

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 579**

51 Int. Cl.:

C08G 59/42 (2006.01)

C07C 51/00 (2006.01)

C07D 307/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2014** **E 14196242 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016** **EP 2886577**

54 Título: **Endurecedor del tipo de dianhídrido fácil de elaborar para sistemas de resinas epoxídicas, que se basa en la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona)**

30 Prioridad:

19.12.2013 DE 102013226601

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

01.06.2016

73 Titular/es:

**EVONIK DEGUSSA GMBH (100.0%)
Rellinghauser Strasse 1-11
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**WILLY, BENJAMIN y
NEUMANN, MANFRED**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 572 579 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

Endurecedor del tipo de dianhídrido fácil de elaborar para sistemas de resinas epoxídicas, que se basa en la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona).

- 5 El presente invento se refiere a una composición que comprende
- a. la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona);
 - b. el ácido 3,3',4,4'-benzofenona-tetracarboxílico; y
 - 10 c. por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de metil-hexahidroisobenzofurano-1,3-diona, 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoisobenzofurano-1,3-diona, 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona, 3-metil-furano-2,5-diona, 3,3,4,4,5,5-hexafluorodihidro-2*H*-pirano-2,6(3*H*)-diona y 3,3-dimetil-dihidrofurano-2,5-diona.

- 15 El invento se refiere también a un sistema endurecedor para resinas epoxídicas, que comprende esta composición. El invento se refiere también a la utilización del sistema endurecedor para el endurecimiento de resinas epoxídicas, así como a unos procedimientos correspondientes.

Antecedentes del invento

- 20 Las resinas epoxídicas pertenecen a los materiales poliméricos más polifacéticos. Ellas encuentran utilización p.ej. como revestimientos, como pegamentos, como masas de resinas de colada, como masas de moldeo, como masas de empotramiento para el envolvimiento de piezas constructivas electrónicas, como materiales estratificados y como material de base para circuitos impresos al igual que como resinas de matriz para materiales sintéticos reforzados con fibras.

- 25 La transformación de unas resinas epoxídicas monoméricas y oligoméricas en unos materiales poliméricos requiere unos participantes en la reacción, que se designan como endurecedores o agentes de endurecimiento. Según sea el tipo del endurecedor, la reacción de endurecimiento se efectúa a unas temperaturas situadas en torno a la temperatura ambiente, o a unas bajas temperaturas (para el denominado "endurecimiento en frío"), o a unas temperaturas elevadas (para el denominado "endurecimiento a temperatura templada o en caliente). Para el endurecimiento de unas resinas epoxídicas a bajas temperaturas para usos técnicos se emplean predominantemente sólo unas aminas y poliaminas alifáticas primarias o secundarias, más raramente, por el contrario, unos polítoles o unas sales especiales.

- 35 Todas las aminas sin modificar reaccionan de una manera desde alcalina hasta fuertemente alcalina. Las aminas líquidas, en particular las alifáticas y cicloalifáticas, pueden provocar daños a la piel hasta llegar a una cauterización. También es desventajosa la alta volatilidad de las aminas líquidas. Una gran desventaja del endurecimiento en frío de resinas epoxídicas con los agentes de endurecimiento más arriba mencionados, es la escasa estabilidad térmica y frente a los agentes químicos de los productos resultantes. Para el aumento de la estabilidad térmica, frente a disolventes y frente a agentes químicos, se está obligado a endurecer resinas epoxídicas a unas temperaturas elevadas en un endurecimiento en caliente con unas aminas aromáticas o cicloalifáticas, con unos anhídridos de ácidos carboxílicos, con unos polifenoles o con unos endurecedores latentes.

- 45 Sin embargo, subsiste la demanda de unos sistemas endurecedores para resinas epoxídicas, que se puedan endurecer a una temperatura lo más baja que sea posible y que proporcionen unos productos, que tengan una elevada estabilidad térmica, frente a los agentes químicos y frente a los disolventes. Unos usos potenciales para ellos son p.ej. unos pegamentos, unas resinas de matriz para materiales compuestos fibrosos y unas resinas de reparación para unas piezas constructivas, en las que no se recomiende el uso de altas temperaturas. Otros usos son para masas de resinas de colada y de empotramiento, especialmente para el envolvimiento de grandes piezas constructivas electrónicas, en las que el endurecimiento pueda transcurrir a una baja temperatura, con una baja exotermia y, como consecuencia de ello, con un considerable ahorro de energía, residiendo otra ventaja en el hecho de que resultan unos productos con una tensión interna disminuida.

- 55 A partir de la bibliografía se conoce el hecho de que el endurecimiento de unas resinas epoxídicas, en particular en el caso de las resinas de bisfenol A, con unos anhídridos de ácidos dicarboxílicos cíclicos y unos bis anhídridos de ácidos tetracarboxílicos cíclicos, requiere siempre unas temperaturas de endurecimiento de por lo menos 120 - 150 °C, requiriéndose entonces todavía unos periodos de tiempo de endurecimiento de varias horas, véase la cita bibliográfica de Houben-Weyl, Methoden der Organischen Chemie (Métodos de la química orgánica), tomo E20, Makromolekulare Stoffe (Sustancias macromoleculares), Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1987, página 1.959. Incluso a estas temperaturas, la reacción de reticulación es todavía tan lenta que por regla general no se puede prescindir del empleo de unos agentes aceleradores. Sin embargo, es ventajoso que el endurecimiento con anhídridos, en comparación con el endurecimiento con aminas, transcurre con una exotermia más pequeña. Los productos endurecidos tienen unas buenas propiedades de aislamiento eléctrico y una buena estabilidad térmica.

65

En la bibliografía se ha descrito solamente un ejemplo del endurecimiento de resinas epoxídicas con unos anhídridos de ácidos cíclicos a bajas temperaturas, véase el documento de patente de los EE.UU. US 4.002.599. Sin embargo, solamente se describen unos sistemas que están constituidos sobre la base de unos aminofenoles sustituidos con poliglicidilo.

El documento de patente alemana DE 2837726 describe unas composiciones de resinas epoxídicas que están constituidas a base de por lo menos una resina epoxídica y un agente de endurecimiento, conteniendo el agente de endurecimiento el anhídrido de ácido 2,3,3',4'-difeníl-tetracarboxílico. De acuerdo con la enseñanza del documento DE 2837726, el dianhídrido tiene que ser disuelto primeramente, antes de que pueda efectuarse un endurecimiento, y en parte incluso se debe de enfriar de nuevo la mezcla. Esto puede conducir a ciertos problemas, en particular puede efectuarse una deposición del agente de endurecimiento.

Presenta una desventaja adicional la necesidad, descrita en el estado de la técnica de usar un catalizador para el endurecimiento, y por lo tanto, sobre todo de que se requiera el empleo de unas aminas. El efecto cauterizante más arriba discutido de las aminas alifáticas y cicloalifáticas puede ciertamente ser disminuido algo mediante el empleo de unas aminas aromáticas como catalizadores, tal como se ha descrito en el documento US 3.989.573, donde se empleaba el 2-etil-4-metil-imidazol. Todavía más deseable sería, no obstante, poder prescindir completamente al empleo de tales catalizadores, y a pesar de todo poder obtener unas velocidades de polimerización tales que hagan posible el empleo de los sistemas endurecedores.

A esto se agrega la necesidad de tener a disposición un sistema endurecedor manipulable. Así, muchos de los sistemas endurecedores descritos en el estado de la técnica, que se componen de un compuesto de dianhídrido y de un compuesto de monoanhídrido, tienen la problemática propiedad de presentarse, a lo largo de un amplio intervalo de mezcladura de los dos componentes, como un polvo que desprende polvillo fino, lo que dificulta un elaboración y hace imprescindible la adición de disolventes. Una tal adición de disolventes impide entonces, a su vez, confeccionar el deseado sistema endurecedor en una alta concentración, por lo tanto, con la menor cantidad que sea posible de otras sustancias. Para el empleo como un sistema endurecedor se desean no obstante precisamente tales altas concentraciones, que sin embargo no deben presentarse como un polvo. Por lo demás, es desventajoso que el material sólido se presente en estado demasiado diluido, puesto que entonces en el transcurso de unas pocas horas comienza una deposición del material sólido, lo que conduce a unas heterogeneidades indeseadas de la composición.

Por lo tanto, se sigue deseando obtener una formulación que no desprenda polvillo fino, que sea estable a lo largo de un amplio intervalo de mezclas y apta para el almacenamiento.

Por consiguiente, es una misión del presente invento la puesta a disposición de un mejorado sistema endurecedor para el endurecimiento de resinas epoxídicas. Este sistema endurecedor debe de ser sencillo de elaborar y, después de un endurecimiento, conducir - también sin el empleo de los catalizadores habituales ya mencionados - a unos sistemas de resinas con una buena y duradera estabilidad de forma en caliente. Al mismo tiempo el sistema debe de permitir una buena confeccionabilidad, a lo largo de un amplio intervalo de concentraciones del compuesto de dianhídrido y del compuesto de monoanhídrido, y en este caso debe de ser apto para el almacenamiento en lo que respecta a la homogeneidad.

Finalmente, también se debe de evitar el empleo de unos catalizadores a base de compuestos amínicos o de sales metálicas, y a pesar de todo se debe de conseguir una buena velocidad de polimerización.

Se encontró, por fin, sorprendentemente que el problema planteado por esta misión se resuelve añadiendo al endurecedor el ácido 3,3',4,4'-benzofenona-tetracarboxílico (en lo sucesivo designado como "BTA") para realizar la aceleración de la polimerización.

Breve descripción del invento

Un primer objeto del presente invento es

1. una composición que comprende
 - a. la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona) (en lo sucesivo designada como "s-BTDA"); y
 - b. el ácido 3,3',4,4'-benzofenona-tetracarboxílico; y
 - c. por lo menos un compuesto de monoanhídrido, que se escoge entre el conjunto que se compone de metil-hexahidro-isobenzofurano-1,3-diona (en lo sucesivo designada como "MHHPA"), 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-metano-isobenzofurano-1,3-diona (en lo sucesivo designada como "MNA"), 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahydroisobenzofurano-1,3-diona (en lo sucesivo designada como "MTHPA"), 3-metil-furano-2,5-diona (en lo sucesivo designada como "MFD"), 3,3,4,4,5,5-hexafluoro-dihidro-2H-pirano-2,6(3H)-diona (en lo sucesivo designada como "HFDP") y 3,3-dimetil-dihidrofurano-2,5-diona (en lo sucesivo designada como "DMDF").

2. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con el punto 1 está caracterizada por que el compuesto de monoanhídrido se escoge entre el conjunto que se compone de

MHHPSA, MTHPA y MNA; de manera preferida se escoge entre el conjunto que se compone de MTHPA y MNA.

- 5 3. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con el punto 1 o 2 está caracterizada por que el compuesto de monoanhídrido es la MTHPA.
- 10 4. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con los puntos 1 hasta 3 está caracterizada por que la relación de la masa de la s-BTDA en la composición a la suma de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición, es de 1 : 0,35 a 1 : 2,05, de manera preferida de 1 : 0,361 a 1 : 2,010, de manera más preferida de 1 : 0,619 a 1 : 1,237.
- 15 5. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con uno o varios de los puntos 1 hasta 4 está caracterizada por que la masa del BTA en la composición es de 0,01 a 17,6 % de la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición.
- 20 6. En otra forma de realización, el presente invento se refiere a un sistema endurecedor para resinas epoxídicas, que comprende la composición de acuerdo con uno o varios de los puntos 1 hasta 5 con una proporción másica de 0,10 a 1,0, referida a la masa total del sistema endurecedor.
- 25 7. En otra forma de realización del presente invento, el sistema endurecedor para resinas epoxídicas de acuerdo con el punto 6 está caracterizado por que él no contiene ningún compuesto amínico.
- 30 8. En otra forma de realización del presente invento, el sistema endurecedor para resinas epoxídicas de acuerdo con el punto 6 o 7 está caracterizado por que no contiene ninguna sal metálica.
- 35 9. En otra forma de realización, el presente invento se refiere a la utilización de un sistema endurecedor de acuerdo con uno o varios de los puntos 6 hasta 8 para el endurecimiento de resinas epoxídicas.
- 40 10. En otra forma de realización, el presente invento se refiere a un sistema de resina epoxídica que comprende una resina epoxídica y por lo menos un sistema endurecedor de acuerdo con uno o varios de los puntos 6 hasta 8.
- 45 Un segundo objeto del presente invento es
- 50 11. una composición que se compone de
a. la s-BTDA;
b. el BTA; y
c. por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPSA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF.
- 55 12. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con el punto 11 está caracterizada por que el compuesto de monoanhídrido se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPSA, MTHPA y MNA; de manera preferida, él se escoge entre el conjunto que se compone de MTHPA y MNA.
- 60 13. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con el punto 11 o 12 está caracterizada por que el compuesto de monoanhídrido es la MTHPA.
- 65 14. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con uno o varios de los puntos 11 hasta 13 está caracterizada por que la relación de la masa de la s-BTDA en la composición a la suma de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición, es de 1 : 0,35 a 1 : 2,05, de manera preferida de 1 : 0,361 a 1 : 2,010, de manera más preferida de 1 : 0,619 a 1 : 1,237.
15. En otra forma de realización del presente invento, la composición de acuerdo con uno o varios de los puntos 11 hasta 14 está caracterizada por que la masa del BTA en la composición es de 0,01 a 17,6 % de la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición.
16. En otra forma de realización, el presente invento se refiere a un sistema endurecedor para resinas epoxídicas, que comprende la composición de acuerdo con uno o varios de los puntos 11 hasta 15 con una proporción másica de 0,1 a 1,0, referida a la masa total del sistema endurecedor.

17. En otra forma de realización del presente invento, el sistema endurecedor para resinas epoxídicas de acuerdo con el punto 16 está caracterizado por que él no contiene ningún compuesto amínico.
- 5 18. En otra forma de realización del presente invento, el sistema endurecedor para resinas epoxídicas de acuerdo con el punto 16 o 17 está caracterizado por que él no contiene ninguna sal metálica.
19. En otra forma de realización, el presente invento se refiere a la utilización de un sistema endurecedor de acuerdo con uno o varios de los puntos 16 hasta 18 para el endurecimiento de resinas epoxídicas.
- 10 20. En otra forma de realización, el presente invento se refiere a un sistema de resina epoxídica que comprende una resina epoxídica y por lo menos un sistema endurecedor de acuerdo con uno o varios de los puntos 16 hasta 18.
- 15 21. Un tercer objeto del presente invento es un procedimiento para el endurecimiento de resinas epoxídicas, realizándose que
- a. en una primera etapa se mezcla por lo menos una resina epoxídica con
- 20 i. la s-BTDA; y
- ii. por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPSA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF;
- b. en una segunda etapa se añade BTA; y
- c. en una tercera etapa la resina epoxídica se endurece a una temperatura de por lo menos 25 °C.
- 25 22. En otra forma de realización del presente invento, el procedimiento de acuerdo con el punto 21 está caracterizado por que el endurecimiento de la resina epoxídica en la etapa c. se efectúa en el intervalo de desde 25 °C hasta por debajo de la temperatura de fusión de la s-BTDA, que está situada en el intervalo de 230 °C a 250 °C.

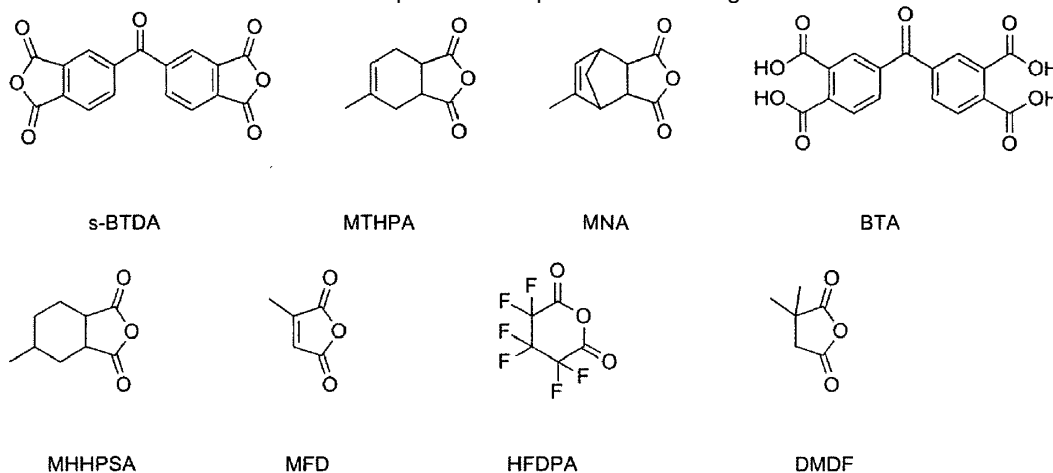
30 **Descripción detallada del invento**

El presente invento se refiere por consiguiente a una composición que comprende

- 35 a. la s-BTDA;
- b. el BTA;
- c. por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPSA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF.

40 En particular, el compuesto de monoanhídrido presente en la composición conforme al invento se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPSA, MTHPA y MNA. De manera más preferida, el compuesto de monoanhídrido presente en la composición conforme al invento se escoge entre el conjunto que se compone de MTHPA y MNA. De manera todavía más preferida, el compuesto de monoanhídrido presente en la composición conforme al invento es la MTHPA.

45 Las fórmulas estructurales de los respectivos compuestos son las siguientes.



50 Como es evidente a partir de los Ejemplos, la composición conforme al invento se distingue por el hecho de que ella, debido a la presencia del BTA, se polimeriza con más rapidez y, por consiguiente, se puede emplear también como un endurecedor para resinas epoxídicas. De esta manera, se puede prescindir del empleo de unos compuestos

amínicos fuertemente cauterizantes como catalizadores. De igual manera, esto permite también prescindir de las sales metálicas para la catálisis, lo que es ventajoso precisamente en unas instalaciones a gran escala técnica, puesto que las sales metálicas se depositan en éstas y conducen típicamente a la corrosión de algunas partes de la instalación.

5 En una ventajosa forma de realización del presente invento, la relación de la masa de la s-BTDA en la composición conforme al invento a la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición conforme al invento es de 1 : 0,35 a 1 : 2,05, de manera preferida de 1 : 0,361 a 1 : 2,010, de manera más preferida de 1 : 0,619 a 1 : 1,237.

Se da por entendido que la expresión "la suma de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF", cuando se la abrevia con " Σ_{Mono} ", se puede representar matemáticamente como

$$\Sigma_{\text{Mono}} = m_{\text{MHHPSA}} + m_{\text{MNA}} + m_{\text{MTHPA}} + m_{\text{MFD}} + m_{\text{HFDPA}} + m_{\text{DMDF}}$$

siendo

m_{MHHPSA} = la masa de la MHHPSA en gramos;

m_{MNA} = la masa de la MNA en gramos;

m_{MTHPA} = la masa de la MTHPA en gramos;

m_{MFD} = la masa de la MFD en gramos;

m_{HFDPA} = la masa de la HFDPA en gramos;

m_{DMDF} = la masa de la DMDF en gramos.

El mantenimiento de estas relaciones másicas preferidas permite obtener una composición bien manipulable y estable en almacenamiento. Esto se debe a que, en el caso del mantenimiento de estas relaciones másicas, la composición conforme al invento se puede elaborar y emplear bien, puesto que ella no desprende nada de polvillo. Por otra parte, se evita la deposición de las partículas más pesadas en la composición, con lo cual no resultan ningunas heterogeneidades. Como es evidente a partir de los experimentos, esto es posible en el caso de la composición conforme al invento a lo largo de un amplio intervalo de relaciones másicas de la s-BTDA, referidas a la suma de las masas de las MHHPSA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF en la composición. Por lo demás, se observó que una mezcla constituida a base de s-BTDA y MTHPA, comparada con una mezcla de s-BTDA y MNA, muestra estas ventajosas propiedades a lo largo de un intervalo más amplio de posibles relaciones másicas. Esto fue totalmente sorprendente de manera adicional.

La cantidad empleada del BTA en la composición conforme al invento no está restringida especialmente. En una forma de realización especialmente ventajosa, la masa del BTA en la composición es de 0,01 a 17,6 % de la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición. De manera preferida, la masa del BTA en la composición es de 0,025 a 10 % de la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición. De manera todavía más preferida, la masa del BTA en la composición es de 0,05 a 5 % de la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición. De la manera más preferida, la masa del BTA en la composición es de 0,05 a 3 % de la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF en la composición.

La expresión "la suma de la masa de la s-BTDA, de la masa de la MHHPSA, de la masa de la MNA, de la masa de la MTHPA, de la masa de la MFD, de la masa de la HFDPA y de la masa de la DMDF", cuando ella se abrevia con " $\Sigma_{\text{Mono+s-BTDA}}$ " se puede representar matemáticamente como

$$\Sigma_{\text{Mono+s-BTDA}} = m_{\text{s-BTDA}} + \Sigma_{\text{Mono}}$$

indicando $m_{\text{s-BTDA}}$ la masa de la s-BTDA en gramos y teniendo Σ_{Mono} el significado más arriba indicado.

La composición conforme al invento se emplea en particular en unos sistemas endurecedores, de manera preferida en unos usados para resinas epoxídicas.

El invento se refiere por consiguiente, en otro aspecto, a un sistema endurecedor para resinas epoxídicas, que comprende la composición conforme al invento.

Se da por entendido que el sistema endurecedor conforme al invento, aparte de s-BTDA, BTA, MHHPSA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA, DMDF en la composición conforme al invento, ya no contiene más s-BTDA, BTA, MHHPSA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA ni DMDF.

El sistema endurecedor conforme al invento tiene la composición conforme al invento con una proporción másica de 0,10 - 1,0, de manera preferida de 0,2 - 0,999, de manera todavía más preferida de 0,40 - 0,90, de la manera más preferida de 0,50 - 0,85, en cada caso referida a la masa total del sistema endurecedor.

5 El sistema endurecedor conforme al invento puede contener adicionalmente todavía otros aditivos, tales como, por ejemplo, agentes de deslizamiento, agentes anti-apelmazantes, agentes de separación, agentes estabilizadores, por ejemplo agentes antioxidantes, agentes fotoprotectores, agentes estabilizadores térmicos o agentes estabilizadores de la espuma, agentes antiestáticos, aditivos conductivos, agentes ignífugantes, pigmentos, agentes modificadores de la resistencia al impacto, agentes flexibilizadores, agentes plastificantes, agentes mediadores de adhesión, materiales de carga, por ejemplo, un negro de carbono, carbonato de calcio, un talco, unos silicatos, unos copos de algodón, unos polímeros sintéticos, unos polvos metálicos, un grafito o unas fibras de vidrio, materiales de refuerzo, agentes de expansión, agentes expulsores, agentes de nucleación, agentes antibacterianos o fungicidas. Como los mencionados aditivos, se pueden utilizar todas las sustancias que son conocidas por un experto en la especialidad para la producción de sistemas de resinas epoxídicas como unos aditivos apropiados.

15 El sistema endurecedor conforme al invento se distingue por el hecho de que se puede prescindir del empleo de un compuesto amínico o de una sal metálica como catalizador. Por lo tanto, se prefiere que el sistema endurecedor conforme al invento no contenga ninguno de tales catalizadores. Naturalmente, el sistema endurecedor conforme al invento se puede emplear, no obstante, también en combinación con un tal catalizador.

20 Dentro del sentido del invento, un "compuesto amínico" se escoge entre el conjunto que se compone de unas aminas, unas aminas fenólicas y unos heterociclos de N cicloalifáticos o aromáticos.

25 Unas "aminas" son en el sentido del invento N^1, N^1 -dimetil-propano-1,3-diamina (DMPA), N^1, N^1, N^3, N^3 -tetrametil-propano-1,3-diamina, N^1, N^1, N^2, N^2 -tetrametil-etano-1,2-diamina, N,N-dimetil-1-bencilamina, N,N-dietil-1-bencilamina, trietilamina, tripropilamina, diisopropilamina, 2-dimetilaminoetanol o 2-dietilaminoetanol.

30 Unos "heterociclos de N cicloalifáticos o aromáticos" en el sentido del invento son pirrolidina, piperidina, 1-bencil-piperidina, piperazina, 1,4-dimetil-piperazina, 2,2,6,6-tetrametil-piperidina, 2,2,6,6-tetrametil-piperidin-4-amina, N-alquil-2,2,6,6-tetrametil-piperidin-4-amina, N^1, N^1 -dimetil- N^3 -(2,2,6,6-tetrametil-piperidin-4-il)propano-1,3-diamina, 2,2,6,6-tetrametil-piperidin-4-ol, 1,2,2,6,6-pentametil-piperidin-4-ol, 4-alcoxi-2,2,6,6-tetrametil-piperidina, N^1, N^6 -bis(2,2,6,6-tetrametil-piperidin-4-il)hexano-1,6-diamina, 1H-pirrol, 1H-imidazol, 1-metil-1H-imidazol (1MZ), 3-(2-etil-4-metil-1H-imidazol-1-il)propanonitrilo (2E4MZ-CN), 2-etil-4-metil-1H-imidazol (2E4MZ), 2-metil-1H-imidazol (2MZ), 2-fenil-1H-imidazol (2PZ), 1-bencil-2-metil-1H-imidazol (1B2MZ), 1-bencil-2-fenil-1H-imidazol (1B2PZ), (4-metil-2-fenil-1H-imidazol-5-il)metanol (2P4MHZ), (2-fenil-1H-imidazol-4,5-diil)dimetanol (2FZ), 6-(2-(2-metil-1H-imidazol-1-il)etil)-1,3,5-triazina-2,4-diamina (2MZ-A), 2,3-dihidro-1H-benzo[d]pirrolo[1,2-a]imidazol (TBZ), piridina, 2-metil-piridina, 3-metil-piridina, 4-metil-piridina, 2,6-dimetil-piridina y ciertas sales de 1,3-dialquil-1H-imidazol-3-io, en particular unos carboxilatos, halogenuros, sulfonatos, nitratos, sulfatos o hidrógenosulfatos.

40 Unas "aminas fenólicas" en el sentido del invento son 4-dimetil-amino-metil-fenol, 2,6-di-terc.-butil-4-dimetil-amino-metil-fenol (lonol® 103), 2,4,6-tris-dimetilaminometil-fenol o 2,4-bis-dimetilaminometil-6-metil-fenol.

45 Unas "sales metálicas" en el sentido del invento son acetilacetato de zinc(II), acetilacetato de 1-metil-imidazolio-zinc(II) [(1MZ)Zn(acac)₂], acetilacetato de bis(1-metil-imidazolio)-hierro(II) [(1MZ)₂(Fe(acac)₂], octanoato de estaño o ciertos compuestos complejos de trifluoruro de boro, en particular unos eteratos o unos compuestos complejos con etilamina.

50 Asimismo, un objeto del presente invento es la utilización de unos sistemas endurecedores de acuerdo con el presente invento para el endurecimiento de sistemas de resinas epoxídicas, que comprenden por lo menos una resina epoxídica y por lo menos un sistema endurecedor de acuerdo con el presente invento. El sistema endurecedor conforme al invento tiene la ventaja de que él puede ser incorporado como tal en las resinas epoxídicas, sin que sea necesaria una adición de otras sustancias auxiliares, en particular de unos disolventes. De manera preferida, el sistema de resina epoxídica conforme al invento no contiene por lo tanto disolventes. Otra ventaja del presente invento reside en la posibilidad de conseguir un endurecimiento por debajo del punto de fusión del s-BTDA, y, en este contexto, en el caso de la elección de unos apropiados ciclos de endurecimiento, de acceder a unos sistemas endurecidos, estables de forma en caliente con una alta temperatura de transición vítrea, en particular por encima de 200 °C.

60 Fundamentalmente, no hay restricciones de ningún tipo en lo que respecta a las resinas epoxídicas que deben de ser empleadas, es decir que se pueden presentar también unas mezclas de diferentes resinas epoxídicas. De manera preferida, se presenta por lo menos una resina epoxídica con por lo menos 2 grupos epoxi por monómero. La mencionada resina epoxídica con por lo menos dos grupos epoxi por monómero puede ser empleada a solas o en mezcla con otras resinas epoxídicas.

De manera particularmente preferida, en el sistema de resina epoxídica conforme al invento no se presenta ninguna resina epoxídica amínica, tal como las que se han descrito por ejemplo en el documento de patente europea EP 0181337 o en el documento EP 1091992.

5 Ejemplos de unas apropiadas resinas epoxídicas son unas resinas epoxídicas del tipo de un glicidil-éter, que pueden ser sintetizadas a partir del bisfenol A o bisfenol F y de unas epihalógenohidrinas; unas resinas epoxídicas del tipo de un éster glicídilico, que se pueden sintetizar a partir del ácido ftálico y de unas epihalógenohidrinas; unas resinas epoxídicas alicíclicas, que se pueden obtener mediante epoxidación de unos dienos alicíclicos, tales como el ciclopentadieno o el ciclohexadieno; unos productos de epoxidación de polímeros insaturados, tales como un polibutadieno y un poliisopreno; y unos polímeros o copolímeros de monoepóxidos insaturados, tales como el metacrilato de glicidilo o el alil-glicidil-éter. Esta enumeración es solamente descriptiva. Así, por ejemplo, es posible emplear diferentes fenoles plurivalentes en lugar del bisfenol A o utilizar otros ácidos pluribásicos en lugar del ácido ftálico.

15 La proporción del sistema endurecedor en la mezcla con las resinas epoxídicas se establece por lo general a partir de la relación del número de los grupos de anhídrido en el sistema endurecedor al número de los grupos epoxi de las resinas epoxídicas empleadas. Por cada mol de grupo epoxi contenido en la resina epoxídica se emplean 0,3 - 1 moles, de manera especialmente preferida 0,5 - 0,8 moles, de manera muy especialmente preferida 0,55 - 0,75 moles de grupos de anhídrido.

20 En el caso de la utilización del sistema endurecedor conforme al invento para el endurecimiento de resinas epoxídicas son concebibles varias formas de realización equivalentes.

25 En una forma de realización del invento se prepara primeramente el sistema endurecedor más arriba descrito y a continuación se mezcla con por lo menos una resina epoxídica. En el caso de esta forma de realización se prefiere que se presenten la s-BTDA, el BTA y por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF en las proporciones ponderales más arriba descritas.

30 Una ventaja esencial de esta forma de realización reside en que el usuario tiene que reunir solamente la resina epoxídica y el sistema endurecedor, en el caso del uso en el sentido de un sistema de dos componentes. No es necesario realizar ninguna conservación por separado de los componentes individuales del sistema endurecedor, lo que conduce a una utilizabilidad simplificada.

35 En otra forma de realización del presente invento, en primer lugar puede presentarse solamente una mezcla de la por lo menos una resina epoxídica con la s-BTDA y del por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF, de manera preferida en las proporciones ponderales más arriba descritas, a la que se le añade por separado a continuación el BTA, de manera preferida en las proporciones ponderales más arriba descritas.

40 En suma, entonces, después de la adición del BTA al sistema de resina epoxídica, se presenta asimismo otra vez la combinación conforme al invento del sistema endurecedor.

45 Para esto, primeramente se mezcla la s-BTDA con por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF. Esta mezcla se añade luego a la por lo menos una resina epoxídica. Para el endurecimiento propiamente dicho se añade luego el BTA y se lleva a cabo el endurecimiento. Para la consecución de la ventaja conforme al invento, solamente es importante que, en el caso del endurecimiento propiamente dicho de las resinas epoxídicas, esté presente la resina epoxídica conforme al invento. Al usuario se le ofrece la posibilidad de aprovechar las ventajas del sistema endurecedor conforme al invento, pero al mismo tiempo obtener adicionalmente una libertad en lo que respecta al orden de sucesión de la adición de los componentes individuales.

50 Por consiguiente, unos procedimientos para el endurecimiento de unos sistemas de resinas epoxídicas son asimismo unos aspectos del invento.

55 En un primer aspecto, éste es un procedimiento para el endurecimiento de resinas epoxídicas, en el que

a. en una primera etapa se mezcla por lo menos una resina epoxídica con

60 i. la s-BTDA; y
ii. por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPA, MNA, MTHPA, MFD, HFDPA y DMDF;

b. en una segunda etapa se añade el BTA; y

65 c. en una tercera etapa se endurece la resina epoxídica a una temperatura de por lo menos 25 °C.

De manera preferida, el compuesto de monoanhídrido en el procedimiento del primer aspecto del invento en la etapa a.ii se escoge entre el conjunto que se compone de MHHPSA, MTHPA y MNA. De manera todavía más preferida, el compuesto de monoanhídrido en el procedimiento del primer aspecto del invento en la etapa a.ii se escoge entre el conjunto que se compone de MTHPA y MNA. De la manera más preferida, el compuesto de monoanhídrido en el procedimiento del primer aspecto del invento en la etapa a.ii. es MTHPA.

En una ventajosa forma de realización del procedimiento del primer aspecto del presente invento, la relación de la masa de la s-BTDA empleada a la suma de la masa de la MHHPSA empleada, de la masa de la MNA empleada, de la masa de la MTHPA empleada, de la masa de la MFD empleada, de la masa de la HFDPA empleada y de la masa de la DMDF empleada, es de 1 : 0,35 a 1 : 2,05, de manera preferida de 1 : 0,361 a 1 : 2,010, de manera más preferida de 1 : 0,619 a 1 : 1,237.

En una forma de realización especialmente ventajosa del procedimiento del primer aspecto del invento, la masa del BTA empleado en el procedimiento es de 0,01 % a 17,6 % de la suma de la masa de la s-BTDA empleada, de la masa de la MHHPSA empleada, de la masa de la MNA empleada, de la masa de la MTHPA empleada, de la masa de la MFD empleada, de la masa de la HFDPA empleada y de la masa de la DMDF empleada.

En una forma de realización preferida del procedimiento del primer aspecto del invento, la masa del BTA empleado en el procedimiento es de 0,025 % a 10 % de la suma de la masa de la s-BTDA empleada, de la masa de la MHHPSA empleada, de la masa de la MNA empleada, de la masa de la MTHPA empleada, de la masa de la MFD empleada, de la masa de la HFDPA empleada y de la masa de la DMDF empleada.

En una forma de realización más preferida del procedimiento del primer aspecto del invento, la masa del BTA empleado en el procedimiento es de 0,05 % a 5 % de la suma de la masa de la s-BTDA empleada, de la masa de la MHHPSA empleada, de la masa de la MNA empleada, de la masa de la MTHPA empleada, de la masa de la MFD empleada, de la masa de la HFDPA empleada y de la masa de la DMDF empleada.

En una forma de realización todavía más preferida del procedimiento del primer aspecto del invento, la masa del BTA empleado en el procedimiento es de 0,05 % a 3 % de la suma de la masa de la s-BTDA empleada, de la masa de la MHHPSA empleada, de la masa de la MNA empleada, de la masa de la MTHPA empleada, de la masa de la MFD empleada, de la masa de la HFDPA empleada y de la masa de la DMDF empleada.

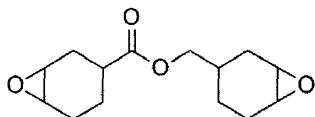
En el procedimiento conforme al invento para el endurecimiento de unos sistemas de resinas epoxídicas, de acuerdo con el primer aspecto descrito más arriba, el endurecimiento se efectúa a una temperatura de por lo menos 25 °C, en particular a una temperatura de por lo menos 50 °C. El endurecimiento se puede efectuar a una temperatura situada en el intervalo de desde 25 °C hasta por debajo de la temperatura de fusión de la s-BTDA, en particular a una temperatura en el intervalo de 25 °C a 200 °C, de manera preferida a una temperatura situada en el intervalo de 25 °C a 180 °C. La temperatura de fusión de la s-BTDA se sitúa en el intervalo de 230 °C a 250 °C.

El presente invento se ilustra con ayuda de los siguientes Ejemplos, sin estar restringido a ellos.

Ejemplos

1. **Ejemplos 1 - 10: Determinación del período de tiempo de gelificación a 170 °C según la norma DIN EN 16 945, hoja 1**

En un vaso de precipitados con una capacidad de 100 ml se mezclan entre sí a la temperatura ambiente la s-BTDA, el BTA y la MTHPA (Ejemplo comparativo 1 y Ejemplos conformes al invento 2 - 5) o respectivamente la MNA (Ejemplo comparativo 6 y Ejemplos conformes al invento 7 - 10) correspondientemente a los valores indicados en la Tabla 1. A continuación, con una espátula de madera se incorporaron 10 g de la resina epoxídica cicloalifática CY179 con la siguiente fórmula estructural



CY179

de tal manera que resulte una masa homogénea.

10 g de la mezcla así obtenida se trasvasaron a un tubo de ensayo, a continuación, según la norma DIN EN 16945, hoja 1, se determinó el período de tiempo de gelificación a 170 °C. En la Tabla 1 se muestran los respectivos

períodos de tiempo de gelificación que se han obtenido. La columna izquierda indica el número del respectivo Ejemplo.

Tabla 1

	MTHPA	MNA	s-BTDA	BTA	Proporción del endurecedor	Período de tiempo de gelificación a 170 °C
	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[min]
1	10,0	0	10,0	0,0	0,0	36,85
2	10,0	0	9,5	0,5	2,6	16,00
3	10,0	0	9,0	1,0	5,3	12,08
4	10,0	0	8,0	2,0	11,1	14,08
5	10,0	0	7,0	3,0	17,6	12,91
6	0	10,0	10,0	0,0	0,0	60,92
7	0	10,0	9,5	0,5	2,6	52,00
8	0	10,0	9,0	1,0	5,3	38,83
9	0	10,0	8,0	2,0	11,1	23,25
10	0	10,0	7,0	3,0	17,6	17,42

5 Como se muestra en la Tabla 1, en el caso de unas proporciones muy pequeñas del BTA en la mezcla, se observa una manifiesta disminución del período de tiempo de gelificación. Esto se ha de atribuir a la propiedad aceleradora y totalmente sorprendente del BTA.

10 2. Ejemplos 11 - 32 (conformes al invento): Formulación

15 En un vaso de precipitados con una capacidad de 100 ml se dispusieron previamente 9,7 g de la s-BTDA y 0,3 g del BTA. Después de esto, se añadieron escalonadamente la MTHPA o la MNA correspondientemente a las cantidades mostradas en la Tabla 2, y se agitó a 23 °C aproximadamente durante un minuto para formar una masa homogénea. Después de esto, la consistencia se comprobó visualmente. La siguiente Tabla 2 reproduce en la penúltima columna la consistencia de la mezcla obtenida para el caso de que, como compuesto de monoanhídrido, se emplease la MTHPA (columna "MTHPA"), y en la última columna se reproduce la consistencia para el caso de que, como compuesto de monoanhídrido, se emplease MNA (columna "MNA"). El concepto de "capaz de corrimiento" significa en este caso que no se obtuvo ninguna pasta, sino que la mezcla se presentó en forma pulverulenta. El concepto de "pastosa" significa que la masa homogénea se presentaba en forma resistente a la extensión, y que también permaneció homogénea durante un prolongado período de tiempo, es decir durante más de una hora, sin que se depositase la porción suspendida de materiales sólidos, que se componía del BTA y de la s-BTDA. El concepto de "inestable" significa que la mezcla obtenida era al principio ciertamente homogénea, pero que, después de menos de una hora, se depositó la porción suspendida de materiales sólidos, que se componía del BTA y de la s-BTDA. La columna izquierda en la Tabla 2 indica el número del respectivo ejemplo. Un ejemplo se compone en cada caso de dos ensayos, empleándose en el primero de ellos la correspondiente cantidad de la MTHPA y en el segundo la correspondiente cantidad de la MNA, como el compuesto de monoanhídrido.

30 A partir de la Tabla 2 se desprende que, en el caso de que se emplee la MTHPA como el monoanhídrido en combinación con la s-BTDA, resulta una ventajosa estructura pastosa a lo largo de un intervalo de mezcladura muy amplio. Así, la desventajosa consistencia capaz de corrimiento se encontró tan sólo en el caso de una relación de mezcladura de s-BTDA : MTHPA de 1 : 0,309 o para unas proporciones todavía más pequeñas de la MTHPA, mientras que se comprobó una inestabilidad tan sólo en el caso de una proporción de 1 : 2,062, o para unas proporciones todavía más altas de la MTHPA. El correspondiente intervalo de valores en el caso de la MNA es mucho más estrecho: así, la desventajosa consistencia capaz de corrimiento se encontró todavía en el caso de una relación de mezcladura de s-BTDA : MNA de 1 : 0 : 0,515 o para todavía unas proporciones más pequeñas de MNA, mientras que se comprobó una inestabilidad ya en el caso de una proporción de 1 : 1,340, o para unas proporciones todavía más altas de la MNA. Este amplio intervalo, en el que se podía mezclar la MTHPA con la s-BTDA, y que proporciona una estructura bien elaborable, era totalmente sorprendente en comparación con los resultados obtenidos en el caso de la combinación de la s-BTDA y la MNA.

Tabla 2

	BTA	s-BTDA	Monoanhídrido	Relación de mezcladura		MTHPA	MNA
	[g]	[g]	[g]	s-BTDA	monoanhídrido		
11	0,3	9,7	1,0	1,000	0,103	capaz de corrimiento	capaz de corrimiento
12	0,3	9,7	2,0	1,000	0,206	capaz de corrimiento	capaz de corrimiento
13	0,3	9,7	3,0	1,000	0,309	capaz de corrimiento	capaz de corrimiento
14	0,3	9,7	3,5	1,000	0,361	pastosa	capaz de corrimiento
15	0,3	9,7	4,0	1,000	0,412	pastosa	capaz de corrimiento
16	0,3	9,7	5,0	1,000	0,515	pastosa	capaz de corrimiento
17	0,3	9,7	6,0	1,000	0,619	pastosa	pastosa
18	0,3	9,7	7,0	1,000	0,722	pastosa	pastosa
19	0,3	9,7	8,0	1,000	0,825	pastosa	pastosa
20	0,3	9,7	9,0	1,000	0,928	pastosa	pastosa
21	0,3	9,7	10,0	1,000	1,031	pastosa	pastosa
22	0,3	9,7	11,0	1,000	1,134	pastosa	pastosa
23	0,3	9,7	12,0	1,000	1,237	pastosa	pastosa
24	0,3	9,7	13,0	1,000	1,340	pastosa	inestable
25	0,3	9,7	14,0	1,000	1,443	pastosa	inestable
26	0,3	9,7	15,0	1,000	1,546	pastosa	inestable
27	0,3	9,7	16,0	1,000	1,649	pastosa	inestable
28	0,3	9,7	17,0	1,000	1,753	pastosa	inestable
29	0,3	9,7	18,0	1,000	1,856	pastosa	inestable
30	0,3	9,7	19,0	1,000	1,959	pastosa	inestable
31	0,3	9,7	19,5	1,000	2,010	pastosa	inestable
32	0,3	9,7	20,0	1,000	2,062	inestable	inestable

REIVINDICACIONES

1. Una composición que comprende
- 5 a. la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona);
 b. el ácido 3,3',4,4'-benzofenona-tetracarboxílico; y
 c. por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de metil-hexahidroisobenzofurano-1,3-diona, 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoisobenzofurano-1,3-diona, 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona, 3-metilfurano-2,5-diona, 3,3,4,4,5,5-hexafluorodihidro-2*H*-pirano-2,6(3*H*)-diona y 3,3-dimetil-dihidrofurano-2,5-diona.
- 10
2. La composición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el compuesto de monoanhídrido se escoge entre el conjunto que se compone de metil-hexahidroisobenzofurano-1,3-diona, 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona y 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoisobenzofurano-1,3-diona.
- 15
3. La composición de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** el compuesto de monoanhídrido se escoge entre el conjunto que se compone de 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona y 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoisobenzofurano-1,3-diona.
- 20
4. La composición de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 hasta 3, **caracterizada por que** el compuesto de monoanhídrido es la 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona.
- 25
5. La composición de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 hasta 4, siendo la relación de la masa de la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona) en la composición a la suma de la masa de la metil-hexahidroisobenzofurano-1,3-diona, de la masa de la 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoisobenzofurano-1,3-diona, de la masa de la 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona, de la masa de la 3-metil-furano-2,5-diona, de la masa de la 3,3,4,4,5,5-hexafluorodihidro-2*H*-pirano-2,6(3*H*)-diona, y de la masa de la 3,3-dimetil-dihidrofurano-2,5-diona en la composición de 1 : 0,35 a 1 : 2,05.
- 30
6. La composición de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 hasta 5, siendo la masa del ácido 3,3',4,4'-benzofenona-tetracarboxílico en la composición de 0,01 a 17,6 % de la suma de la masa de la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona), de la masa de la metil-hexahidroisobenzofurano-1,3-diona, de la masa de la 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoisobenzofurano-1,3-diona, de la masa de la 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona, de la masa de la 3-metilfurano-2,5-diona, de la masa de la 3,3,4,4,5,5-hexafluorodihidro-2*H*-pirano-2,6(3*H*)-diona y de la masa de la 3,3-dimetil-dihidrofurano-2,5-diona en la composición.
- 35
7. Un sistema endurecedor para resinas epoxídicas, que comprende la composición de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 hasta 6 con una proporción másica de 0,10 a 1,0, referida a la masa total del sistema endurecedor.
- 40
8. El sistema endurecedor de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** no contiene ningún compuesto amínico.
- 45
9. El sistema endurecedor de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, **caracterizado por que** no contiene ninguna sal metálica.
- 50
10. Una utilización de un sistema endurecedor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 7 hasta 9 para el endurecimiento de resinas epoxídicas.
- 55
11. Un sistema de resina epoxídica que comprende una resina epoxídica y por lo menos un sistema endurecedor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 7 hasta 9.
- 60
12. Un procedimiento para el endurecimiento de resinas epoxídicas, realizándose que
- a. en una primera etapa se mezcla por lo menos una resina epoxídica con
- i. la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona); y
- ii. por lo menos un compuesto de monoanhídrido que se escoge entre el conjunto que se compone de metil-hexahidroisobenzofurano-1,3-diona, 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoisobenzofurano-1,3-diona, 5-metil-3a,4,7,7a-tetrahidroisobenzofurano-1,3-diona, 3-metil-furano-2,5-diona, 3,3,4,4,5,5-hexafluorodihidro-2*H*-pirano-2,6(3*H*)-diona y 3,3-dimetil-dihidrofurano-2,5-diona;
- 65
- b. en una segunda etapa se añade el ácido 3,3',4,4'-benzofenona-tetracarboxílico ; y
- c. en una tercera etapa se endurece la resina epoxídica a una temperatura de por lo menos 25 °C.

13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el endurecimiento se efectúa en el intervalo de desde 25 °C hasta por debajo de la temperatura de fusión de la 5,5'-carbonil-bis(isobenzofurano-1,3-diona).