

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 411**

51 Int. Cl.:

**C09D 5/00** (2006.01)

**C09K 3/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.11.2012 PCT/US2012/067262**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.06.2013 WO13082405**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2012 E 12806238 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2785803**

54 Título: **Método para mitigar la acumulación de hielo sobre un sustrato**

30 Prioridad:

**02.12.2011 US 201161566077 P**  
**29.11.2012 US 201213688648**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.02.2017**

73 Titular/es:

**PPG INDUSTRIES OHIO INC. (100.0%)**  
**3800 West 143rd Street**  
**Cleveland, OH 44111, US**

72 Inventor/es:

**MORAVEK, SCOTT J.;**  
**RAKIEWICZ, EDWARD F.;**  
**SCHWARTZMILLER, DAVINA J.;**  
**ZALICH, MICHAEL A. y**  
**VALENTA, JANE N.**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 600 411 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**

Método para mitigar la acumulación de hielo sobre un sustrato

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una composición filmógena curable para mitigar la acumulación de hielo sobre sustratos y a métodos para mitigar la acumulación de hielo sobre sustratos.

**10 Antecedentes de la invención**

Las estructuras al aire libre tales como las turbinas eólicas, los puentes, las torres y los tanques, y los vehículos de flota tales como automotores, autobuses y camiones, están constantemente expuestos a la intemperie y deben estar diseñados para soportar temperaturas extremas, la cizalla del viento, precipitaciones y otros peligros ambientales sin sufrir daños importantes o sin la necesidad de un mantenimiento constante, que puede llevar mucho tiempo y ser costoso. La acumulación de hielo en el sustrato puede conducir a daños o incluso a fallos estructurales.

Sería deseable proporcionar una composición filmógena curable para mitigar la acumulación de hielo y un método de mitigación de la acumulación de hielo para proteger dichas estructuras al aire libre y reducir al mínimo la necesidad de reparación o sustitución.

**Sumario de la invención**

La presente invención se dirige a una composición filmógena curable para mitigar la acumulación de hielo sobre sustratos que comprende:

(a) un componente resinoso que comprende:

(i) un poliepóxido;  
 (ii) un polisiloxano; y  
 (iii) un organooxisilano;

(b) una poliamina y/o un aminosilano;  
 (c) al menos un polisiloxano adicional diferente del polisiloxano de (ii) anterior, y  
 (d) opcionalmente, catalizador.

Además, la presente invención se dirige a un método de mitigación de la acumulación de hielo sobre un sustrato, que comprende aplicar en el sustrato la composición filmógena curable de la presente invención.

**40 Descripción detallada de la invención**

A excepción de los ejemplos operativos, o cuando se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, condiciones de reacción, etcétera, usados en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones han de entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos expuestos en la siguiente memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades que se deseen obtener mediante la presente invención. Por lo menos, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico se debe interpretar al menos a la luz del número de dígitos significativos indicado y aplicando técnicas de redondeo habituales.

A pesar de que los intervalos y los parámetros numéricos que exponen el amplio alcance de la invención son aproximaciones, los valores numéricos expuestos en los ejemplos específicos se presentan con la mayor exactitud posible. Cualquier valor numérico, sin embargo, contiene inherentemente ciertos errores que proceden necesariamente de la desviación típica encontrada en las mediciones del respectivo ensayo.

Además, se ha de entender que cualquier intervalo numérico citado en el presente documento pretende incluir todos los subintervalos incluidos en el mismo. Por ejemplo, un intervalo de "1 a 10" pretende incluir todos los subintervalos entre (e incluyendo) el valor mínimo citado de 1 y el valor máximo citado de 10, es decir, tiene un valor mínimo igual o superior a 1 y un valor máximo igual a o inferior a 10.

Como se usa en la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, los artículos "un", "una", "el" y "la" incluyen los referentes en plural a menos que se limiten expresa e inequívocamente a un referente.

Se entiende que cada una de las diversas realizaciones y cada uno de los ejemplos de la presente invención como se presentan en el presente documento no son limitantes del alcance de la invención.

Como se usa en la siguiente descripción y en las reivindicaciones, los siguientes términos tienen los significados indicados a continuación.

5 El término "curable", como se usa, por ejemplo, en relación con una composición curable, significa que la composición indicada es polimerizable o reticulable a través grupos funcionales, por ejemplo, por medios que incluyen, pero sin limitación, la exposición térmica (incluyendo el curado ambiental) y/o catalítica.

10 El término "curar", "curado" o los términos similares, como se usan en relación con una composición curada o curable, por ejemplo, una "composición curada" de alguna descripción específica, significa que al menos una parte de los componentes polimerizables y/o reticulables que forman la composición curable está polimerizada y/o reticulada. Además, el curado de una composición polimerizable se refiere a someter dicha composición a condiciones de curado tales como, pero sin limitación, curado térmico, que conduzcan a la reacción de los grupos funcionales reactivos de la composición, y que den lugar a la polimerización y a la formación de un polimerizado. Cuando una composición polimerizable se somete a condiciones de curado, tras la polimerización y tras la reacción de la mayoría de los grupos terminales reactivos, la velocidad de reacción de los grupos terminales reactivos restantes que no han reaccionado se vuelve progresivamente más lenta. La composición polimerizable se puede someter a condiciones de curado hasta que se cure al menos parcialmente. La expresión "al menos parcialmente curada" significa someter la composición polimerizable a condiciones de curado en las que se produzca la reacción de al menos una parte de los grupos reactivos de la composición para formar un polimerizado. La composición polimerizable también se puede someter a condiciones de curado de manera que se logre un curado esencialmente completo y en las que el curado adicional no produzca ninguna mejora adicional significativa en las propiedades del polímero, tales como la dureza.

20 El término "reactivo" se refiere a un grupo funcional capaz de experimentar una reacción química consigo mismo y/o con otros grupos funcionales de forma espontánea, o tras la aplicación de calor o en presencia de un catalizador o por cualquier otro medio conocido por los expertos en la materia.

25 Por "polímero" se entiende un polímero que incluye homopolímeros y copolímeros, y oligómeros. Por "material compuesto" se entiende una combinación de dos o más materiales diferentes.

30 En el método de la presente invención, se mitiga la acumulación de hielo sobre un sustrato mediante la aplicación en la superficie del sustrato de una composición filmógena curable. Los sustratos adecuados en el método de la presente invención incluyen sustratos metálicos rígidos tales como metales ferrosos, aluminio, aleaciones de aluminio, cobre y otros sustratos metálicos y de aleación. Los sustratos metálicos ferrosos usados en la práctica de la presente invención pueden incluir hierro, acero y aleaciones de los mismos. Los ejemplos no limitante de materiales de acero útiles incluyen acero laminado en frío, acero galvanizado (recubierto de cinc), acero electrogalvanizado, acero inoxidable, acero decapado, aleación de cinc-hierro tal como GALVANNEAL, y combinaciones de los mismos. También se pueden usar las combinaciones o los materiales compuestos de metales ferrosos y no ferrosos. Las superficies recubiertas de silicato de cinc inorgánico también son sustratos adecuados. En ciertas realizaciones de la presente invención, el sustrato comprende plástico o un material compuesto tal como un material compuesto de fibra de vidrio o de plástico.

45 Antes de depositar cualquiera de las composiciones de recubrimiento sobre la superficie del sustrato, es una práctica común, aunque no necesaria, eliminar la materia foránea de la superficie limpiando y desengrasando la superficie a fondo. Dicha limpieza normalmente tiene lugar tras la formación del sustrato (estampación, soldadura, etc.) en una forma de uso final. La superficie del sustrato puede limpiarse mediante medios físicos o químicos tales como, por ejemplo, abrasión mecánica de la superficie o limpieza/desengrasado con gomas de limpieza alcalinos o ácidos disponibles en el mercado que son bien conocidos por los expertos en la materia, tales como metasilicato de sodio e hidróxido de sodio. Un ejemplo no limitante de un agente de limpieza es CHEMKLEEN 163, un limpiador de base alcalina para sustratos metálicos disponible en el mercado en PPG Industries, Inc.

50 Tras la etapa de limpieza, el sustrato se puede enjuagar con agua desionizada o una solución acuosa de agentes de enjuague para eliminar cualquier residuo. El sustrato se puede secar al aire, por ejemplo, mediante el uso de una cuchilla de aire, retirada por vaporización instantánea del agua mediante una breve exposición del sustrato a una temperatura elevada o pasando el sustrato entre rodillos de escobilla de goma.

55 El sustrato puede ser una superficie desnuda, limpia; puede ser aceitosa, tratada previamente con una o más composiciones de pretratamiento y/o prepintada con una o más composiciones de recubrimiento, imprimaciones, etc., aplicadas mediante cualquier método, incluyendo, pero sin limitación, electrodeposición, pulverización, recubrimiento por inmersión, recubrimiento con rodillo, recubrimiento de cortina, y similares.

60 En el método de la presente invención, se aplica una composición filmógena curable a al menos una superficie del sustrato. Un sustrato puede tener una superficie continua, o dos o más superficies tales como dos superficies opuestas. Por lo general, la superficie que está recubierta es cualquiera que se espere exponer a condiciones que conduzcan a la acumulación de hielo.

65

La composición filmógena curable aplicada al sustrato en el método de la presente invención comprende:

(a) un componente resinoso que comprende:

- 5 (i) un poliepóxido;  
 (ii) un polisiloxano; y  
 (iii) un organooxisilano;
- 10 (b) una poliamina y/o un endurecedor de aminosilano difuncional; y  
 (c) al menos un polisiloxano adicional diferente del polisiloxano de (ii) anterior, y  
 (d) opcionalmente, catalizador como un compuesto orgánico de estaño.

15 El componente resinoso (a), el componente endurecedor (b) y cualquiera de los catalizadores deseados se combinan en presencia de una cantidad suficiente de agua para potenciar la hidrólisis del polisiloxano y/o organooxisilano y la policondensación de los silanoles producidos mediante dicha hidrólisis. El aminosilano y la resina de epóxido reaccionan para formar un polímero epoxi lineal curado. El polisiloxano y/o el organooxisilano se someten a una reacción de hidrólisis que produce silanol. El silanol se somete a policondensación formando un polímero de polisiloxano modificado con epoxi lineal.

20 Los poliepóxidos (i) normalmente son resinas hidrogenadas no aromáticas que contienen más de un grupo 1,2-epoxi por molécula y, más a menudo, dos grupos 1,2-epoxi por molécula. El peso por epóxido de dichas resinas está dentro del intervalo de 100 a aproximadamente 2.000. Por lo general, las resinas de epóxido que contienen grupos glicidiléter o glicidiléster son líquidas en lugar de sólidas, y tienen un peso por epóxido en el intervalo de aproximadamente 100 a aproximadamente 500. El poliepóxido está presente en el componente resinoso (a) en una  
 25 cantidad que varía del 15 al 45 por ciento en peso, basada en el peso total de los sólidos de resina del componente resinoso.

30 En general, los polisiloxanos (ii) tienen la fórmula:  $R''-O-[Si(R')_2-O]_nR''$ , en la que cada R' se selecciona del grupo que consiste en grupos hidroxilo, alquilo, arilo y alcoxi que tienen hasta seis átomos de carbono. Cada R'' se selecciona del grupo que consiste en hidrógeno, y grupos alquilo y arilo que tienen hasta seis átomos de carbono y en la que n se selecciona de modo que el peso molecular de los polisiloxanos pueda estar en el intervalo de 400 a aproximadamente 2.000 tal como de 900 a 2.000. El polisiloxano está presente en el componente resinoso (a) en una cantidad que varía del 15 al 45 por ciento en peso, basada en el peso total de sólidos de la resina de la  
 35 composición.

Por lo general, los organooxisilanos (iii) tienen la fórmula:  $R_3-Si(OR_4)_3$ , en la que  $R_3$  se selecciona del grupo que consiste en grupos arilo, alquilo y cicloalquilo que contienen hasta seis átomos de carbono, y en la que  $R_4$  se selecciona independientemente del grupo que consiste en grupos alquilo, hidroxialquilo, alcoxialquilo e hidroxialcoxialquilo que contienen hasta seis átomos de carbono. El organooxisilano está presente en el componente  
 40 resinoso (a) en una cantidad que varía del 1 al 10 por ciento en peso, basada en el peso total de los sólidos de resina de la composición.

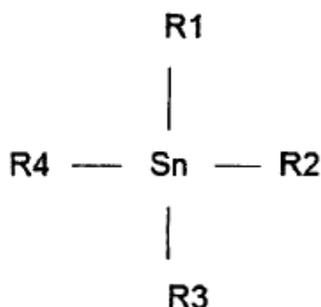
45 La resina epoxi, el polisiloxano y el organooxisilano se combinan para formar el componente resinoso (a), que está presente en la composición filmógena curable en una cantidad del 80 al 90 por ciento en peso, basada en el peso total de los sólidos de resina de la composición filmógena curable.

50 El endurecedor (b) comprende una amina seleccionada de las clases generales de aminas alifáticas, aductos de aminas alifáticas, poliamidoaminas, aminas cicloalifáticas y aductos de aminas cicloalifáticas, aminas aromáticas, bases de Mannich y cetiminas que pueden estar sustituidas completa o parcialmente con un aminosilano que tiene la fórmula general  $Y-Si-(O-X)_3$ , en la que Y es  $H(HNR)_a$  y en la que a es un número entero de dos a aproximadamente seis, cada R es un radical orgánico difuncional seleccionado independientemente del grupo que consiste en radicales arilo, alquilo, dialquilarilo, alcoxialquilo y cicloalquilo, y R puede variar dentro de cada molécula Y. Cada X puede ser igual o diferente, y se limita a grupos alquilo, hidroxialquilo, alcoxialquilo e hidroxialcoxialquilo que contienen menos de aproximadamente seis átomos de carbono. Hay al menos 0,7 equivalentes de amina o 0,2  
 55 moles de aminosilano por equivalente de epoxi presentes en la poliamina y/o el aminosilano polifuncional (b). Dichos materiales funcionales de amina normalmente son difuncionales, donde "a" de la fórmula indicada anteriormente para el aminosilano es uno. El endurecedor (b) normalmente está presente en la composición filmógena curable en una cantidad del 10 al 20 por ciento en peso, basada en el peso total de los sólidos de resina de la composición filmógena curable.

60 Puede haber un polisiloxano adicional (c) presente en la composición filmógena curable, y es diferente del polisiloxano usado en el componente resinoso (a). Los polisiloxanos adecuados suelen tener pesos moleculares medios en número de 200 a 14.000, tales como de 900 a 2.000, e incluyen polisiloxanos poliméricos tales como polidimetilsiloxano (PDMS). El polisiloxano es bien no funcional o tiene al menos un grupo funcional que es reactivo  
 65 con los grupos funcionales de al menos otro componente de la composición filmógena curable. Por ejemplo, el polisiloxano puede tener al menos un grupo hidroxilo y/o un grupo funcional de amina, tal como PDMS, con al menos

dos grupos funcionales de amina, permitiendo que reaccione con el agente de curado que tiene grupos funcionales de isocianato. Los ejemplos de polisiloxanos disponibles en el mercado incluyen WACKER FLUID NH 15D, 40D y 130D, de Wacker Chemie AG. Las cantidades típicas de polisiloxano de la composición filmógena curable varían del 1 al 35 por ciento en peso, a menudo del 5 al 30 por ciento en peso, basadas en el peso total de los sólidos de resina de la composición filmógena curable.

Cuando se incluye un catalizador (d), por lo general, se pretende efectuar o potenciar la reacción entre los grupos funcionales del componente resinoso (a) y el endurecedor (b) como se ha indicado anteriormente. Un catalizador típico es un compuesto organometálico tal como un catalizador orgánico de estaño que tiene la fórmula general:



en la que R1 y R4 se seleccionan de un grupo que consiste en grupos alquilo, arilo y alcoxi que tienen hasta once átomos de carbono, y R2 y R3 se seleccionan entre los mismos grupos que R1 y R4, o de un grupo que consiste en átomos inorgánicos tales como halógenos, azufre u oxígeno.

Los compuestos orgánicos de estaño útiles como catalizadores incluyen tetrametilestaño, tetrabutilestaño, tetraoctilestaño, cloruro de tributilestaño, metacrilato de tributilestaño, dicloruro de dibutilestaño, óxido de dibutilestaño, sulfuro de dibutilestaño, acetato de dibutilestaño, dilaurato de dibutilestaño, polímero de maleato de dibutilestaño, dilaurilmercaptida de dibutilestaño, octoato de estaño, bis(isooctiltioglicolato) de dibutilestaño, tricloruro de butilestaño, ácido butilestannoico, dicloruro de dioctilestaño, óxido de dioctilestaño, dilaurato de dioctilestaño, polímero de maleato de dioctilestaño, sulfuro de bis(isooctiltioglicolato) de dioctilestaño, 3-mercapto-propionato de dibutilestaño).

Un compuesto orgánico de estaño ilustrativo es el dilaurato de dibutilestaño. La combinación del compuesto de dibutilestaño con la amina en el endurecedor (b) actúa para catalizar el proceso de curado.

Otros compuestos organometálicos adecuados como catalizadores, aunque en menor medida debido a la menor reactividad, incluyen compuestos orgánicos de hierro, níquel, cobre, platino o plomo.

La composición filmógena puede comprender además una carga. Los ejemplos de cargas que pueden estar presentes incluyen minerales finamente divididos tales como sulfato de bario, sílice, incluyendo sílice de pirólisis y sílice coloidal, alúmina, alúmina coloidal, dióxido de titanio, circonio, circonio coloidal, arcilla, mica, dolomita, talco, carbonato de magnesio, carbonato de calcio, sulfato de calcio, silicato de calcio y/o metasilicato de calcio. Se cree que los materiales de carga, en combinación con las resinas de la composición, permiten propiedades reológicas útiles, tales como una alta viscosidad a baja cizalla. La combinación de materiales de carga y resinas en la composición de recubrimiento también permite el relleno y/o entrecruzamiento de los defectos superficiales de un sustrato, volviendo la superficie del sustrato más suave de lo que sería posible con otras composiciones de recubrimiento. La capacidad de la primera capa de recubrimiento para alisar los defectos superficiales del sustrato reduce esencialmente o incluso elimina la necesidad de preparar la superficie del sustrato, tal como mediante lijado o el uso de masilla para carrocería, que puede llevar mucho tiempo, requerir mucha mano de obra y costosas etapas de fabricación. Esta ventaja es particularmente útil en el recubrimiento de grandes partes de sustrato o sustratos con una rugosidad superficial importante, tales como los sustratos de fibra de vidrio usados en la fabricación de las palas eólicas. En ciertas realizaciones de la presente invención, se corrige al menos el 80 por ciento de los defectos de la superficie de un sustrato en un grado aceptable (es decir, que no requiere la preparación adicional de la superficie) tras la aplicación de la capa de recubrimiento.

La composición filmógena puede incluir además varios ingredientes opcionales y/o aditivos que son algo dependientes de la aplicación particular de la composición curable, tales como otros catalizadores de curado, pigmentos u otros colorantes descritos más adelante, refuerzos, tixótrópicos, aceleradores, tensioactivos, plastificantes, extendedores, estabilizadores, inhibidores de la corrosión, diluyentes, fotoestabilizadores a base de derivados de amina, absorbentes de la luz UV y antioxidantes.

Las composiciones curables usadas en la presente invención se pueden preparar como una composición de dos envases, normalmente curable a temperatura ambiente. Las composiciones curables de dos envases normalmente

se preparan mediante la combinación de los ingredientes inmediatamente antes de su uso.

Las composiciones pueden aplicarse al sustrato mediante uno o más de una serie de métodos que incluyen pulverización, baño/inmersión, cepillado o recubrimiento por flujo, pero más a menudo se aplican mediante pulverización. Se pueden usar técnicas de pulverización habituales y equipos para la pulverización con aire y la pulverización electrostática, así como métodos bien manuales o automáticos. La capa de recubrimiento normalmente tiene un espesor de película seca de 50,8-635 micrómetros (2-25 milésimas de pulgada), a menudo 127-635 micrómetros (5-25 milésimas de pulgada).

Las composiciones filmógenas se pueden aplicar directamente en la superficie del sustrato o sobre una capa de imprimación u otro recubrimiento sobre el sustrato. Un ejemplo de imprimación adecuada es AMERLOCK 2/400.

Tras formar una película del recubrimiento sobre el sustrato, la composición se puede curar dejando que repose a temperatura ambiente, o una combinación de curado a temperatura ambiente y curado en horno. La composición se puede curar a temperatura ambiente normalmente en un periodo que varía de aproximadamente 4 a aproximadamente 38 horas. Si la humedad ambiente es inferior al 40 % de humedad relativa, entonces, los tiempos de curado se pueden prolongar. Tras la aplicación de la composición filmógena curable en el sustrato y tras el curado, el sustrato recubierto demuestra una fuerza de carga media máxima de 400 N, a menudo de 300 N, más a menudo de 200 N o 100 N, cuando se somete al ENSAYO DE ADHESIÓN DE HIELO descrito a continuación.

### Ejemplos

Para evaluar la eficacia de los cambios en la formulación sobre la adhesión de hielo se desarrolló un ENSAYO DE ADHESIÓN DE HIELO. El método de ensayo usado se describe en el documento del Cuerpo de Ingenieros del Ejército Estadounidense del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería ERDC/CRREL TR-06-11, que se incorpora en el presente documento por referencia. Se modificó el diseño del dispositivo como se describe en dicho documento para interactuar con el equipo de ensayo existente y para recibir paneles de ensayo de aproximadamente 0,08 cm (0,032") de espesor. En general, el procedimiento fue el siguiente: se recubrió un panel de ensayo de 10,16 cm (4") de ancho por ambos lados con el/los recubrimiento/s deseado/s. Tras el tiempo de curado adecuado, se cortaron cinco tiras de 2,54 x 10,16 cm (1 x 4") del panel de ensayo. Se pegaron con cinta adhesiva las tiras de ensayo en el centro del dispositivo de ensayo de manera que el dispositivo se pudiera llenar de agua de 2,54 cm (una pulgada) de profundidad. Se usó agua refrigerada para rellenar los dispositivos de ensayo, asegurándose de que ambos lados del panel recubierto estaban en contacto con 2,54 cm (una pulgada) de agua. Se colocó todo el dispositivo de ensayo en un congelador durante la noche -20 °C. A continuación, se transfirió el dispositivo de ensayo a un medidor de la tracción (por ejemplo, INSTRON 5567) dotado de una cámara ambiental también a -20 °C. Se montó el dispositivo de ensayo de manera que el extremo fijo del medidor de la tracción estuviera conectado al dispositivo de ensayo, y la mordaza móvil estuviera conectada al panel de ensayo. Esta configuración de ensayo crea un movimiento relativo entre la tira reactiva y el hielo que se forma a partir del agua. Se retiró la cinta adhesiva que mantenía la tira reactiva y el agua en su sitio y, a continuación, usando una velocidad de extensión constante, se registró la fuerza máxima necesaria para retirar el panel del hielo. Por lo general, se ensayaron cinco muestras de cada variación de recubrimiento, y se informó de una carga máxima media.

### Ejemplo 1

El Ejemplo 1 demuestra la preparación de composiciones filmógenas curables de acuerdo con la presente invención. Se incorporaron diversos materiales de polidimetilsiloxano (PDMS) al componente de resina PSX 700 (disponible en el mercado en PPG Industries, Inc.), un recubrimiento de siloxano de ingeniería fabricado por las patentes de EE.UU. n.º 5.618.860 y 5.275.645, incorporadas en el presente documento por referencia. Se incorporaron los materiales de PDMS ensayados al PSX 700 mediante la adición de los PDMS a la PSX 700 y agitación. A continuación, se añadió el componente de curado y se volvió a agitar la mezcla de nuevo. La Tabla 1 muestra las formulaciones ensayadas. La Formulación 1 es el control comparativo, sin polisiloxano (c) adicional incluido.

Tabla 1. Formulaciones de PSX 700 con PDMS

Descripción	Formulación		
	1 (g)	2 (g)	3 (g)
Resina PSX 700	172,02	158,39	158,39
WACKER FLUID NH 130 D <sup>1</sup>		15,84	
RHODORSIL® 48 V 3500 <sup>2</sup>			15,84
Curado de PSX 700	27,98	25,76	25,76
Total	200	200	200

<sup>1</sup>Disponible en Wacker Silicones  
<sup>2</sup>Disponible en Bluestar Silicones

5 Se aplicó el recubrimiento a un panel de ensayo de acero laminado en frío recubierto con ED6060CZ obtenido de paneles de ensayo ACT LLC tras raspar la superficie con un Scotch-Brite de 3M. El recubrimiento se aplicó usando una pistola de pulverización HVLP a 206,84 kPa (30 psi). El recubrimiento se aplicó en dos capas con una aireación ambiental de cinco a diez minutos entre las capas. Se dejó secar y curar el recubrimiento durante siete días en condiciones ambientales antes del ensayo. Entonces, se llevó a cabo el ensayo de adhesión de hielo mediante el método descrito anteriormente. La Tabla 2 resume los resultados del ensayo de adhesión de hielo. El porcentaje en peso del PDMS se calcula multiplicando el porcentaje deseado por la masa de resina PSX-700.

10

**Tabla 2.** Resultados del ensayo de adhesión de hielo

Formulación	% en peso de PDMS	Carga media máxima (N)
1	Ninguno	438
2	FLUID NH 130 D al 10 %	59
3	RHODORSIL® 48 V 3500 al 10 %	40

La incorporación de los diversos materiales de PMDS redujo la carga media máxima observada en aproximadamente 380-400 N, o aproximadamente el 90 %, en comparación con la formulación 1, la formulación de control.

15

## REIVINDICACIONES

1. Una composición filmógena curable para mitigar la acumulación de hielo sobre un sustrato, que comprende:
- 5 (a) un componente resinoso que comprende:
- (i) un poliepóxido;
- (ii) un polisiloxano; y
- 10 (iii) un organooxisilano;
- (b) una poliamina y/o un aminosilano;
- (c) al menos un polisiloxano adicional diferente del polisiloxano de (ii) anterior, y
- (d) opcionalmente, un catalizador.
- 15 2. La composición filmógena curable de la reivindicación 1, en la que el poliepóxido (i) comprende una resina hidrogenada no aromática que contiene más de un grupo glicidiléter o glicidiléster por molécula.
3. La composición filmógena curable de la reivindicación 1, en la que el polisiloxano (ii) tiene la fórmula:  $R''\text{-O-}[\text{Si}(R')_2\text{-O}]_nR''$ , donde cada  $R'$  se selecciona entre grupos hidroxilo, alquilo, arilo y alcoxi que tienen hasta seis átomos de carbono; cada  $R''$  se selecciona entre hidrógeno y grupos alquilo y arilo que tienen hasta seis átomos de carbono y en donde  $n$  se selecciona de modo que el peso molecular medio en número de los polisiloxanos está en el intervalo de 400 a 2.000.
- 20 4. La composición filmógena curable de la reivindicación 1, en la que el organooxisilano (iii) tiene la fórmula:  $R_3\text{-Si}(\text{OR}_4)_3$ , donde  $R_3$  se selecciona entre grupos arilo, alquilo y cicloalquilo que contienen hasta seis átomos de carbono y donde  $R_4$  se selecciona independientemente entre grupos alquilo, hidroxialquilo, alcóxialquilo e hidroxialcoxialquilo que contienen hasta seis átomos de carbono.
- 25 5. La composición filmógena curable de la reivindicación 1 o la reivindicación 4, en la que el polisiloxano (c) comprende al menos un grupo funcional hidroxilo y/o amina.
- 30 6. La composición filmógena curable de la reivindicación 5, en la que el polisiloxano (c) comprende polidimetilsiloxano que comprende al menos dos grupos funcionales hidroxilo y/o amina.
- 35 7. La composición filmógena curable de la reivindicación 1, en la que el polisiloxano (c) tiene un peso molecular medio en número de 200 a 14.000.
8. La composición filmógena curable de la reivindicación 1, en la que el polisiloxano (c) está presente en la composición filmógena curable en una cantidad del 1 al 35 por ciento en peso, basada en el peso total de los sólidos de la resina de la composición filmógena curable.
- 40 9. La composición filmógena curable de la reivindicación 8, en la que el polisiloxano (c) está presente en la composición filmógena curable en una cantidad del 5 al 30 por ciento en peso, basada en el peso total de los sólidos de la resina de la composición filmógena curable.
- 45 10. Un método de mitigación de la acumulación de hielo sobre un sustrato, que comprende aplicar al sustrato la composición filmógena curable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9.
- 50 11. El método de la reivindicación 10, en el que la composición filmógena curable se cura a temperatura ambiente.
12. El método de la reivindicación 10, en el que el sustrato comprende metal, plástico y/o un material compuesto.
13. El método de la reivindicación 12, en el que el sustrato comprende acero.
- 55 14. El método de la reivindicación 10, en el que se aplica al sustrato una composición filmógena de imprimación antes de la aplicación de la composición filmógena curable.