholes cicloalifáticos, tales como 1,4-ciclohexanodimetanol, bis(4-hidroxiciclohexil)metano o 2,2-bis(4-hidroxiciclohexil)propano, o de alcoholes que contienen grupos aromáticos y/o grupos funcionales adicionales, tales como N,N-bis(2-hidroxietil)anilina o p,p'-bis(2-hidroxietilamino)difenilmetano. Los glicidil éteres también pueden basarse en fenoles mononucleares, por ejemplo resorcinol o hidroquinona, o en fenoles polinucleares, por ejemplo bis(4-hidroxifenil)metano, 4,4'-dihidroxibifenilo, bis(4-hidroxifenil)sulfona, 1,1,2,2-tetrakis(4-hidroxifenil)etano, 2,2-bis(4-hidroxifenil)propano o 2,2-bis(3,5-dibromo-4-hidroxifenil)propano. Compuestos hidroxilo adicionales que son adecuados para la preparación de glicidil éteres son novolacas, que pueden obtenerse mediante condensación de aldehídos, tales como formaldehído, acetaldehído, cloral o furfuraldehído, con fenoles o bisfenoles que están sustituidos o no sustituidos con átomos de cloro o con grupos alquilo C₁-C₉, por ejemplo fenol, 4-clorofenol, 2-metilfenol o 4-terc-butilfenol.

III) Compuestos de poli(N-glicidilo), que pueden obtenerse mediante deshidrocloración de los productos de reacción de epiclorhidrina con aminas que contienen al menos dos átomos de hidrógeno de amina. Tales aminas son, por ejemplo, anilina, n-butilamina, bis(4-aminofenil)metano, m-xililendiamina o bis(4-metilaminofenil)metano. Sin embargo, los compuestos de poli(N-glicidilo) también incluyen, isocianurato de triglicidilo, derivados de N,N'-diglicidilo de cicloalquilenureas, tales como etilenurea o 1,3-propilenurea y derivados de diglicidilo de hidantoínas, tales como de 5,5-dimetilhidantoína.

IV) Compuestos de poli(S-glicidilo), por ejemplo derivados de di-S-glicidilo, derivados de ditioles, por ejemplo etano-1,2-ditioil o bis(4-mercaptometilfenil) éter.

V) Resinas epoxídicas cicloalifáticas, por ejemplo bis(2,3-epoxiciclopentil) éter, 2,3-epoxiciclopentilglicidil éter, 1,2-bis(2,3-epoxiciclopentiloxi)etano o 3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxiciclohexilmetilo.

Sin embargo, también es posible usar resinas epoxídicas en las que los grupos 1,2-epoxi se unen a diferentes heteroátomos o grupos funcionales; tales compuestos incluyen, por ejemplo, el derivado de N,N,O-triglicidilo de 4-aminofenol, el éster glicídico y glicidil éter de ácido salicílico, N-glicidil-N'-(2-lícidiloxipropil)-5,5-dimetilhidantoína y 2-glicidiloxi-1,3-bis(5,5-dimetil-1-glicidilhidantoin-3-il)propano.

Las composiciones según la invención son sistemas de resina de viscosidad de moderada a relativamente alta que pueden curarse completamente con calor. En el estado curado son materiales termoendurecibles de rigidez relativamente alta que tienen una temperatura de transición vítrea de desde aproximadamente 80 hasta 140°C. El término "resina epoxídica cicloalifática" en el contexto de esta invención indica cualquier resina epoxídica que tiene unidades estructurales cicloalifáticas, es decir incluye tanto compuestos de glicidilo cicloalifáticos como compuestos de β -metilglicidilo así como resinas epoxídicas basadas en óxidos de cicloalquileno. Ha de entenderse que "líquido a temperatura ambiente (TA)" significa compuestos verticales que son líquidos a 25°C., es decir son de viscosidad de baja a media (viscosidad inferior a aproximadamente 20.000 mPa·s determinada con un equipo Rheomat, tipo 115; MS DIN 125; D = 11/s a 25°C).

Compuestos de β -metilglicidilo y compuestos de glicidilo cicloalifáticos adecuados son los ésteres glicídicos y ésteres β -metilglicídicos 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-dihidroxiciclohexano, 1,3-dihidroxiciclohexano y 1,4-dihidroxiciclohexano, 1,4-ciclohexanodimetanol, 1,1-bis(hidroximetil)ciclohex-3-eno, bis(4-hidroxiciclohexil)metano, 2,2-bis(4-hidroxiciclohexil)propano y bis(4-hidroxiciclohexil)sulfona.

Ejemplos de resinas epoxídicas que tienen estructuras de óxido de cicloalquileno son bis(2,3-epoxiciclopentil) éter, 2,3-epoxiciclopentilglicidil éter, 1,2-bis(2,3-epoxiciclopentil)etano, dióxido de vinilciclodihexeno, 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 bis(4-hidroxiciclohexil)metanodiglicidil éter, 2,2-bis(4-hidroxiciclohexil)propanodiglicidil éter, éster diglicídico del ácido tetrahidroftálico, éster diglicídico del ácido 4-metiltetrahidroftálico, éster diglicídico del ácido 4-metilhexahidroftálico, 3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxiciclohexilmetilo y especialmente éster diglicídico del ácido hexahidroftálico.

También pueden usarse resinas epoxídicas alifáticas. Como "resinas epoxídicas alifáticas" es posible usar 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.

Por ejemplo, son adecuados los 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 euforbias, aceite de cacahuete, aceite de oliva, aceite de hueso de aceituna, aceite de almendra, aceite de capoc, 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 alacha, aceite de ballena, aceite de bogol y derivados de los mismos.

También son adecuados derivados insaturados superiores que pueden obtenerse mediante reacciones de deshidrogenación posteriores de estos aceites.

Los dobles enlaces olefínicos de los radicales de ácidos grasos insaturados de los compuestos mencionados anteriormente pueden epoxidarse según métodos conocidos, por ejemplo mediante la 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, pueden usarse tanto los aceites completamente epoxidados como los derivados parcialmente epoxidados que todavía contienen dobles enlaces libres para el componente (a).

Se da preferencia al uso de aceite de soja epoxidado y aceite de linaza epoxidado.

También pueden usarse mezclas de resinas epoxídicas I) a V) mencionadas anteriormente. La composición curable según la presente invención comprende preferiblemente un éster glicídico o glicidil éter cicloalifático o aromático sólido o líquido a 25°C, de manera especialmente preferible el diglicidil éter o éster diglicídico de bisfenol A o bisfenol F. También pueden obtenerse resinas epoxídicas preferidas mediante la reacción de poliglicidil éter y éster poliglicídico con alcoholes, tales como dioles. La reacción con dioles aumenta el peso molecular.

Se prefiere especialmente una resina epoxídica que es glicidil éter de bisfenol A que se hace reaccionar con menos de una cantidad equimolar de bisfenol A.

Según una realización preferida, la composición curable comprende una resina epoxídica seleccionada del grupo que consiste en éster poliglicídico, éster poli(β -metilglicídico), poliglicidil éter, poli(β -metilglicidil) éter y mezclas de los mismos.

Preferiblemente, la composición curable según la presente invención comprende una resina epoxídica cicloalifática que se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en bis(4-hidroxiciclohexil)metanodiglicidil éter, 2,2-bis(4-hidroxiciclohexil)-propanodiglicidil éter, éster diglicídico del ácido tetrahidroftálico, éster diglicídico del ácido 4-metiltetrahidroftálico, éster diglicídico del ácido 4-metilhexahidroftálico, 3',4'-epoxiciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxiciclohexilmetilo y éster diglicídico del ácido hexahidroftálico .

Preferiblemente, la composición curable comprende adicionalmente un endurecedor, más preferiblemente un endurecedor de anhídrido.

Más preferiblemente, la composición comprende adicionalmente un anhídrido de un ácido policarboxílico.

El endurecedor de anhídrido puede ser anhídridos poliméricos alifáticos lineales, por ejemplo polianhídrido polisebácico o polianhídrido poliazelaico, o anhídridos carboxílicos cíclicos.

Se prefieren especialmente anhídridos carboxílicos cíclicos.

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 especialmente adecuadas las mezclas isoméricas de los dos últimos compuestos.

Preferiblemente, el endurecedor es un endurecedor de anhídrido que se selecciona más preferiblemente del grupo

que consiste en anhídrido metiltetrahidroftálico; anhídrido metil-4-endometilentetrahidroftálico; anhídrido metilhexahidroftálico; anhídrido tetrahidroftálico.

5 Más preferiblemente, el endurecedor de anhídrido es un anhídrido de poliéster que puede obtenerse mediante la reacción de un dianhídrido con una cantidad menos equimolar de dioles.

Se prefiere especialmente el producto de reacción de anhídrido metiltetrahidroftálico con polietilenglicol que está disponible comercialmente con el nombre XB 5993 ex Huntsman, Suiza.

10 Las composiciones según la invención comprenden opcionalmente un acelerador de curado como componente adicional. 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;

15 aminas terciarias, tales como bencildimetilamina;

derivados de urea, tales como N-4-clorofenil-N',N'-dimetilurea (monurón);

20 imidazoles sustituidos o no sustituidos, tales como imidazol o 2-fenilimidazol.

Aceleradores preferidos son aminas terciarias, especialmente bencildimetilamina, e imidazoles (por ejemplo 1-metilimidazol) para las composiciones mencionadas anteriormente que comprenden aceites epoxidados.

25 Se usan agentes de curado y, cuando sea aplicable, aceleradores, en las cantidades eficaces habituales, es decir cantidades suficientes para curar las composiciones según la invención. La razón de los componentes sistema de resina/endurecedor/acelerador 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 epoxídico.

30 Los aceleradores de curado se usan habitualmente en cantidades de desde 0,1 hasta 20 partes en peso por 100 partes en peso de resina(s) epoxídica(s).

35 La composición curable según la presente invención puede comprender adicionalmente aditivos adicionales, tales como flexibilizadores, agentes antisedimentación, agentes de color, antiespumantes, estabilizadores de luz, agentes de desmoldeo, agentes de endurecimiento, promotores de adhesión, retardadores de la llama y aceleradores de curado.

40 La composición curable según la presente invención puede usarse para la fabricación de componentes o piezas de un equipo eléctrico.

45 Por tanto, una realización adicional de la presente invención es el uso de la composición curable según la presente invención para la fabricación de componentes o piezas de un equipo eléctrico. Preferiblemente, el componente eléctrico se selecciona del grupo que consiste en transformadores, casquillos, aislantes, conmutadores, sensores, convertidores y sellados de extremos de cables. Preferiblemente, la composición curable se usa para el sobremoldeo directo de una cámara de vacío de un mecanismo de conmutación.

50 Las composiciones curables según la presente invención se curan preferiblemente con calor. Los productos curados obtenidos demuestran sorprendentemente excelentes propiedades mecánicas, en particular en cuanto a resistencia a la formación de grietas por ciclo térmico.

Por tanto, una realización adicional de la presente invención es un producto curado que puede obtenerse curando una composición curable según la presente invención.

55 Los productos curados según la presente invención se usan preferiblemente como material de construcción eléctricamente aislante para componentes eléctricos o electrónicos, más preferiblemente para cámaras de vacío de mecanismos de conmutación.

60 Una realización adicional de la presente invención es un método para la fabricación de un equipo de aislamiento eléctrico que comprende las etapas de:

a) aplicar una composición curable según la presente invención al alojamiento de componentes eléctricos; y

b) curar la composición curable.

65 Una realización preferida de la presente invención es un método para la fabricación de un aislamiento eléctrico para

un mecanismo de conmutación que comprende las etapas de:

a) aplicar una composición curable según la presente invención a un alojamiento cerámico de un mecanismo de conmutación; y

b) curar la composición curable.

La composición curable según la presente invención se usa preferiblemente para el sobremoldeo directo de un alojamiento cerámico de una cámara de vacío de un mecanismo de conmutación. Por tanto, según una realización preferida del método según la presente invención, la composición curable se aplica directamente al alojamiento cerámico del mecanismo de conmutación. Dentro del significado de la presente solicitud, aplicar directamente significa que la composición curable se aplica directamente sobre la superficie cerámica sin separarse por una capa de amortiguación flexible.

Según una realización preferida del método según la presente invención, la composición curable según la presente invención se aplica a, preferiblemente se inyecta en, una forma precalentada que contiene el alojamiento cerámico del mecanismo de conmutación.

La forma precalentada tiene preferiblemente una temperatura que oscila entre 130 y 160°C. Se prefiere adicionalmente que la composición curable se cure con calor, preferiblemente a una temperatura que oscila entre 130 y 160°C. En general, la composición curable se cura durante al menos 10 minutos, preferiblemente de 10 a 60 minutos.

El método según la presente invención comprende preferiblemente las etapas de

a) inyectar la composición curable en una forma precalentada que tiene una temperatura que oscila entre 130 y 160°C y conteniendo dicha forma un alojamiento cerámico de un mecanismo de conmutación

b) al menos curar parcialmente la composición curable

c) retirar la forma y

d) curar posteriormente de manera opcional la composición curable.

Se prefiere particularmente que la composición curable esté en contacto directo con la superficie del alojamiento cerámico del mecanismo de conmutación.

Ejemplos

Tabla 1: Materiales de partida usados en los ejemplos

XB 5992 [®]	Resina epoxídica de bisfenol A líquida, modificada, poco viscosa con un equivalente epoxídico de 4,9 - 5,1 eq/kg. Proveedor: Huntsman, Suiza
XB 5993 [®]	Agente de curado de anhídrido líquido, modificado, pre-acelerado. Proveedor: Huntsman, Suiza
Bayferrox [®] 225	Agente de color de pigmento de óxido de hierro. Proveedor: Bayer, Alemania
Tecosil [®] 44i	Sílice fundida con un tamaño medio de partícula (d ₅₀) de 10,5 micrómetros. Proveedor: CE Minerals, Greeneville, TN, EE.UU.
Amosil [®] 520	AMOSIL [®] 520 se produce a partir de sílice amorfa natural mediante trituración con posterior separación con aire. Tamaño medio de partícula (d ₅₀): 21 micrómetros. Proveedor: Quarzwerke, Alemania
Tremin [®] 283-100 EST	Wollastonita tratada en superficie con epoxisilano con un tamaño medio de partícula (d ₅₀) de 8 micrómetros. Proveedor: Quarzwerke, Alemania
Tremin [®] 283-600 EST	Wollastonita tratada en superficie con epoxisilano con un tamaño medio de partícula (d ₅₀) de 3,5 micrómetros. Proveedor: Quarzwerke, Alemania

1. Ejemplo comparativo C1 (sólo sílice fundida Tecosil[®] 44i)

Se mezclan en un recipiente de acero que puede calentarse, 100 g de XB 5992[®] con 90 g de XB 5993[®] y se calienta la mezcla mientras se agita levemente con un agitador de hélice hasta aproximadamente 60°C durante aproximadamente 5 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se añaden 2 g de Bayferrox[®] 225 y se enciende de nuevo la mezcladora durante aproximadamente 1 min. Posteriormente, mientras se agita, se añaden 342 g de

ES 2 411 462 T3

Tecosil[®] 44i en porciones y se calienta la mezcla hasta 60°C con agitación durante aproximadamente 10 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se desgasifica cuidadosamente el recipiente aplicando vacío durante aproximadamente 1 minuto.

5 Se usa una pequeña parte de la mezcla para medir la viscosidad a 60°C con un equipo Rheomat (tipo 115, MS DIN 125 D = 11/s). Se vierte la mayor parte de la mezcla en un molde de acero caliente a 140°C para preparar placas para la determinación de las propiedades (4 mm de espesor). Se coloca entonces el molde en un horno durante 30 minutos a 140°C. Tras curar térmicamente el molde, se extrae el molde del horno y se enfrían las placas hasta temperatura ambiente (25°C).

10 2. Ejemplo comparativo C2 (sólo wollastonita: Tremin[®] 283-100 EST)

15 Se mezclan en un recipiente de acero que puede calentarse 100 g de XB 5992[®] con 90 g de XB 5993[®] y se calienta la mezcla mientras se agita levemente con un agitador de hélice hasta aproximadamente 60°C durante aproximadamente 5 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se añaden 2 g de Bayferrox[®] 225 y se enciende de nuevo la mezcladora durante aproximadamente 1 min. Posteriormente, mientras se agita, se añaden 342 g de Tremin[®] 283-100 EST en porciones y se calienta la mezcla hasta 60°C con agitación durante aproximadamente 10 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se desgasifica cuidadosamente el recipiente aplicando vacío durante aproximadamente 1 minuto. Se usa una pequeña parte de la mezcla para medir la viscosidad a 60°C con un equipo Rheomat (tipo 115, MS DIN 125 D = 11/s).

20 Se vierte la mayor parte de la mezcla en un molde de acero caliente a 140°C para preparar placas para la determinación de las propiedades (4 mm de espesor). Se coloca entonces el molde en un horno durante 30 minutos a 140°C. Tras curar térmicamente el molde, se extrae el molde del horno y se enfrían las placas hasta temperatura ambiente (25°C).

25 3. Ejemplo 1 según la invención (el 50% de Tecosil[®] 44i + el 50% de Tremin[®] 283-100 EST)

30 Se mezclan en un recipiente de acero que puede calentarse 100 g de XB 5992[®] con 90 g de XB 5993[®] y se calienta la mezcla mientras se agita levemente con un agitador de hélice hasta aproximadamente 60°C durante aproximadamente 5 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se añaden 2 g de Bayferrox[®] 225 y se enciende de nuevo la mezcladora durante aproximadamente 1 min. Posteriormente, mientras se agita, se añaden 171 g de Tremin[®] 283-100 EST y 171 g de Tecosil[®] 44i en porciones y se calienta la mezcla hasta 60°C con agitación durante aproximadamente 10 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se desgasifica cuidadosamente el recipiente aplicando vacío durante aproximadamente 1 minuto.

35 Se usa una pequeña parte de la mezcla para medir la viscosidad a 60°C con un equipo Rheomat (tipo 115, MS DIN 125 D = 11/s).

40 Se vierte la mayor parte de la mezcla en un molde de acero caliente a 140°C para preparar placas para la determinación de las propiedades (4 mm de espesor). Se coloca entonces el molde en un horno durante 30 minutos a 140°C. Tras curar térmicamente el molde, se extrae el molde del horno y se enfrían las placas hasta temperatura ambiente (25°C).

45 4. Ejemplo comparativo C3 (sólo sílice naturalmente amorfa Amosil[®] 520)

50 Se mezclan en un recipiente de acero que puede calentarse 100 g de XB 5992[®] con 90 g de XB 5993[®] y se calienta la mezcla mientras se agita levemente con un agitador de hélice hasta aproximadamente 60°C durante aproximadamente 5 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se añaden 2 g de Bayferrox[®] 225 y se enciende de nuevo la mezcladora durante aproximadamente 1 min. Tras eso, mientras se agita, se añaden 342 g de Amosil[®] 520 en porciones y se calienta la mezcla hasta 60°C con agitación durante aproximadamente 10 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se desgasifica cuidadosamente el recipiente aplicando vacío durante aproximadamente 1 minuto.

55 Se usa una pequeña parte de la mezcla para medir la viscosidad a 60°C con un equipo Rheomat (tipo 115, MS DIN 125 D = 11/s).

60 Se vierte la mayor parte de la mezcla en un molde de acero caliente a 140°C para preparar placas para la determinación de las propiedades (4 mm de espesor). Se coloca entonces el molde en un horno durante 30 minutos a 140°C. Tras curar térmicamente el molde, se extrae el molde del horno y se enfrían las placas hasta temperatura ambiente (25°C).

65 5. Ejemplo comparativo C4 (sólo wollastonita: Tremin[®] 283-600 EST)

Se mezclan en un recipiente de acero que puede calentarse 100 g de XB 5992[®] con 90 g de XB 5993[®] y se calienta la mezcla mientras se agita levemente con un agitador de hélice hasta aproximadamente 60°C durante

ES 2 411 462 T3

- aproximadamente 5 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se añaden 2 g de Bayferrox[®] 225 y se enciende de nuevo la mezcladora durante aproximadamente 1 min. Posteriormente, mientras se agita, se añaden 342 g de Tremin[®] 283-600 EST en porciones y se calienta la mezcla hasta 60°C con agitación durante aproximadamente 10 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se desgasifica cuidadosamente el recipiente aplicando vacío durante aproximadamente 1 minuto.
- 5 Se usa una pequeña parte de la mezcla para medir la viscosidad a 60°C con un equipo Rheomat (tipo 115, MS DIN 125 D = 11/s).
- 10 Se vierte la mayor parte de la mezcla en un molde de acero caliente a 140°C para preparar placas para la determinación de las propiedades (4 mm de espesor). Se coloca entonces el molde en un horno durante 30 minutos a 140°C. Tras curar térmicamente el molde, se extrae el molde del horno y se enfrían las placas hasta temperatura ambiente (25°C).
- 15 6. Ejemplo 2 según la invención (el 85% de Amosil[®] + el 15% de Tremin[®] 283-600 EST)
- Se mezclan en un recipiente de acero que puede calentarse 100 g de XB 5992[®] con 90 g de XB 5993[®] y se calienta la mezcla mientras se agita levemente con un agitador de hélice hasta aproximadamente 60°C durante aproximadamente 5 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se añaden 2 g de Bayferrox[®] 225 y se enciende de nuevo la mezcladora durante aproximadamente 1 min. Posteriormente, mientras se agita, se añaden 51,3 g de Tremin[®] 283-600 EST y 290,7 g de Amosil[®] 520 en porciones y se calienta la mezcla hasta 60°C con agitación durante aproximadamente 10 minutos. Se detiene entonces la mezcladora y se desgasifica cuidadosamente el recipiente aplicando vacío durante aproximadamente 1 minuto.
- 20 Se usa una pequeña parte de la mezcla para medir la viscosidad a 60°C con un equipo Rheomat (tipo 115, MS DIN 125 D = 11/s).
- 25 Se vierte la mayor parte de la mezcla en un molde de acero caliente a 140°C para preparar placas para la determinación de las propiedades (4 mm de espesor). Se coloca entonces el molde en un horno durante 30 minutos a 140°C. Tras curar térmicamente el molde, se extrae el molde del horno y se enfrían las placas hasta temperatura ambiente (25°C).
- 30 Las cantidades a las que se hace referencia en las tablas que siguen se facilitan en partes por peso.
- 35 Se acondicionaron todas las especies de prueba a 23°C y una humedad relativa del 50% durante 48 horas.

Tabla 2

Componentes		Ejemplo comparativo C1	Ejemplo comparativo C2	Ejemplo 1 (según la invención)	Promedio (C1; C2)	Efecto más allá del promedio
XB 5992 [®]		100	100	100		
XB 5993 [®]		90	90	90		
Bayferrox [®] 225		2	2	2		
Quarzgutmehl CE (Tecosil [®] 44i)		342	-	171		
Wollastonita Tremin [®] 283-100 EST		-	342	171		
Viscosidad a 60°C ¹⁾	Pa s	29,0	28,5	20,0	28,8	30%
Resistencia a la tracción ²⁾	MPa	83	84	90	83,5	8%
Alargamiento a la rotura ³⁾	%	1,0	0,9	1,1	1,0	16%
Resistencia a la flexión ⁴⁾	MPa	114	120	135	117,0	15%
Deformación de la fibra ⁵⁾	%	1,1	1,2	1,2	1,2	4%
K _{1c} ⁶⁾	MPa/m ²	2,0	2,7	2,7	2,4	15%
G _{1c} ⁷⁾	J/m ²	298	565	475	431,5	10%
CET (por debajo de T _g) ⁸⁾	ppm/K	29,9	31,7	28,6	30,8	

ES 2 411 462 T3

Tg ejecución) ⁹⁾ (1 ^a	°C	104	100	98	102,0	
RI = f(T _g , CET, G _{1c} , alargamiento) ¹⁰⁾	°C	-50	-65	-97	-60	62%

Tabla 3

		Ejemplo comparativo C3	Ejemplo comparativo C4	Ejemplo 2 según la invención	Esperado 3-4	Efecto más allá del esperado
XB 5992 [®]		100	100	100		
XB 5993 [®]		90	90	90		
Bayferrox [®] 225		2	2	2		
Amosil [®] 520		342	-	290,7		
Wollastonita Tremin [®] 283-600 EST		-	342	51,3		
Viscosidad a 60°C ¹⁾	Pa s	7,6	demasiado alta	8,6	10,0	14%
Resistencia a la tracción ²⁾	MPa	80	n.m	86	80,0	8%
Alargamiento a la rotura ³⁾	%	0,9	n.m	1,1	0,9	22%
Resistencia a la flexión ⁴⁾	MPa	108	n.m	128	108,0	19%
Deformación de la fibra ⁵⁾	%	1,0	n.m	1,1	1,0	10%
K _{1c} ⁶⁾	MPa/m ²	2,1	n.m	2,4	2,2	9%
G _{1c} ⁷⁾	J/m ²	335	n.m	441	335,0	32%
CET (por debajo de T _g) ⁸⁾	ppm/K	27,5	n.m	25,7	27,5	
Tg ejecución) ⁹⁾ (1 ^a	°C	102	n.m	105	102,0	
RI = f(T _g , CET, G _{1c} , alargamiento) ¹⁰⁾	°C	-76		-131	-76	71%
n.m.: no medido						
¹⁾ determinada a 60°C con un equipo Rheomat (tipo 115, MS DIN 125; D = 11/s)						
²⁾ según la norma ISO 527-1 (1993), tipo de muestra de prueba B (190 x 20,5 x 4 mm); velocidad de prueba: 1,00 mm/min.						
³⁾ según la norma ISO 527-1 (1993), tipo de muestra de prueba B (190 x 20,5 x 4 mm); velocidad de prueba: 1,00 mm/min.						
⁴⁾ determinado según la norma ISO 178, dimensión de la muestra de prueba: 80 x 10 x 4 mm; velocidad de prueba: 2,00 mm/min.						
⁵⁾ determinado según la norma ISO 178, dimensión de la muestra de prueba: 80 x 10 x 4 mm; velocidad de prueba: 2,00 mm/min.						
^{6),7)} tenacidad a la fractura determinada en valores de K _{1c} y G _{1c} , determinada según PM 216, dimensión de las muestras de prueba: 80 x 34 x 4 mm; velocidad de prueba: 0,50 mm/min.						
⁸⁾ CET = Coeficiente de expansión térmica determinado según la norma ISO 11359-2:1999, intervalo: de 20 a 60°C						
⁹⁾ determinado según la norma ISO 11359-2:1999, 10-20 mg; cambio de temperatura: 10,0 K/min., dimensión de muestras rápidas: 50 x 4 x 4 mm; cambio de temperatura: 2 K/min.						
¹⁰⁾ RI = índice de formación de grietas						

5 El índice de formación de grietas facilitado en las tablas 2 y 3 es una función de diferentes parámetros mecánicos, pudiendo influir todos ellos en el comportamiento de formación de grietas en el caso de tensión provocada por cambios en la temperatura, combinados para formar una única variable, el denominado índice de formación de grietas. El índice de formación de grietas permite que se realice más fácilmente una comparación objetiva de las calidades mecánicas de diferentes sistemas.

10 Las siguientes afirmaciones cualitativas, que se refieren a los efectos de cambios en parámetros individuales sobre el comportamiento frente a la variación de temperatura, pueden derivarse empíricamente:

1. A mayor valor de T_g , menor será el comportamiento frente a la variación de temperatura.
2. A menor valor de G_{1c} , menor será el comportamiento frente a la variación de temperatura.
3. A menor valor de alargamiento, menor será el comportamiento frente a la variación de temperatura.
4. A mayor coeficiente de expansión (CET), menor será el comportamiento frente a la variación de temperatura.

5
10 Sin embargo, cuando se cambian simultáneamente varios parámetros ya no es posible hacer afirmaciones cualitativas sobre el comportamiento frente a la variación de temperatura resultante. Cuando, por ejemplo, tanto el valor de T_g y como el valor de G_{1c} aumentan pero disminuye el valor de CET, ya no es posible hacer predicciones en cuanto a qué comportamiento frente a la variación de temperatura ha de esperarse.

15 En Ciba Spezialitätenchemie, evaluaciones estadísticas de valores de medición usando un gran número de sistemas extremadamente variados han conducido a una fórmula para calcular una nueva variable, el denominado índice de formación de grietas, fórmula que es extremadamente útil desde el punto de vista de tecnología de aplicación. Al usar esta variable es posible ahora, incluso en el caso de múltiples cambios, hacer afirmaciones referentes a qué comportamiento frente a la variación de temperatura resultante ha de esperarse.

20 La fórmula es tal como sigue:

$$RI = 498,08 \cdot Z^{0,18480890} \cdot G^{0,194114601} \cdot (A - 18)^{-0,391334273} \cdot T^{-0,158387791} + 224,25$$

25 en la que: RI=índice de formación de grietas; Z= alargamiento a la tracción en %; $G=G_{1c}$ en J/m^2 ; A=coeficiente de expansión en ppm/K y $T=T_g$ en $^{\circ}C$.

Al usar esta fórmula, una disminución en el valor de índice de formación de grietas indica una mejora en la resistencia a la variación de temperatura que ha de esperarse. El índice de formación de grietas se correlaciona muy bien con la temperatura de agrietamiento promedio en $^{\circ}C$, que puede determinarse en un ensayo de agrietamiento práctico. Esa temperatura de agrietamiento y por tanto también el índice de formación de grietas proporcionan una indicación de la temperatura más allá de la que es probable que se formen grietas (provocadas por la tensión en el caso de fluctuaciones de temperatura y diferencias en los coeficientes de expansión del compuesto de encapsulamiento e inserción de metal).

35 Discusión de los resultados

Comparación en la tabla 2 de los ejemplos comparativos C1 y C2 con el ejemplo 1 según la invención:

40 a) Aspectos de viscosidad

Composiciones con o bien sólo carga de Tecosil[®] 44i (con el fin de obtener un bajo CET) o bien sólo wollastonita Tremin[®] 283-100 EST (con el fin de obtener buena tenacidad = altos K_{1c} y G_{1c}) no son una solución adecuada para el problema que va a solucionarse, puesto que ambos sistemas (ejemplos comparativos C1 y C2) demuestran viscosidades que son demasiado altas. A partir de una mezcla 1:1 de C1 y C2 podría esperarse en principio obtener los valores facilitados en la columna "promedio (C1; C2)". Es obvio, que también la viscosidad esperada de la mezcla sería demasiado alta para el objeto de la invención (la provisión de un sistema de colada para el sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación de vacío). Por tanto, resultó inesperado encontrar que la viscosidad del ejemplo 1 (que es en principio una mezcla 1:1 de C1 y C2) fuera muy baja y por tanto aplicable para la aplicación deseada.

50 b) Aspectos mecánicos

La resistencia a la tracción de C1 y C2 son casi las mismas y esto también se esperaría para la mezcla. Sin embargo, el ejemplo 1 conduce incluso a una resistencia a la tracción un 8% superior que la esperada cuando se calcula el promedio.

El comportamiento de la resistencia a la flexión está en línea con esta observación y es un 15% superior que la que se esperaría.

60 Ejemplo comparativo C2, el sistema con wollastonita.

Debido a la carga con forma de aguja se esperan altos valores para K_{1c} y G_{1c} . Sin embargo, la alta tenacidad observada es aún insuficiente para conducir a un índice de formación de grietas "RI" global muy bajo. El ejemplo comparativo C2 conduce sólo a un índice de formación de grietas "RI" de $-65^{\circ}C$. Experiencias prácticas mostraron

65

que un valor de aproximadamente -100°C es necesario habitualmente para resistir las tensiones que se producen en el sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación de vacío. Por tanto, C2 no sería adecuado para el sobremoldeo directo de un mecanismo de conmutación de vacío.

5 El ejemplo comparativo C1 es el sistema que contiene sólo sílice fundida. El valor de CET es inferior que en C2 pero los valores de K_{1c} y G_{1c} son inferiores que para la composición según el ejemplo comparativo C2 que comprende wollastonita. Teniendo en cuenta todos los valores, C1 sólo conduce a una temperatura de agrietamiento de -50°C , que no es demasiado alta para el sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación de vacío.

10 Se encontró sorprendentemente que la combinación 1:1 de C1 y C2 no conduce a un K_{1c} promedio tal como se esperaba, sino a valores mucho más grandes. Sorprendentemente, se ha encontrado que la composición curable tal como se definió en el ejemplo 1 conduce a una temperatura de agrietamiento de -97°C , que es suficiente para el sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación de vacío. Esta baja temperatura de agrietamiento es un 62% mejor (=inferior) que la temperatura calculada basándose en los valores mecánicos promedio para la mezcla de
15 ambas formulaciones.

Comparación en la tabla 3 de los ejemplos comparativos C3 y C4 con el ejemplo 2 de la invención:

20 a) Aspectos de viscosidad

La composición según el ejemplo comparativo C3 comprende sólo sílice amorfa natural como carga. La viscosidad determinada es suficientemente baja para el sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación.

25 La composición según el ejemplo comparativo C4 comprende sólo la carga de wollastonita. La viscosidad de dicha composición es demasiado alta y, como consecuencia, fue imposible de medir la viscosidad. La alta viscosidad hace que la composición según C4 no sea adecuada para aplicaciones de sobremoldeo directo.

Ya que este tipo de wollastonita disminuye drásticamente la viscosidad, se encontró sorprendentemente que la
30 sustitución del 15% en peso de la sílice por wollastonita sólo tenía un ligero efecto sobre la viscosidad.

b) Aspectos mecánicos:

35 La composición del ejemplo comparativo C3 conduce a propiedades mecánicas similares que la composición según C1. La temperatura de agrietamiento RI determinada para la composición curada según C3 conduce a -76°C que todavía es demasiado alta para la aplicación deseada.

La composición según el ejemplo comparativo C4 tiene una viscosidad que demasiado alta para obtener placas de prueba y medir las propiedades mecánicas.

40 La composición del ejemplo 2 comprende sólo una pequeña parte de wollastonita en comparación con sílice (15:85) con el fin de someter a prueba condiciones más extremas.

No hay datos disponibles para la formulación contenía sólo wollastonita de tipo Tremin[®] 283-600 EST, ya que fue imposible colar muestras de prueba debido a la alta viscosidad. Por tanto, sólo puede hacerse una estimación de las
45 mejoras que han de esperarse, cuando se combinan ambas cargas como se menciona en la tabla 3. Se esperaba que una adición minoritaria de sólo el 15% de wollastonita no debiera tener un efecto drástico. Sin embargo, resultó que el rendimiento mecánico aumentó significativamente. Prácticamente todas las propiedades fueron mucho mejores que las de la composición que comprende sólo la carga Amosil 520 (C3). La temperatura de agrietamiento disminuyó hasta -131°C , que es un 71% mejor que la obtenida con sólo la carga Amosil 520. Debido a la baja
50 viscosidad, la formulación según el ejemplo 2 es adecuada para sobremoldeo directo de mecanismos de conmutación de vacío.

REIVINDICACIONES

1. Composición curable que comprende
 - 5 a) una resina epoxídica y
 - b) una composición de carga que comprende
 - 10 i) wollastonita y
 - ii) sílice amorfa.
- 15 2. Composición curable según la reivindicación 1, en la que la wollastonita y/o la sílice amorfa tiene un tamaño medio de partícula (d_{50}) que oscila entre 2 y 50 μm .
3. Composición curable según la reivindicación 1 ó 2, en la que al menos una de las cargas de la composición de carga se trata en superficie con un silano.
- 20 4. Composición curable según la reivindicación 3, en la que la wollastonita y/o la sílice amorfa se trata en superficie con un silano seleccionado del grupo que consiste en aminosilano, epoxisilano, silano (met)acrílico, metilsilano y vinilsilano.
- 25 5. Composición curable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que la sílice amorfa es sílice amorfa natural o sílice fundida.
- 30 6. Composición curable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que la razón en peso de sílice amorfa con respecto wollastonita es de 10:1 a 1:10, preferiblemente de 9:1 a 1:9, más preferiblemente de 85:15 a 15:85, de manera especialmente preferida desde 70:30 hasta 30:70 y lo más preferiblemente desde 60:40 hasta 40:60.
- 35 7. Composición curable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente un anhídrido de un ácido policarboxílico.
8. Uso de la composición curable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, para la fabricación de componentes o piezas de un equipo eléctrico.
9. Uso según la reivindicación 8, para el sobremoldeo directo de una cámara de vacío de un mecanismo de conmutación.
- 40 10. Método para la fabricación de un equipo de aislamiento eléctrico que comprende las etapas de:
 - a) aplicar una composición curable según al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, al alojamiento de componentes eléctricos; y
 - 45 b) curar la composición curable.
11. Método según la reivindicación 10, en el que la composición curable se aplica a un alojamiento cerámico de una cámara de vacío de un mecanismo de conmutación.
- 50 12. Método según las reivindicaciones 10 u 11, que comprende las etapas de
 - a) inyectar la composición curable en una forma precalentada que tiene una temperatura que oscila entre 130 y 160°C y conteniendo dicha forma un alojamiento cerámico de un mecanismo de conmutación
 - 55 b) al menos curar parcialmente la composición curable
 - c) retirar la forma y
 - d) curar posteriormente de manera opcional la composición curable.
 - 60
13. Método según al menos una de las reivindicaciones 11 ó 12, en el que la composición curable está en contacto directo con la superficie del alojamiento cerámico del mecanismo de conmutación.
- 65 14. Producto curado que puede obtenerse curando una composición curable, según al menos una de las reivindicaciones 1 a 7.

15. Uso del producto curado según la reivindicación 14, como material de construcción eléctricamente aislante para componentes eléctricos o electrónicos, preferiblemente para cámaras de vacío de mecanismos de conmutación.