

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 648**

51 Int. Cl.:

B32B 5/18 (2006.01)

B32B 27/42 (2006.01)

F16L 59/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2008 PCT/GB2008/001498**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2008 WO08135724**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2008 E 08737136 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 2150403**

54 Título: **Estructuras termoaislantes**

30 Prioridad:

02.05.2007 GB 0708471

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

28.11.2018

73 Titular/es:

**ADVANCED INSULATION LIMITED (100.0%)
Unit E Quedgeley West Business Park, Bristol
Road
Gloucester, GL2 4PA, GB**

72 Inventor/es:

**SHEPHERD, SIMON, HARRY y
MELLERSH, PETER, JOHN**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 691 648 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

Estructuras termoaislantes.

5 La presente invención se refiere a estructuras termoaislantes y a un procedimiento de aplicación de estructuras termoaislantes a un sustrato para una utilización submarina.

10 La aplicación de aislamiento térmico a equipos submarinos de petróleo y gas es esencial tanto para la viabilidad técnica como para la viabilidad económica de un proyecto, en particular en explotaciones en aguas profundas y aguas ultraprofundas.

15 Los beneficios del aislamiento térmico son en primer lugar una mayor tasa de producción manteniendo la temperatura del petróleo alta y velocidades de flujo crecientes. En segundo lugar, unos costes de procesamiento inferiores por la eliminación de la necesidad de volver a calentar el petróleo crudo para la separación de agua tras su llegada a la plataforma. En tercer lugar, prevención de la formación de hidrato y cera manteniendo la temperatura del petróleo por encima de la que se forman hidratos, eliminando a su vez bloqueos en tuberías que aumentarían los costes de producción. En cuarto lugar, la eliminación de la necesidad de inyección de metanol para superar los problemas descritos anteriormente. En quinto lugar, una reducción en la necesidad de limpieza interna de las tuberías (conocido como limpieza de tuberías por raspado). Por lo tanto, el aislamiento térmico puede constituir la diferencia entre que un proyecto sea o no viable.

20 Existen muchos sistemas para intentar mantener la temperatura del petróleo extraído cuando pasa a través de aquellas partes de la canalización de suministro que están expuestas a los efectos de enfriamiento del agua del mar, hasta las bocas de pozo o plataformas de recuperación. Pueden unirse elementos de calentamiento eléctricos a la canalización, puede rodearse la canalización por tubos anulares que pueden contener o no elementos de calentamiento eléctricos o tubos de intercambio de calor para calentamiento por fluido bombeado. Sin embargo, tales disposiciones son claramente caras de instalar y complicadas de mantener, mientras que los sistemas de aislamiento pasivo se basan sólo en mantener la temperatura del gas o petróleo crudo extraído impidiendo la pérdida de calor.

25 Se proporciona un aislamiento pasivo mediante muchos tipos de sólido expandido, pero claramente las limitaciones y necesidades para la instalación en un entorno submarino limitan los materiales a aquellos que pueden hacerse impermeables a la entrada de agua de mar, resistentes tanto al intervalo de temperaturas absolutas experimentadas como al diferencial de temperatura a través del aislamiento, al tiempo que sean suficientemente elásticos como para resistir los esfuerzos de flexión e impacto correspondientes a la instalación, el transporte y el funcionamiento.

30 Los elementos de equipos submarinos que se benefician del aislamiento térmico incluyen bocas de pozo y árboles de Navidad, piezas de carrete, colectores, enjuagadoras y juntas de montaje de tuberías. Claramente, cualquier material o sistema de aislamiento debe poder conformarse fácilmente para dar formas complejas para adaptarse a los componentes de un conjunto de tuberías.

35 Las espumas sintácticas son espumas creadas rellenando una matriz resinosa con una partícula que contiene por sí misma un vacío cerrado, tal como una esfera hueca, de manera que la densidad relativa aparente del material en partículas es significativamente inferior a la densidad relativa verdadera del material sólido del que está compuesta la esfera. Esta propiedad se transmite entonces a la matriz resinosa en proporción al volumen ocupado por las esferas en partículas huecas. Las partículas esféricas presentan un efecto de refuerzo, utilizando el mismo mecanismo que los refuerzos fibrosos. Sin embargo, los refuerzos esféricos proporcionan propiedades isotrópicas, mientras que los refuerzos fibrosos o laminares proporcionan propiedades direccionales.

40 El documento EP 0 630 956 A2 da a conocer unos materiales resistentes al fuego de intercalación que comprenden un núcleo de espuma sintáctica formada a partir de una resina fenólica de curado en frío resol.

45 El documento EP 1 420 042 A1 da a conocer una composición de espuma fenólica sintáctica. Todas las proporciones en la presente memoria se expresan como porcentajes en peso.

50 Según la presente invención se proporciona una estructura termoaislante aplicada a un sustrato tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. La estructura incluye un revestimiento de enlace (del inglés "tie coat") interior flexible que puede unirse al sustrato, siendo el revestimiento de enlace el producto de reacción de un primer material que incluye una resina fenólica de curado en frío y un segundo material que incluye un éster de fosfato parcial; una capa aislante de espuma que es el producto de reacción de una resina sintáctica fenólica de curado en frío y un éster de fosfato parcial, y que incluye entre el 15 y el 30% de cenosferas de vidrio y hasta el 20% de un flexibilizador de caucho de nitrilo-butadieno, y una capa protectora exterior que es el producto de reacción de una resina fenólica de curado en frío y un éster de fosfato parcial.

ES 2 691 648 T3

- El revestimiento de enlace, la capa aislante y/o la capa exterior pueden incluir agente de acoplamiento de silano aminofuncional.
- 5 En el revestimiento de enlace, el primer material puede incluir el 50 - 75% en peso de resina fenólica, y de manera deseable el 65 - 70% de resina fenólica. La resina fenólica puede ser una resina fenólica resol, y puede presentar un contenido en agua no mayor del 16%.
- El primer material del revestimiento de enlace puede incluir hasta el 2% de etanodiol como plastificante.
- 10 El primer material del revestimiento de enlace puede incluir hasta el 2% de un agente anti-cisuras.
- El primer material del revestimiento de enlace puede incluir entre el 0,5 y el 2,5% del agente de acoplamiento de silano.
- 15 El primer material del revestimiento de enlace puede incluir entre el 1 y el 4% de sílice pirogénica.
- El primer material del revestimiento de enlace puede incluir entre el 15 y el 30%, y de manera deseable entre el 23 y el 28%, de cenosferas, y las envolturas de cenosfera pueden ser una mezcla de cualquiera de zircona, titanía, alúmina u óxidos férricos.
- 20 El segundo material del revestimiento de enlace puede incluir entre el 90 y el 98% de éster de fosfato parcial.
- El segundo material del revestimiento de enlace puede incluir hasta el 1% de ácido sulfónico como acelerador de curado.
- 25 El segundo material del revestimiento de enlace puede incluir hasta el 10% de agua.
- La razón de las partes primera con respecto a segunda del revestimiento de enlace puede ser de entre 5:1 y 10:1.
- 30 El primer material de la capa aislante puede incluir entre el 35 y el 75% de resina fenólica, y de manera deseable entre el 50 y el 70%. La resina fenólica puede ser una resina fenólica resol, con un contenido en agua no mayor del 16%.
- 35 El primer material de la capa aislante puede incluir hasta el 7% de fosfonato de dietilo como plastificante, y de manera deseable entre el 6 y el 6,5%.
- El primer material de la capa aislante puede incluir hasta el 2,5% del agente de acoplamiento de silano.
- 40 El primer material de la capa aislante puede incluir hasta el 5% de hebras de vidrio, hebras de vidrio que presentan preferentemente entre 3 y 12 mm de longitud, y de manera deseable entre 5 y 7 mm de longitud.
- El primer material de la capa aislante puede incluir hasta el 5% de fibra de zircona.
- 45 El primer material de la capa aislante incluye entre el 15 y el 30% de cenosferas de vidrio, y las cenosferas pueden presentar una SG de entre 0,005 y 0,02.
- El primer material de la capa aislante incluye hasta el 20% de un flexibilizador, que puede ser un caucho de nitrilo-butadieno.
- 50 El segundo material de la capa aislante puede incluir hasta el 3% de ácido paratoluenosulfónico como acelerador de curado. El segundo material de la capa aislante puede incluir agua.
- La proporción de primer material con respecto a segundo material de la capa aislante puede ser de entre 4:1 y 10:1.
- 55 El primer material de la capa exterior puede incluir entre el 50 y el 100% de resina fenólica, y de manera deseable entre el 63 y el 69%. La resina fenólica puede ser una resina fenólica resol con un contenido en agua no mayor del 16%.
- 60 El primer material de la capa exterior puede incluir hasta el 2,5% de un agente de acoplamiento de silano.
- El primer material de la capa exterior puede incluir hasta 1% de etanodiol.
- 65 El primer material de la capa exterior puede incluir aproximadamente hasta el 4% de sílice pirogénica.

La razón de los materiales primero con respecto a segundo en la capa exterior puede ser de entre 10:1 y 20:1.

Puede incluirse refuerzo de fibras en la capa exterior, y las fibras pueden ser de vidrio, Kevlar o carbono.

5 A continuación se describen unas formas de realización de la presente invención únicamente a título de ejemplo.

Ejemplo 1 (no representativo de la invención)

10 Se constituyó una estructura termoaislante a partir de un revestimiento de enlace, una capa aislante de espuma y una capa exterior con los siguientes constituyentes. Se formaron los primer y segundo materiales y se mezclaron entre sí en las siguientes proporciones.

Revestimiento de enlace

15 Primer material

Resina fenólica	68,5%
Etanodiol	0,7%
Agente anticisuras	0,7%
Agente de acoplamiento de silano	0,7%
Adyuvante de dispersión	0,045
Sílice pirogénica	3,1%
Cenoesferas	26%

Segundo material

Éster de fosfato parcial	94%
Ácido paratoluenosulfónico	1%
Agua	5%

20 Primer material: Segundo material 7:1

Capa aislante

25 Primer material

Resina fenólica	67,5%
Fosfonato de dietiletilo	6,25%
Agente de acoplamiento de silano	0,75%
Adyuvante de dispersión	3%
Hebras de vidrio cortadas	2,2%
Fibra de zircona	1,8%
Cenoesferas de vidrio	20,6%

Segundo material

Éster de fosfato parcial	95%
Ácido paratoluenosulfónico	5%

30 Primer material: Segundo material 4,25:1

Capa exterior

35 Primer material

Resina fenólica	97,1%
Agente de acoplamiento de silano	0,5%
Etanodiol	0,8%
Sílice pirogénica	1,6%

Segundo material

Éster de fosfato parcial	100%
--------------------------	------

40 Primer material: Segundo material 12,5:1

ES 2 691 648 T3

La resina fenólica es una resina fenólica resol con una baja viscosidad y un contenido en agua no mayor del 16%.

5 El agente de acoplamiento de silano es un agente de acoplamiento de silano amino-funcional, representado normalmente por Dow Corning™ DC6137, un producto de Dow Corning Corporation.

Las hebras de vidrio cortadas presentan normalmente entre 3 y 12 mm de longitud y de manera óptima aproximadamente 6 mm de longitud.

10 La fibra de zircona es una fibra molida fina, representada normalmente por la fibra de cerámica Enfil™, un producto de Thermal Ceramics.

15 Las cenoesferas de vidrio son esferas expandidas de vidrio huecas con una SG de entre 0,005 y 0,02, y de manera óptima de 0,01. Están representadas normalmente por Scotchlite™ K1, un producto de 3M Speciality Materials.

20 El éster de fosfato parcial utilizado en el curado del revestimiento superior puede ser cualquier éster de fosfato parcial seleccionado por ejemplo de Budit™ 380, un producto de Chemische Fabrik Budenheim, cualquiera de la variedad Hordaphos™, productos de Clariant GmbH, o de manera óptima éster de fosfato parcial producido según el documento EP1622965.

El agente anti-cisuras es Troysol LAC™ un producto de Troy Chemical Company.

25 La sílice pirogénica es un tixotropo seleccionado de cualquier suministro adecuado, y normalmente es Cab-O-Sil™ TS 610 un producto de Cabot Corporation.

Las cenoesferas en el revestimiento de enlace son cenoesferas de alta resistencia en las que la envoltura es una mezcla de zircona, titania, alúmina y óxidos férricos. Un producto apropiado sería Zeeospheres 200 de 3M.

30 Una estructura termoaislante puede aplicarse sobre un sustrato tal como equipos submarinos a los que se hizo referencia anteriormente. Los primer y segundo materiales del revestimiento de enlace se mezclan entre sí y se pegan sobre el sustrato que normalmente será de acero preparado, para proporcionar una capa probablemente de 0,15 a 1 mm de grosor. Esta capa se deja curar sin tratar.

35 Cuando están preparados, los primer y segundo materiales de la capa aislante se mezclan entre sí.

40 El aire incorporado en el interior del material durante el mezclado se elimina consolidando el material de mezcla de reacción 1 y 2 para dar losas maleables de un grosor predeterminado y controlado o bien en una prensa neumática o bien en una mesa de vacío. Estas losas se aplican entonces sobre la parte superior del revestimiento de enlace curada sin tratar. Pueden aplicarse capas de hasta 30 mm de grosor, y múltiples capas, según se requiera.

45 Después de aproximadamente 48 h, se forma entonces la capa exterior sobre la parte superior de la capa aislante. Los materiales de la capa exterior se mezclan entre sí y entonces se depositan sobre un refuerzo de fibras apropiado que puede estar en forma de cinta, y que podría ser de vidrio, Kevlar, carbono u otros materiales. La capa exterior presentaría normalmente de 3 a 5 mm de grosor.

A continuación, se proporcionan las propiedades obtenidas con una estructura aislante de este tipo.

	Capa de aislamiento	Revestimiento superior
Densidad de curado	753 kg/m ³	1350 kg/m ³
Densidad aplicada	700 kg/m ³	
Conductividad térmica (nueva)	0,14 W/mK	0,20 W/mK
Conductividad térmica (envejecida)	0,20 W/mK	0,22 W/mK
Capacidad calorífica específica (nueva)	2400 J/kgK	
Temperatura de funcionamiento máxima	200°C	200°C
Profundidad de funcionamiento máxima	3000 msw	3000 msw
Dureza	65 Shore D	Barcol 75
Resistencia a la tracción	12,3 MPa/1785 psi	61,6 MPa/8935 psi
Módulo de tracción	1718 MPa/249175 psi	5660 MPa/820915 psi
Deformación por tracción hasta la rotura	0,7%	1,6%
Resistencia a la compresión	27,3 MPa/3960 psi	
Resistencia a la compresión triaxial	>30 MPa/2690 psi	
Resistencia a la flexión	18,5 MPa/2690 psi	147 MPa/21320 psi
Módulo de flexión	1577 MPa/228725 psi	5574 MPa/808440 psi

ES 2 691 648 T3

	Capa de aislamiento	Revestimiento superior
Resistencia al cizallamiento (cizallamiento de solapado)	0,9 MPa/130 psi	
Módulo de cizallamiento	16,3 MPa/2365 psi	
Unión de cizallamiento entre capas	100% - Las pruebas de adhesión entre capas siempre fallan en material	
Expansión térmica	$20,7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	
Coefficiente de Poisson	0,34	

Segundo ejemplo

Se formó una estructura similar de un modo similar pero con una capa aislante con la formulación siguiente.

5

Primer material

Resina fenólica	52%
Agente de acoplamiento de silano	1,8%
Hebras de vidrio cortadas	1,75%
Cenoesferas de vidrio	26,5%
Flexibilizador	17,3%

Segundo material

10

Éster de fosfato parcial	100%
--------------------------	------

Primer material: Segundo material 7,14:1

15

El flexibilizador es un caucho de nitrilo-butadieno, representado normalmente por Nipol™ 1411, un producto de Nippon Zeon Co.

20

En ambos ejemplos, los ésteres de fosfato parciales actúan como agentes de curado para potenciar la flexibilidad y la ductilidad de la resina fenólica curada. Esta es una característica importante para permitir que la estructura de aislamiento resista tanto la flexión mecánica como la expansión térmica de la canalización. Esta característica se potencia por la presencia en las tres capas del agente de acoplamiento de silano, y los adyuvantes de dispersión que sirven para potenciar la resistencia de la superficie de contacto de refuerzo de matriz. Esta propiedad puede potenciarse por la presencia de plastificantes (fosfonato de dietiletilo, etanodiol) y también del flexibilizador que potencia de nuevo la ductilidad de la capa aislante.

25

Las estructuras pueden formarse mediante curado en frío, lo que las hace ideales para aplicación directa en cualquier fase de fabricación de equipos y canalización. Las estructuras pueden aplicarse a estructuras terminadas y montadas in situ en condiciones ambientales. El material no experimenta contracción durante el curado, permitiendo de ese modo el control del grosor durante la aplicación. El procedimiento de aplicación garantiza que las uniones serán homogéneas, evitando de ese modo puntos débiles en el sistema. El procedimiento de aplicación es relativamente sencillo lo que hace que la modificación y el ajuste para la cobertura de grosor del aislamiento sean rápidos y sencillos.

30

Las estructuras según la invención se sometieron a pruebas de funcionamiento simuladas tal como se expone a continuación:

35

Se sometió a prueba la conductividad térmica de una estructura aislante según la invención realizando una prueba de funcionamiento simulado a escala completa en una sección de tubería de 6" de OD aislada hasta un grosor de 94 mm (3,7") con la estructura aislante. Se sumergió la muestra de prueba en un recipiente de presión y se expuso a las condiciones de funcionamiento (véanse a continuación) durante un periodo de 36 días a una temperatura de fluido interno de 148°C y una temperatura de agua de mar externa de 8°C y una presión de 175 bar. Esto proporciona una conductividad térmica del sistema global de 0,151 W/mK que está de acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior derivados de mediciones de laboratorio.

40

45

La estructura también se sometió a pruebas de choque térmico y ciclado térmico. La tubería de prueba era de dúplex de 300 mm (12") de longitud de 2" tapada en un extremo y revestida en la estructura aislante hasta un grosor de 30 mm de espuma de aislamiento más 4 mm de revestimiento superior. Esta muestra de la tubería revestida se sometió a un ciclo de entre 15° y 190° durante un total de 240 ciclos con el fin de demostrar las propiedades de estabilidad y adhesión de la estructura aplicada al trabajo de acero imprimado en condiciones de ciclado normales en funcionamiento. El tiempo del ciclo medido fue de 180 minutos y la prueba se realizó de manera continua durante 30 días. Tras la finalización, la tubería de prueba se cortó longitudinal y transversalmente y se examinaron las superficies de contacto para determinar roturas. No se encontró

50

desprendimiento entre las capas y no se encontró agrietamiento dentro de las capas ni del aislamiento ni de la capa protectora exterior.

5 El sistema también se ha sometido a pruebas para simular los efectos del choque térmico de un recipiente de LNG purgado y para investigar si tales condiciones afectarían a la integridad de la estructura. La prueba se realizó en un recipiente cilíndrico revestido con aluminio pulverizado térmicamente y el sistema submarino.

10 El cilindro de prueba se llenó con una mezcla de agua/glicol y se calentó hasta 100°C, entonces se drenó rápidamente y se reemplazó con una suspensión de agua/glicol a -30° que redujo la temperatura del acero hasta la ambiental en el plazo de 3 a 4 minutos. El cilindro se drenó de nuevo y se llenó con bolas de arcilla de espuma enfriadas previamente en nitrógeno líquido y nitrógeno líquido, después de lo cual se midió la temperatura a -185°C. Tras 5 minutos, se retiró el nitrógeno líquido y se dejó calentar el recipiente en condiciones ambientales hasta que se alcanzó una temperatura de -40°C, después de lo cual se vertieron agua/glicol a 80°C en el recipiente. Tras la finalización de la prueba, se cortaron muestras y se examinaron para determinar roturas. No se encontró desprendimiento ni ningún otro tipo de fallo de integridad.

20 Se llevó a cabo una prueba adicional con una reparación añadida a la estructura para reproducir una reparación de funcionamiento o junta de montaje. De nuevo, no se encontró desprendimiento ni fallo de integridad lo que ilustra tanto la unión excelente entre los dos materiales como la resistencia equivalente al choque térmico.

25 Además de la prueba descrita anteriormente, se realizaron pruebas adicionales para examinar los efectos de degradación del ciclado térmico. Se sometieron a ciclado muestras de la estructura de aislamiento sobre sustratos de acero desde 120°C hasta -20°C durante treinta ciclos cada uno, lo que implica la transición instantánea entre los extremos de temperatura. Ciclado desde 90°C hasta -20°C durante treinta ciclos en inmersión completa en agua de mar a presión ambiental con un tiempo de enfriamiento/calentamiento de aproximadamente 2 horas.

30 No se produjo ningún efecto sobre la unión al sustrato de acero a partir de ningún régimen térmico. Los efectos sobre las muestras saturadas y no saturadas con agua fueron indistinguibles.

35 Además, la estructura de aislamiento se ha evaluado adicionalmente con respecto al choque térmico. Se revistió una muestra de tubería de 6" de OD con la estructura. Se sometió la sección de tubería a choque térmico introduciendo petróleo caliente a 121°C en el interior de la tubería lo más rápidamente posible permitiéndose entonces que se enfriara el petróleo caliente. La temperatura externa era de 4°C y la presión era ambiental. La prueba se repitió durante cinco ciclos. Tras cada ciclo, se examinó visualmente la muestra de prueba para determinar signos de agrietamiento y desprendimiento. Tras la finalización del programa de pruebas, se cortó la muestra de prueba en secciones y se examinó para determinar signos de grietas, desprendimiento y deslaminación. No se encontró agrietamiento, deslaminación ni desprendimiento en la muestra de prueba ni entre cualquiera de las capas ni en el sustrato.

40 Se han realizado pruebas de curvatura a escala completa en una tubería de 12,2 metros de longitud de 6" de OD revestida con un grosor de espuma de 60 mm de la estructura de aislamiento. En la sección central de la muestra de prueba se instaló una junta de montaje para someter a prueba si esta daría lugar a una sección debilitada. Se curvó la tubería hasta desarrollar una deformación del 0,27% sobre la superficie exterior de la tubería de acero durante una duración de 5 ciclos. La velocidad de deformación utilizada fue rápida porque la curvatura se realizó desde su posición recta hasta la curvatura completa en un periodo de 3 segundos. La temperatura de prueba fue de 4°C lo que se logró enfriando la muestra y aplicando aislamiento extra para mantener la temperatura.

50 Tras la prueba, se inspeccionó la muestra para determinar signos de agrietamiento, deslaminación y desprendimiento. No se encontró agrietamiento, deslaminación o desprendimiento en la muestra de prueba ni entre las capas ni en el sustrato.

55 La estructura de aislamiento se ha sometido a pruebas de fatiga que implican hasta 1000 ciclos a >75% de la carga de rotura prevista en pruebas de flexión. La resistencia y el módulo finales del sistema se redujeron en aproximadamente el 10% durante el primer ciclo de carga; los ciclos posteriores no disminuyeron el módulo ni la carga de rotura. Este rendimiento es comparable al de sistemas verdaderamente elásticos y ofrece una mejora sobre los sistemas basados en poliuretano y poliisocianato o GRP.

60 Se han evaluado las resistencias al cizallamiento y a la compresión de la estructura a -20°C, temperatura ambiental y a temperaturas de hasta 160°C. Se han realizado cargas de repetición (>140 ciclos) del sistema hasta el 75% de la carga de rotura por cizallamiento prevista a temperatura ambiental y elevada. Estas pruebas han demostrado que la estructura no resulta afectada por la carga de repetición y confirman los resultados de la prueba de fatiga para la carga por flexión.

65

ES 2 691 648 T3

- 5 También se realizó la evaluación en un modo en voladizo doble con deformación por curvatura objetivo al 0,4% en curvatura en voladizo doble en muestras del sistema de estructura. Una exploración térmica mostró transiciones de tres fases a -60°C, -10°C y 60°C. Las pruebas se completaron a entre -5°C y 4°C, lo que significa módulo y amortiguación cambiados con la temperatura pero necesarios para mantener la temperatura máxima por debajo de 4°C. Partir de -5°C garantizó que la tasa de calentamiento fuera manejable, enfriándose la temperatura a través de la adición de nitrógeno líquido. Las pruebas se realizaron a 3 Hz lo que para 5000 ciclos equivale a 27,8 minutos.
- 10 Todas las pruebas se realizaron durante 30 minutos como mínimo. Al final de cada prueba, se inspeccionaron las muestras bajo un microscopio óptico y se exploraron las superficies a 10x aumentos para buscar microgrietas. La temperatura media para las tres pruebas individuales fue de -2°C, -4°C y -4°C. Todas las pruebas realizaron a una deformación del 0,4% (+3/-1%). Las pruebas fueron completamente satisfactorias sin que se informara de agrietamiento en el material.
- 15 Se han evaluado las propiedades de resistencia al impacto de la estructura de aislamiento cuando se une a una sección de tubería de acero. Se revistió una muestra de tubería de acero al carbono de 10" de OD con la estructura. La prueba se diseñó para reflejar el daño en funcionamiento real. Se reprodujo el impacto haciendo rodar la tubería fuera de los soportes a una elevación de 3,66 mm. La superficie de impacto era hormigón armado. La tubería se dejó caer tres veces y se evaluó el daño tras cada caída. El peso de la tubería de 20 3.329,5N dio como resultado una energía de impacto de 12.186 J.
- 25 La superficie de la estructura de aislamiento mostró algunos arañazos tras la tercera caída. También hubo algunas pequeñas perforaciones localizadas en el revestimiento superior de material compuesto producidas por la grava sobre la superficie del hormigón. No hubo desprendimiento de la estructura del acero. La tubería de acero mostró un gran daño donde se había producido el impacto, demostrándose así que la estructura de aislamiento presenta suficiente resistencia al impacto como para soportar los rigores de fabricación y el procedimiento de manipulación y los riesgos asociados.
- 30 Por tanto, se describe una estructura termoaislante y un método de aplicación de una estructura de este tipo que proporciona varias ventajas. Tal como se expone anteriormente se logra un rendimiento potenciado, mientras que puede aplicarse fácilmente una estructura en una amplia variedad de condiciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Estructura termoaislante aplicada a un sustrato para una utilización submarina, incluyendo la estructura un revestimiento de enlace interior flexible que puede unirse al sustrato, siendo el revestimiento de enlace el producto de reacción de un primer material que incluye una resina fenólica de curado en frío y un segundo material que incluye un éster de fosfato parcial; una capa aislante de espuma que es el producto de reacción de una resina sintáctica fenólica de curado en frío y un éster de fosfato parcial, y que incluye entre 15 y 30% de cenoesferas de vidrio y hasta 20% de un flexibilizador de caucho nitrilo-butadieno, y una capa protectora exterior que es el producto de reacción de una resina fenólica de curado en frío y un éster de fosfato parcial.
- 10 2. Estructura según la reivindicación 1, en la que el primer material del revestimiento de enlace incluye entre 0,5 y 2,5% del agente de acoplamiento de silano, y la capa aislante y/o capa exterior puede incluir hasta 2,5% del agente de acoplamiento de silano.
- 15 3. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que en el revestimiento de enlace el primer material incluye 50 - 75% en peso de resina fenólica, y puede incluir 65 - 70% de resina fenólica.
- 20 4. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la resina fenólica del primer material del revestimiento de enlace es una resina fenólica resol, puede presentar un contenido en agua no superior a 16% y/o puede incluir hasta 2% de etanodiol como un plastificante.
- 25 5. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer material del revestimiento de enlace incluye hasta 2% de un agente anticisuras, puede incluir entre 1 y 4% de sílice pirogénica, puede incluir entre 15 y 30% de cenoesferas, y más particularmente puede incluir entre 23 y 28% de cenoesferas.
- 30 6. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las envolturas de cenoesfera son una mezcla de cualquiera de entre zircona, titanina, alúmina u óxidos férricos, y en la que las cenoesferas pueden presentar una SG de entre 0,005 y 0,02.
- 35 7. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el segundo material del revestimiento de enlace incluye cualquiera de: entre 90 y 98% de éster de fosfato parcial; hasta 1% de ácido sulfónico como un acelerador de curado; y/o hasta 10% de agua.
- 40 8. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cualquiera de: la razón de los primer a segundo materiales del revestimiento de enlace es de entre 5:1 y 10:1; la proporción de primer material a segundo material de la capa aislante es de entre 4:1 y 10:1; y/o la razón de los primer a segundo materiales en la capa exterior es de entre 10:1 y 20:1.
- 45 9. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que: el primer material de la capa aislante incluye entre 35 y 75% de resina fenólica, y más particularmente puede incluir entre 50 y 70% de resina fenólica; en la que la resina fenólica del primer material de la capa aislante puede ser una resina fenólica resol; y/o puede presentar un contenido en agua no superior a 16%.
- 50 10. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer material de la capa aislante incluye hasta 7% de fosfonato de dietilo como un plastificante, y puede incluir entre 6 y 6,5% de fosfonato de dietilo como un plastificante.
- 55 11. Estructura según o cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer material de la capa aislante incluye: hasta 2,5% del agente de acoplamiento de silano; puede incluir hasta 5% de hebras de vidrio, puede ser de entre 3 y 12 mm de longitud, y puede ser de entre 5 y 7 mm de longitud; y puede incluir hasta 5% de fibra de zircona.
- 60 12. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el segundo material de la capa aislante incluye hasta 3% de ácido paratoluenosulfónico como acelerador de curado, y puede incluir agua.
- 65 13. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que: el primer material de la capa exterior incluye entre 50 y 100% de resina fenólica, y puede incluir entre 63 y 69% de resina fenólica, la resina fenólica del primer material de la capa exterior puede ser una resina fenólica resol; la resina fenólica del primer material de la capa exterior puede presentar un contenido en agua no superior a 16%; el primer material de la capa exterior puede incluir hasta 2,5% de un agente de acoplamiento de silano; el primer material de la capa exterior puede incluir hasta 1% de etanodiol; y/o el primer material de la capa exterior puede incluir hasta 4% de sílice pirogénica.
14. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que se incluye un refuerzo de fibras en la capa exterior, y las fibras pueden ser de vidrio, Kevlar o carbono.