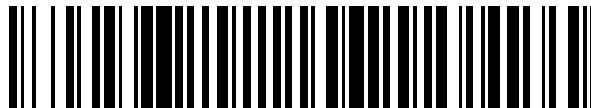


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 496**

51 Int. Cl.:

F17C 3/02 (2006.01)

E04H 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2010 E 10704227 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012 EP 2387685**

54 Título: **Tanque de almacenamiento de líquido criogénico**

30 Prioridad:

15.01.2009 GB 0900646

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

22.04.2013

73 Titular/es:

**IGLO CONTRACTORS AS (100.0%)
Hoemshogda 14d
7023 Trondheim, NO**

72 Inventor/es:

SKOVHOLT, OTTO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 401 496 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

Tanque de almacenamiento de líquido criogénico.

5 Introducción

La presente invención se refiere a tanques de almacenamiento de líquido a granel, y trata particularmente de tanques para almacenar líquidos criogénicos tales como nitrógeno y oxígeno líquido y gas natural líquido (LNG), que comprende principalmente metano, etano y propano.

10

Técnica antecedente

El gas natural líquido se almacena en grandes tanques a o casi a presión ambiente y a temperaturas criogénicas, refrigerándose el líquido del tanque a medida que se pierde energía porque parte del líquido emana por ebullición como gas. La solicitud PCT publicada WO 2004/001280 describe tal tanque. Con el fin de reducir la pérdida de gas al mínimo, las paredes, la base y la parte superior del tanque de almacenamiento están aisladas térmicamente.

15

La base de un tanque desarrollado a partir del tanque al que se ha hecho referencia anteriormente comprende una zapata de hormigón, sobre el que se tiende una placa metálica exterior. Una capa de aislamiento térmico de bloques de vidrio espumado se tiende sobre la placa metálica exterior. Entonces se tiende una base de hormigón sobre la capa de aislamiento, para formar el fondo de un tanque interior. Se construye entonces una base metálica a partir de placas soldadas, para extenderse sobre la base de hormigón. En una realización de la invención, un borde exterior de la base metálica tiene una región engrosada sobre la que se tiene al menos parte de la pared lateral del tanque interior. La base metálica del tanque interior se une a una capa metálica en la pared lateral del tanque, para contener el líquido en el tanque interior.

20

25

Un tanque de líquido criogénico comprende convencionalmente un tanque interior que tiene una pared lateral que incluye una capa metálica unida a la base metálica para contener el LNG, y un tanque exterior que rodea el tanque interior y espaciado de él.

30

El tanque de acuerdo con la invención que comprende el fondo y la pared lateral se puede considerar de este modo que es una pared de cavidades que comprende una hoja interior que forma el fondo y la pared lateral del tanque interior, y una hoja exterior que forma el fondo y la pared lateral del tanque exterior. El espacio entre las hojas interior y exterior de la pared lateral se llena con un material de aislamiento tal como perlita.

35

Con el fin de hacer frente a las presiones hidrostáticas ejercidas por el líquido en la hoja interior de la pared lateral del tanque, y de facilitar la fabricación de los tanques, los tanques de almacenamiento de LNG tienen convencionalmente una forma circular en planta, y paredes verticales que forman una forma cilíndrica. El borde superior de la hoja exterior de la pared lateral del tanque está reforzada mediante una estructura de viga de anillo para absorber las fuerzas ejercidas por una estructura de cúpula de hormigón y acero colocada sobre la parte superior del tanque para reposar sobre la hoja exterior de la pared lateral. La estructura de acero de la cúpula se puede prefabricar como una sola pieza y elevar hasta su posición intacta. Alternativamente, y particularmente cuando se usa una formación en barbotina para construir la pared lateral del tanque, la estructura de acero de la cúpula se puede prefabricar como una serie de sectores, y montar una vez que la hoja exterior de la pared lateral del tanque se ha subido hasta la altura deseada. La estructura de acero de la cúpula no es un peso significativo y puede reposar simplemente sobre a hoja exterior de la pared lateral del tanque. La estructura de viga de anillo instalada alrededor de la parte superior de la pared está reforzada circunferencialmente para aguantar los esfuerzos circunferenciales producidos cuando la cúpula se acaba con una capa de hormigón.

40

45

50

Habitualmente está dispuesta una capa de aislamiento en la parte superior del tanque interior sobre una estructura comparativamente ligera de tapa que está suspendida de la cúpula, para reducir el flujo entrante de calor a la superficie del gas líquido almacenado en el tanque a la vez que es permeable al gas que emana por ebullición de la superficie del líquido.

55

En la técnica anterior, la hoja interior de una pared lateral de tanque de almacenamiento se fabricaba a partir de chapa metálica gruesa con el fin de proporcionar resistencia y estanqueidad a los líquidos. Las placas de acero usadas para tal propósito en tales tanques criogénicos de la técnica anterior pueden ser de hasta 38 mm de grosor por lo que saben los inventores. La hoja interior de chapa metálica gruesa se unía a la capa metálica de la base por soldadura. Sin embargo, las placas metálicas gruesas son caras de producir y conformar y lleva tiempo unir las entre sí, encareciendo esta forma de construcción.

60

En la técnica anterior a la que se ha hecho referencia anteriormente, las hojas interiores de las paredes de los tanques se han construido mediante el uso de una construcción intercalada compacta para la hoja interior, en la que la hoja interior comprende una primera capa interior erguida de hormigón formada en barbotina rodeada por una capa metálica delgada, que a su vez está rodeada por una capa exterior de hormigón formada subsiguientemente en barbotina. Esta construcción intercalada posibilita que la hoja interior tenga una capa metálica más delgada que la

65

hoja interior totalmente metálica de los tanques anteriores. Además, la construcción intercalada elimina la desventaja de que, cuando el gas líquido se coloca en el tanque, las temperaturas criogénicas hacen que el revestimiento se contraiga alejándose de la capa exterior de hormigón, sometiendo a esfuerzos los accesorios que fijan el revestimiento de acero al hormigón.

5 En su borde inferior, la capa metálica delgada está soldada a una placa metálica horizontal de base, con forma de anillo, que forma la base de la hoja interior, soldada la placa metálica con forma de anillo a lo largo de su periferia interior a una periferia exterior de la capa metálica de la base para proporcionar estanqueidad a los fluidos.

10 Las hojas interiores de las paredes de los tanques que usan esta construcción intercalada están hechas habitualmente mediante un proceso de colada en barbotina, en el que se forma una estructura plana de base, un molde en barbotina para una estructura interior de hormigón se ensambla inicialmente en la estructura de base, y la estructura interior de hormigón se forma en barbotina hasta la altura deseada del tanque. Subsiguientemente, la capa metálica se dispone sobre la superficie exterior de la estructura interior de hormigón, y después se dispone una
15 forma en barbotina para la estructura exterior de hormigón de la hoja interior y se lleva a cabo la formación en barbotina de esta estructura exterior de hormigón de la hoja interior hasta que se alcanza la altura deseada de la hoja interior. La capa metálica se construye de chapas de acero soldadas en bandas que se pueden levantar a medida que se eleva la capa interior de hormigón de la hoja interior. La capa interior de hormigón, la capa metálica, y las capas exteriores de hormigón de la hoja interior de la pared se forman de este modo secuencialmente de
20 acuerdo con la técnica anterior.

En todas las técnicas anteriores, sin embargo, la pared del tanque es un cilindro orientado verticalmente de sección transversal horizontal circular, con paredes laterales verticales.

25 Un factor limitante en la construcción de tales tanques es el tamaño de la cúpula. Un factor principal limitante es el tamaño de la cúpula y las fuerzas generalmente horizontales inducidas en la parte superior de la pared lateral por el peso de la cúpula. Otro factor limitante es el momento interno de flexión inducido en una cúpula de una luz tan amplia.

30 Generalmente, existen dos formas alternativas para formar la cúpula en un tanque cilíndrico (de pared vertical). La primera es formando la hoja exterior de la pared lateral del tanque, construyendo entonces la estructura de acero de la cúpula dentro de los confines del fondo de la hoja exterior, levantando la estructura de acero a su posición final en la parte superior de la hoja exterior y uniéndola allí a la estructura de acero, y luego cubriendo la estructura de acero de la cúpula con una capa de hormigón para formar el techo acabado del tanque. Subsiguientemente, la hoja interior de la pared lateral del tanque se forma. Claramente, la hoja interior sólo puede formarse después de que el techo se ha
35 levantado en posición en la parte superior de la hoja exterior.

Alternativamente, el techo puede estar formado formando en barbotina al menos la hoja exterior, y entonces izando la estructura de acero del techo en secciones en posición en la parte superior de la hoja externa, y después
40 formando la capa de hormigón para completar el techo. Las secciones de acero de la cúpula sólo pueden ser levantadas hasta su posición cuando las condiciones meteorológicas son calmadas, y así los plazos de construcción se rompen con facilidad. Estos factores limitantes determinan en la práctica el diámetro del tanque.

La presente invención busca proporcionar una estructura para tanques de almacenamiento de LNG, que permite un
45 aumento del volumen de LNG a almacenar en un tanque que tiene la misma altura y huella de base o que tiene la misma luz de techo que un tanque cilíndrico convencional.

Un segundo objetivo es proporcionar un tanque de almacenamiento de LNG que permite tener un volumen igual o incluso mayor de LNG almacenado en el tanque mientras que tiene la misma altura y la misma huella de base que
50 un tanque convencional.

Un objetivo adicional es proporcionar una estructura de base para un tanque de almacenamiento con resistencia mecánica mejorada y un aislamiento térmico mejorado en comparación con estructuras de la técnica anteriores de base. La estructura de base de la invención puede ser usada en conjunción con estructuras de pared lateral, cuyas
55 hojas interiores son de tipo intercalado.

Breve resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, un tanque de almacenamiento de líquido se construye proporcionando un doble tanque de hormigón que comprende una llamada hoja interior que forma un tanque interior formado principalmente de hormigón, y una llamada hoja exterior que forma un tanque exterior formada también principalmente de hormigón. La hoja exterior comprende una base generalmente plana y una pared lateral de hoja exterior erigida alrededor de la base. La base es preferiblemente circular. Un techo está dispuesto en la parte superior del tanque de almacenamiento criogénico. El tanque criogénico comprende preferiblemente material de aislamiento dispuesto entre las hojas interior y exterior. En una realización ventajosa, la hoja interior es de construcción intercalada, que comprende una capa interior de hormigón, una capa central metálica y una capa
60
65

exterior de hormigón. En una realización preferida, la hoja exterior comprende una capa exterior de hormigón revestida con una capa metálica para impedir que el gas emanado por ebullición se escape del tanque criogénico. El tanque tiene preferiblemente un contorno circular, cuando se ve en vista en planta o en corte transversal horizontal.

5 Más específicamente, el tanque de almacenamiento de líquido criogénico de acuerdo con el primer aspecto de la invención comprende los siguientes rasgos:

- una placa plana (2, 5) de base y una pared lateral (3) que se extiende hacia arriba alrededor de la placa (2, 5) de base

10 - comprendiendo dicha placa (2) de base y dicha pared lateral (3) una hoja exterior (3b) que envuelve generalmente una hoja interior (3a), formando ambas generalmente transiciones estructuralmente continuas desde dicha placa (2) de base hasta dicha pared lateral (3),

15 - comprendiendo dicha parte de hoja exterior (3b) de dicha placa (2) de base una placa inferior (5) de fondo de hormigón de hoja exterior en un sustrato,

20 - formada continua con una capa (50) de hormigón de refuerzo de hoja exterior de dicha pared lateral exterior (3b) dicha placa (5) de fondo de hormigón de hoja exterior, estando reforzada frente a esfuerzo circunferencial dicha capa (50) de hormigón de hoja exterior,

25 - revestida con una membrana metálica (6, 51) de hoja exterior continua metálica una superficie interna de dicha placa (5) de fondo de hormigón de hoja exterior y dicha capa (50) de hormigón reforzada frente a esfuerzo circunferencial de hoja exterior de dicha hoja exterior (3b),

30 - una capa (7) de aislamiento de fondo dispuesta por encima de dicha membrana metálica (6) de hoja exterior en dicha placa (5) de fondo de hormigón inferior, dicha capa (7) de aislamiento de fondo formada generalmente continua con un aislamiento (14i) de pared metido en una cavidad anular (14) entre la cara interior de dicha hoja exterior (3b) y una cara exterior de dicha hoja interior (3a),

35 - comprendiendo dicha hoja interior (3a) una capa (8) de fondo de hormigón de hoja interior en dicha porción horizontal (7) de aislamiento, dicha capa (8) de fondo de hormigón de hoja interior formada estructuralmente continua con una capa exterior (11) de hormigón de pared de hoja interior reforzada frente a esfuerzo circunferencial, revestidas ambas con una membrana interior metálica (9, 12) de hoja metálicamente continua,

40 - revestida dicha membrana metálica (9, 12) de hoja interior con una capa interior (10, 13) de hormigón de hoja interior,

- soportando dicha pared exterior (50) de hormigón reforzada frente a esfuerzo circunferencial de hoja exterior una estructura (4) de cúpula aislada.

En esta realización ventajosa, la hoja interior es de construcción intercalada, que comprende una capa interior de hormigón, una capa central metálica y una capa exterior de hormigón.

45 El tanque tiene preferiblemente un contorno circular, cuando se ve en vista en planta o en corte transversal horizontal.

50 En una realización de la invención, la pared lateral puede ser recta en la dirección vertical y es curva en la dirección horizontal, tal como un cilindro generalmente vertical. En otra realización de la invención, la pared lateral tiene una curvatura convexa en los planos tanto vertical como horizontal. La base es preferiblemente circular.

La pared lateral puede estar inclinada hacia fuera del tanque en su parte inferior y hacia adentro en su parte superior. Alternativamente, la pared lateral puede ser vertical en su parte inferior y la curva hacia dentro en su parte superior.

55 La curvatura de la pared lateral en el plano vertical puede ser semi-circular, de manera que el volumen interno del tanque se aproxima a una semi-esfera. En una alternativa todavía adicional, la curvatura de la pared lateral en el plano vertical puede ser al menos parcialmente parabólica. La pared del tanque puede, sin embargo, adoptar cualquier otra forma curvada convexa adecuada en el plano vertical.

60 La pared lateral del tanque termina preferiblemente en una parte reforzada frente a esfuerzo circunferencial de la parte superior de la pared. En una realización, esta parte reforzada frente a esfuerzo circunferencial es una estructura de viga de anillo integrada en el borde superior, y se puede colocar una cúpula sobre la parte superior del tanque, soportada sobre la parte superior reforzada frente a esfuerzo circunferencial. En una realización preferida, la hoja exterior está inclinada hacia dentro en su parte superior y tiene de este modo una capacidad mejorada para aceptar fuerzas combinadas radial y vertical, la función de viga en anillo se puede integrar en la parte superior reforzada frente a esfuerzo de circunferencial de la hoja exterior.

La estructura de acero de la cúpula puede ser prefabricada en secciones. Las secciones pueden ser cada una un sector de la cúpula.

- 5 La hoja exterior de la pared lateral puede estar dispuesta en ángulo respecto a la vertical en su borde superior en un ángulo diferente de la inclinación del borde exterior de la cúpula, dando lugar a un visible "borde" que rodea el tanque en la junta de la pared lateral y la cúpula.

10 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, una base para un tanque de almacenamiento de líquido se construye proporcionando una zapata de hormigón con una capa metálica de superposición que forma parte de un tanque exterior, una capa de aislamiento térmico que se superpone a la capa metálica, y una capa de base de sellado de un tanque interior sobre la capa de aislamiento. La capa de base de sellado del tanque interior comprende una capa de hormigón subyacente, una capa metálica de sellado, y una capa interior de hormigón. La capa de base de sellado es una construcción intercalada, y una construcción intercalada, estratificada de manera similar, puede ser utilizada para la hoja interior de la pared lateral. En tales casos, la capa metálica de sellado de la capa de base del tanque interior se fija a la capa metálica de la hoja interior de la pared lateral mediante soldadura, o constituyéndose mediante un metal continuo formado para ajustarse a la transición del fondo a la pared, para proporcionar una estructura estanca a los fluidos para contener el LNG.

20 La estructura de base del segundo aspecto también puede ser usada en conjunción con estructuras de pared lateral que tienen una hoja interior compuesta de una simple capa metálica, o de una capa de hormigón revestida con metal.

25 En una realización, la estructura de base de acuerdo con el segundo aspecto se puede usar en conjunción con paredes laterales que están curvadas de forma convexa en las direcciones horizontal y vertical. En otra realización, la estructura de base puede ser usada en conjunción con una pared lateral de construcción cilíndrica vertical.

Ventajas de la invención

30 Una ventaja de la invención, por integrar la barrera metálica en la estructura intercalada que comprende una capa de hormigón interior y una exterior, es que el grosor de la barrera metálica se puede reducir en comparación con lo que se usa en la técnica anterior. El grosor significativamente reducido de la barrera metálica permite seleccionar una membrana metálica de mayor calidad, por ejemplo un acero inoxidable muy dúctil que puede seguir y adaptarse a la contracción térmica cuando el tanque se enfría durante el llenado de LNG.

35 Otra ventaja de la invención es que se obtiene una transición continua entre la estructura intercalada de base y la estructura intercalada de pared, desde un punto de vista estructural no se forma ninguna debilidad estructural. Esto es una ventaja desde un punto de vista de la seguridad sísmica. También es una ventaja desde un punto de vista de la operativa constructiva porque el refuerzo se puede continuar desde la capa de hormigón de fondo hasta la capa de pared tanto para la hoja exterior como para la hoja interior sin la terminación indeseada del refuerzo.

40 Adicionalmente, es una ventaja significativa desde un punto de vista de la prevención de fugas debido a la formación de una membrana metálica continua y su posición no perturbada entre las capas de hormigón en la transición entresuelo y pared. Es un problema general con grandes tanques criogénicos de hormigón construidos de acuerdo con la técnica antecedente que se pueden comprobar en cuanto a fugas antes de ser enfriados hasta temperaturas criogénicas. Sin embargo, con los tanques de la técnica antecedente, no se tiene ninguna garantía de la estanqueidad a los fluidos después del enfriamiento criogénico. La presente invención, que proporciona una membrana metálica continua dentro de las capas de hormigón de la hoja interior, se puede comprobar en cuanto a la estanqueidad a los fluidos antes de ser enfriada desde temperatura ambiente, y no tendrá movimientos relativos entre la membrana metálica encapsulada y las capas de hormigón de encapsulación de la hoja interior.

50 Una ventaja también se encuentra en una realización con la combinación de una transición continua combinada con la realización convexa que tiene una pared lateral inferior inclinada hacia fuera y el ángulo reducido para tal transición de suelo a pared; la estabilidad estructural, particularmente la transferencia de fuerzas horizontales tanto durante la contracción térmica como durante la expansión, se potencia adicionalmente en comparación con la estructura de pared cilíndrica vertical.

60 Una ventaja de la realización convexa de la invención es que el área superficial del tanque de acuerdo con la invención se reduce significativamente en comparación con el área superficial de un tanque cilíndrico del mismo volumen. Un tanque convexo puede tener un diámetro mayor a la mitad de la pared lateral que en el fondo, y también puede tener un diámetro superior reducido en comparación tanto con la mitad como con el fondo de la pared lateral. El área superficial del tanque de acuerdo con la invención, dada el área definida por el diámetro relativo de la base y la forma y diámetro relativo del techo, se acerca al área superficial de una esfera, que es el área superficial más pequeña posible para un volumen dado. El resultado de acercarse al área superficial más pequeña de una correspondiente esfera reduce el flujo entrante de calor al tanque criogénico y de este modo la emanación por ebullición, que es proporcional al flujo entrante de calor.

Otra ventaja de esa realización es que, desde un punto de vista económico, se puede obtener un volumen almacenado mayor para la misma masa de material de construcción.

5 Una tercera ventaja de esa realización de la invención, dada la forma convexa de la pared lateral, es un centro de masas bajado de todo el tanque con contenido. Esto reducirá el momento producido por aceleraciones horizontales en caso de terremotos.

10 Una cuarta ventaja de esa realización es que la estructura reforzada de viga de anillo se puede sustituir parcial o totalmente por la resistencia de la parte superior de la propia hoja exterior, debido a la forma geométrica y la consiguiente capacidad de absorber componentes horizontales de las fuerzas inducidas por la estructura de techo. La parte superior de la hoja exterior se puede engrosar y/o reforzar adicionalmente si se desea.

15 La necesidad de reforzar frente a esfuerzo circunferencial la parte superior de la pared exterior disminuye con el diámetro decreciente del techo de la cúpula. Otra ventaja conseguida por prescindir de o reducir la enorme masa de la viga de anillo, que puede estar pesadamente reforzada mediante cables de pretensado y, en algunos casos, para tanques muy grandes, tener una altura de 3 metros y una anchura de 2 metros, y un diámetro de cerca de 100 metros, es reducir el mero coste y el tiempo para construir la viga de anillo. Esto bajará adicionalmente el centro de masas del tanque como estructura. Otro aspecto de la misma ventaja, desde un punto de vista
20 sismológico, es reducir las fuerzas cortantes inerciales horizontales inducidas por todo el tanque por la masa de la cúpula y la viga de anillo, y particularmente las fuerzas cortantes entre la viga de anillo y las porciones superiores de la hoja exterior.

25 Una ventaja adicional de la realización convexa de la invención es que, dada una parte superior de diámetro reducido y un nivel alto de líquido, el área de la superficie del líquido se puede reducir, reduciendo el riesgo de chapoteo grave durante terremotos. Adicionalmente, el área del tejado circular de aislamiento requerido se reduce, y de este modo el peso del tejado y su capa de aislamiento, lo cual puede reducir los costes de edificación para la cúpula.

30 Otra ventaja de la realización con forma convexa de la invención es la posibilidad de reducir significativamente el diámetro de la cúpula, reduciendo de este modo la necesidad de reforzar la transición entre la cúpula y la parte superior de la hoja exterior. Esto reduce los costes de edificación para la cúpula y reduce los obstáculos relacionados con las condiciones de viento ya que se reduce el tamaño de las partes estructurales de la cúpula.

35 Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán en detalle realizaciones de la invención, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

40 la figura 1 es una vista esquemática en corte de un tanque de almacenamiento de acuerdo con una realización de la invención,

la figura 2 es un corte vertical diametral del tanque de almacenamiento de la figura 1,

45 la figura 3 es una vista detallada, a escala ampliada, del área en el círculo A de la figura 1, que muestra la placa de fondo y la pared exterior de hormigón de la hoja exterior, y de la estructura intercalada de fondo y pared de la hoja interior,

50 la figura 4 es una vista similar a la figura 1 de un tanque de almacenamiento de acuerdo con una segunda realización de la invención;

la figura 5 es una vista similar a la figura 1 de un tanque de almacenamiento de acuerdo con todavía otra realización de la invención,

55 la figura 6 es una vista detallada, a escala ampliada, del área en el círculo B de la figura 5,

la figura 7 es una vista detallada, a escala ampliada, del área en el círculo C de la figura 2 que muestra una vista en corte parcial y en alzado parcial de la transición entre la porción superior de la pared exterior y la cúpula de un tanque de almacenamiento de acuerdo con una realización de la invención,

60 la figura 8 es una vista similar a la figura 1 de un tanque de almacenamiento de acuerdo con una realización de la invención, en la que la pared lateral tiene una porción inferior vertical recta de pared y una porción superior convexa inclinada hacia el interior; en la porción izquierda del dibujo se muestra a escala ampliada una realización de la transición entre las placas de fondo y la porción inferior de las paredes en las que las membranas metálicas de la hoja interior y la hoja exterior son continuas en sus transiciones entre las estructuras de fondo y las paredes;
65

la figura 9 es una vista similar a la figura 1 de un tanque de almacenamiento de acuerdo con una realización de pared vertical de la invención,

5 la figura 10 es una vista detallada, a escala ampliada, del área en el círculo C de la figura 9; aquí se ilustra una transición continua entre la placa de fondo de la hoja exteriores y la pared estructural exterior de hormigón;

las figuras 11A y 11B ilustran la colocación de formadores de cúpula sobre la pared lateral, y la formación de la cúpula; y

10 la figura 12 es una vista en sección de una realización preferida con una estructura continua para la hoja exterior de la pared lateral.

Descripción detallada de las realizaciones ilustradas

15 Haciendo referencia ahora a los dibujos, las figuras 1 a 3 ilustran una realización de un tanque de almacenamiento 1 de acuerdo con la presente invención. El tanque de almacenamiento 1 comprende una parte interior de tanque y una parte exterior de tanque llamadas aquí hojas interior y exterior 3a y 3b. La pared 3 del tanque está formada sobre una base circular 2. Una cúpula 4 cierra la parte superior del tanque 1.

20 Como puede verse claramente en las figuras 1 y 2, la pared lateral 3 del tanque es de forma generalmente circular en planta, pero en una realización de la invención difiere del tanque convencional en que la pared lateral no es recta en sección vertical, sino que está curvada de manera que presente una cara convexa hacia el exterior del tanque. En el borde inferior de la pared lateral, la pared lateral está inclinada hacia fuera desde la base. La pared lateral 3 se curva hacia dentro desde la base hasta su borde superior, lo que resulta en una forma convexa hacia fuera para el tanque.

25 En la realización ilustrada, la base 2 comprende una zapata firme, de por ejemplo hormigón, en forma de placa 5 de base. La parte 3b de hoja exterior de la pared lateral 3 se extiende hacia arriba desde la placa 5 de base de la parte 3b de hoja exterior adyacente a su borde exterior. Superponiéndose a la placa 5 de base hay un revestimiento metálico 6 de hoja exterior, que forma una capa metálica continua sobre la placa 5 de base y se extiende hacia arriba para formar la superficie interior de la parte 3b de hoja exterior de la pared lateral 3. El revestimiento metálico 6 puede extenderse sólo parte del camino hacia arriba hasta la hoja exterior 3b de la pared lateral 3, o puede, en una realización preferida de la invención, extenderse hacia arriba hasta el borde superior de la hoja exterior 3b.

30 Una capa 7 de aislamiento térmico de, por ejemplo, bloques de vidrio espumado, se tiende sobre el revestimiento metálico exterior 6 en donde se superpone a la placa 5 de base.

35 En la parte superior de la capa aislante 7, una base "intercalada" está formada por la hoja interior formando primero una capa inferior 8 de hormigón, sobre la que se tiende un revestimiento interior metálico 9. La base está acabada por una capa adicional 10 de hormigón que se superpone al revestimiento interior 9. Una ventaja significativa de esta capa 10 de hormigón de la estructura intercalada de la estructura de fondo de la hoja interior es que el revestimiento metálico 9 está protegido de este modo por la capa de hormigón de ser dañado por cualquier objeto caído tal como herramientas, pernos, tuercas u otros artículos durante el período de edificación. Adicionalmente, la capa de hormigón mantiene en posición el revestimiento metálico.

40 La parte 3a de hoja interior de la pared lateral 3 se forma entonces como una estructura "intercalada", que tiene capas exterior e interior 11 y 13 de hormigón con un revestimiento metálico 12 entre ellas. La capa exterior 11 de hormigón de la hoja interior 3a se forma preferiblemente como una capa continua con la capa inferior 8 de la base, mientras que el revestimiento metálico 12 de la hoja interior 3a está formado continuo y sellado de este modo al revestimiento 9 de hoja interior de la base. La capa interior 13 de hormigón de la hoja interior 3a se forma preferiblemente como una capa continua con la capa 10 de hormigón de la base. De esta manera, el doble tanque criogénico forma una estructura de "cubo dentro de un cubo" que es antifugas, duradera, sencilla de edificar y estructuralmente fuerte.

45 Las partes 3a y 3b de las hojas interior y exterior de la pared lateral 3 se pueden formar por colada en barbotina. Cuando se forma la hoja interior, la capa exterior 11 de hormigón puede elevarse simultáneamente con el revestimiento metálico 12, y la capa interior 13 de hormigón se puede formar como un paso final para completar la hoja interior 3a. Si se desea una forma convexa del tanque, técnicas actuales de colada en barbotina permiten que las hojas interior y exterior de la pared lateral 3 se formen en ángulos de hasta 30° con la vertical. La pared lateral 3 puede inclinarse de este modo hacia fuera de la base en su parte inferior, y curvarse en la dirección vertical de manera que, en la parte superior de la pared lateral, las hojas interior y exterior están inclinadas hacia dentro de la base. Las hojas interior y exterior son estructuras separadas y, para proporcionar el aislamiento térmico del tanque, se puede usar un material aislante 14i, tal como la perlita en forma granular o en polvo, para llenar la cavidad 14 entre las porciones interior y exterior de pared de las hojas 3a y 3b.

La forma curvada de la pared lateral puede aumentar la cantidad de líquido que se puede almacenar en el tanque para un diámetro de base y una altura de la pared lateral dados, y reduce la relación de área superficial de pared lateral con respecto a volumen dentro del tanque. Esta reducción en la relación de área superficial respecto a volumen reduce el flujo entrante de calor en el tanque, y de este modo reduce la cantidad de gas perdido a ebullición.

La parte superior del tanque puede estar cerrada por una estructura convencional 4 de cúpula. La cúpula 4 puede formarse a partir de un cierto número de partes en forma de sector, que se levantan en posición individualmente y se fijan entre sí para formar un molde para formar la estructura de cúpula de hormigón completada, como es convencional actualmente.

Un tanque de acuerdo con la invención puede tener un diámetro mínimo de cerca de 20 m y puede ser construido muy grande, con un diámetro máximo de cerca de 200 m. La altura mínima puede ser de cerca de 12 m, pero una altura máxima puede ser una altura de pared de cerca de 120 m, y posiblemente una altura de 150 m con una cúpula. De este modo el volumen del tanque de acuerdo con la invención puede ser de entre cerca de 5000 m³ y decenas de centenares de miles de metros cúbicos.

Las figuras 4a, 4b y 4c ilustran una realización de la invención en la que rollos de material de membrana metálica se pueden disponer en horquillas sobre la forma en barbotina para ser alimentada hacia abajo mientras las paredes de hormigón se forman en barbotina. La figura 4a es una vista en corte de una pared de hormigón intercalada que se forma en barbotina mientras una membrana metálica es desenrollada desde los rollos sobre la horquilla. La figura 4b es una vista en planta de una forma en barbotina con horquillas con rollos, dispuestas sobre un muelle de trabajo; y la figura 4c es un detalle aumentado de la vista en planta que muestra horquillas con vástagos de horquilla y rollos de membrana y una forma en barbotina exterior. Una forma interior en barbotina se muestra como una curva rota concéntrica con la forma exterior en barbotina.

La figura 5 es una vista similar a la figura 1, que muestra una estructura alternativa para la base del tanque de almacenamiento. Un detalle ampliado que muestra la base se ve en la figura 6. En esta realización, la base 2 del tanque se forma sobre una zapata firme, por ejemplo de hormigón, en forma de placa 5 de base. La hoja exterior 3b de la pared lateral 3 se extiende hacia arriba desde la placa 5 de base adyacente a su borde exterior. Superponiéndose a la placa 5 de base hay un revestimiento metálico exterior 6, que forma una capa metálica continua sobre la placa 5 de base y se extiende hacia arriba para formar la superficie interior de la hoja exterior 3b de la pared lateral 3. El revestimiento metálico 6 puede extenderse sólo parte del camino hacia arriba hasta la hoja exterior 3b de la pared lateral 3, o se puede extender preferiblemente hasta el borde superior de la hoja exterior 3b, ya que toda la hoja exterior debe ser antigas con el fin de poder contener metano emanado por ebullición.

Una capa 7 de aislamiento térmico de, por ejemplo, bloques de vidrio espumados, se tiende sobre el revestimiento metálico exterior 6 en donde se superpone a la placa 5 de base.

En esta estructura de base, una placa metálica 20 de base se superpone a la capa 7 de aislamiento. En una realización, el borde exterior de la placa 20 de base que está soldado a una placa de pared anular 21, hecha también metálica. En esta realización, la hoja interior 3a de la pared lateral 3 permanece de pie sobre la placa 21 de pared. En esta realización, la hoja interior 3a es de construcción intercalada, y comprende una capa exterior 11 de hormigón, un revestimiento metálico 12 y una capa interior 13 de hormigón, como se ha descrito anteriormente. El revestimiento metálico 12 se puede soldar directamente a la placa metálica 20 de base en el fondo del tanque interior o indirectamente soldándose a la placa 21 de pared que de nuevo se suelda a la placa metálica 20 de base, para proporcionar un sellado estanco a los fluidos para contener el LNG dentro del tanque. Una vez más, la cavidad entre las hojas 3a y 3b interior y exterior se llena con un aislante térmico 7 que es vidrio espumado, y un material 14i de aislamiento térmico tal como perlita, que es un material granular o polvo de baja densidad. Preferiblemente, la placa de hormigón de fondo y la capa exterior de hormigón de la pared exterior son continuas en la transición de base a pared.

Una capa opcional 3bi que comprende aislamiento como se muestra en la figura 6 se puede usar en todas las realizaciones de la invención. La capa 3bi se puede disponer cerca de la esquina de fondo del tanque en el exterior o interior en relación con la membrana metálica de la hoja exterior, con el fin de prevenir el agrietamiento térmico de la capa exterior de hormigón de la hoja exterior o de la placa de fondo en caso de fuga de dicho líquido criogénico dicho fuera de la hoja interior. La capa 3bi tiene ventajas en que previene el agrietamiento de las porciones inferiores de la pared exterior de hormigón de la hoja exterior, y que previene la contracción térmica de la membrana metálica en la misma área en caso de una hoja interior que fuga repentinamente.

La figura 7 es una vista detallada del área en el círculo C de la figura 2, que muestra la hoja exterior 3b de la pared lateral 3 con su revestimiento metálico 6 que se extiende hasta el borde superior E de la pared lateral. La cúpula 4 se apoya en el borde superior de la hoja exterior 3b de la pared lateral. El peso de la estructura y la colocación en ángulo hacia adentro de la hoja exterior 3b de la pared lateral proporcionan una componente lateral de fuerza hacia dentro para contrarrestar la presión hacia fuera ejercida por la estructura de la cúpula, y de este modo el requisito de una estructura separada 22 de refuerzo en el borde superior de la hoja exterior de la pared lateral se reduce significativamente.

En las estructuras vistas en las figuras 1, 2, 4, 5 y 7, la hoja exterior de la pared lateral está colocada en ángulo respecto a la vertical en su borde superior con un ángulo diferente al del borde exterior de la cúpula, dando lugar a una visible borde "E" que rodea el tanque en la junta de la pared lateral y la cúpula.

Una realización de la invención se ve en la figura 8. En el tanque de almacenamiento mostrado en la figura 8, la pared lateral 3 del tanque es de la misma construcción que la de las figuras 1 a 3. Sin embargo, en la realización de la figura 8 la pared lateral 3 del tanque se construye inicialmente desde la base como una estructura de pared vertical, entonces la pared lateral se curva convexamente en redondo para inclinarse hacia dentro en su borde superior. En otras palabras, la pared lateral 3 tiene una sección inferior vertical 30 con hojas verticales 30a y 30b interior y exterior. La pared lateral a continuación se inclina hacia dentro en una sección superior 32, siendo la sección 32 continuamente curvada en el plano vertical para dar una estructura de pared convexa. Esta estructura proporciona una superficie exterior convexa lisa al tanque, y la sección inferior vertical 30 permite que el proceso de colada en barbotina se inicie de una manera tradicional. La parte superior del tanque está cerrada por una estructura 4 de cúpula como se ha descrito previamente. Tener un diámetro reducido de la parte superior de la pared lateral y la cúpula puede permitir erigir una pared lateral más alta antes de montar la cúpula.

Las figuras 9 y 10 ilustran un tanque de almacenamiento de acuerdo con la invención que es de apariencia más convencional, que tiene una pared lateral cilíndrica vertical que se mantiene de pie en una base de construcción intercalada como se describe con relación a las figuras 1 a 3. La figura 10 es una vista similar a la figura 3 que muestra los elementos de la estructura de base en el círculo D de la figura 9. Números de referencia correspondientes se han dado a partes correspondientes. En la realización mostrada en la figura 10, la base 2 comprende una placa 5 de base. La hoja exterior 3b de la pared lateral 3 se extiende hacia arriba desde la placa 5 de base adyacente a su borde exterior. Superponiéndose a la placa 5 de base hay un revestimiento metálico exterior 6, que forma una capa continua metálica sobre la placa 5 de base y en su borde exterior tiene una parte vertical que forma la superficie interior de la hoja exterior 3b de la pared lateral 3. Como antes, una capa 7 de aislamiento térmico se tiende sobre el revestimiento metálico exterior 6 en donde se superpone a la placa 5 de base. En la parte superior de la capa 7 de aislamiento, la base intercalada está formada superponiendo primero una capa inferior 8 de hormigón, en la que está tendido un revestimiento interior metálico 9. La base se termina por una capa adicional 10 de hormigón que se superpone al revestimiento interior 9.

Las hojas 3b y 3a interior y exterior de la pared lateral se extienden verticalmente hacia arriba para formar una estructura cilíndrica circular, y una estructura de cúpula superior convencional se coloca sobre la parte superior del tanque para cerrar el tanque.

El tanque de LNG de las figuras 9 y 10 tiene de este modo una apariencia exterior con una pared lateral vertical similar a un tanque convencional, pero la estructura intercalada de base permite que la capa metálica 9 de sellado sea de espesor reducido, ahorrando de este modo un gasto considerable en la construcción del tanque. Además, las capas 8 y 10 de hormigón fácilmente se forman integralmente con las capas 11 y 13 de hormigón de la hoja interior de la pared lateral, proporcionando mayor resistencia estructural en el borde inferior de la pared lateral y un diseño antifugas más sencillo de la membrana metálica 9, 12.

Las figuras 11A y 11B muestran esquemáticamente el uso de una torre temporal central 40 para montar las secciones de estructura de acero para una cúpula 4 de un tanque de almacenamiento. Cuando la hoja exterior 3b de la pared lateral 3 del tanque de almacenamiento se ha formado, una torre central 40 se erige para extenderse verticalmente hacia arriba desde el centro de la base del tanque, a un punto por encima del borde superior de la pared lateral 3. Se pueden entonces levantar hasta su posición partes 41 en forma de sector de la estructura de acero de la cúpula 4, extendiéndose cada parte radialmente hacia dentro desde el borde superior de la hoja exterior 3b de la pared lateral 3 hasta la parte superior de la torre 40. Cuando todas las partes 41 se han levantado hasta su posición y fijado entre sí en el centro, forman una estructura de acero autoportante para la cúpula. La torre 40 puede entonces ser desmontada y retirada, posiblemente a través de una abertura en la estructura de acero de la cúpula 4. La cúpula se completa entonces mediante la formación de una capa de hormigón en la estructura de acero para formar una cubierta de hormigón sustancialmente continua para la parte superior del tanque.

La figura 12 es una vista detallada que muestra una construcción alternativa para la junta entre la base del tanque de almacenamiento y la pared lateral. La vista es similar a la vista en la figura 3, siendo la diferencia una capa adicional de hormigón en la construcción de la hoja exterior 3b de la pared lateral, que se continúa a través de la base del tanque de almacenamiento.

En la realización mostrada en la figura 3, la hoja exterior de la pared lateral comprende una capa interior metálica y una capa exterior de hormigón, con la capa interior metálica de la pared lateral unida a un revestimiento metálico 6 que se extiende a través de la placa 5 de base y se superpone directamente a ella. Números de referencia iguales se usan para partes correspondientes entre las figuras 3 y 12.

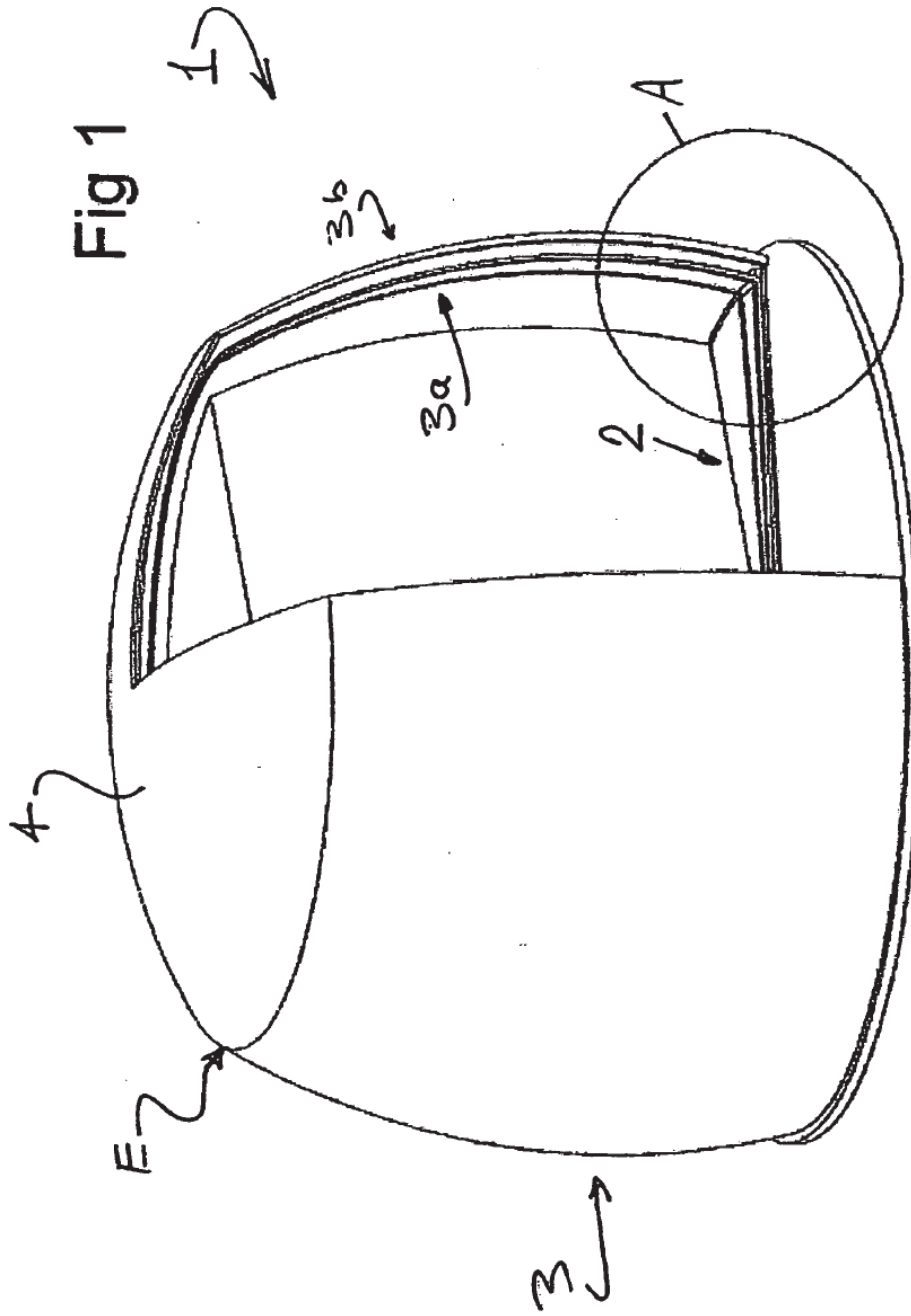
En la realización mostrada en la figura 12, la hoja exterior 3b es de construcción intercalada, con una capa exterior 50 de hormigón, una capa metálica 51 de sellado y una capa interior 52 de hormigón. La capa metálica 51 de sellado

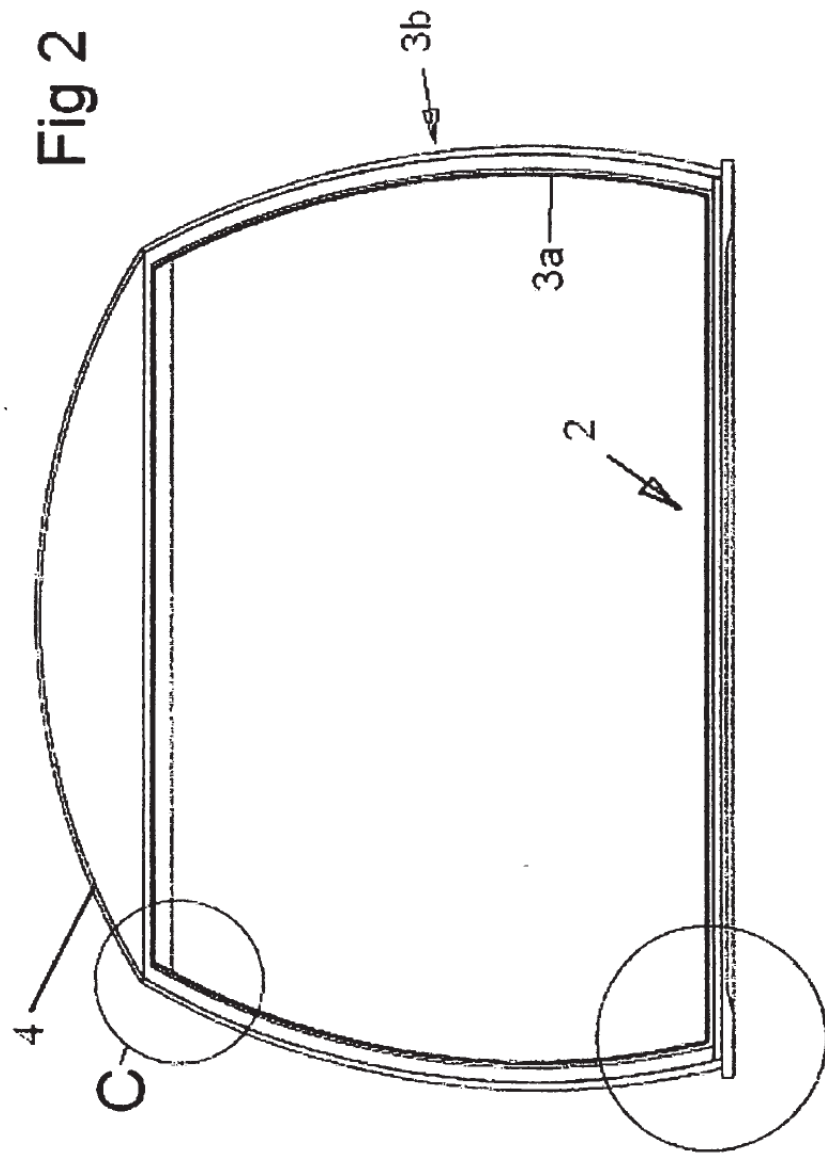
5 está unida al revestimiento metálico 6 que se extiende a través de la placa 5 de base. La capa interior 52 de hormigón de la hoja exterior 3b de la pared lateral 3 es contigua a una capa 53 de hormigón que se extiende entre la placa 5 de base y el revestimiento metálico 6. La capa 7 de aislamiento se superpone al revestimiento metálico 6 y se extiende radialmente hacia fuera respecto a la hoja exterior de la pared lateral. La cavidad 14 entre las hojas interior y exterior de la pared lateral está, como antes, llena de material aislante. La capa metálica 51 de sellado puede extenderse sólo parte del camino hacia arriba hasta la hoja exterior de la pared lateral para al menos formar una barrera secundaria de emergencia para los fluidos en caso de fuga o rotura de la hoja interior, o se puede extender preferiblemente hasta el borde superior de la hoja exterior de la pared lateral para hacer a prueba de gas la hoja exterior. Aunque en la figura 12 las hojas interior y exterior de la pared lateral se muestran extendiéndose hacia arriba con un ángulo oblicuo al plano de la placa 5 de base, la estructura de base vista en la figura 12 puede ser usada con la estructura del tanque mostrada en la figura 8, en donde la pared lateral se extiende inicialmente verticalmente desde la base, y luego se curva en un contorno convexo a medida que la pared lateral progresa hacia arriba. Además, la estructura de base vista en la figura 12 también se puede usar con la estructura de tanque mostrada en la figura 9, con paredes laterales verticales.

15 Las capas interiores de hormigón de la hoja interior y/o la hoja exterior pueden estar reforzadas por fibras solamente, y pueden comprender material poroso (leca o material de perlita o partículas de espuma de vidrio) para proporcionar un efecto de aislamiento durante el estado operativo ordinario, y en caso de fuga de fluido al tanque exterior..

REIVINDICACIONES

1. Un tanque de almacenamiento de líquido criogénico, que comprende una placa plana (2, 5) de base y una pared lateral (3) que se extiende hacia arriba alrededor de la placa (2, 5) de base, comprendiendo dichas placa (2) de base y pared lateral (3) una hoja exterior (3b) que envuelve generalmente una hoja interior (3a), caracterizado porque:
- 5
- tanto la hoja interior como la hoja exterior forman transiciones estructuralmente continuas desde dicha placa (2) de base hasta dicha pared lateral (3),
- 10
- dicha hoja exterior (3b) parte de dicha placa (2) de base que comprende una placa (5) de fondo de hormigón de hoja exterior en un sustrato,
- 15
- dicha placa (5) de fondo de hormigón de hoja exterior formada continua con una capa (50) de hormigón de refuerzo de hoja exterior de dicha pared lateral exterior (3b), estando reforzada dicha capa (50) de hormigón de hoja exterior frente a esfuerzo circunferencial,
- 20
- una superficie que mira hacia dentro, de dicha placa (5) de fondo de hormigón de hoja exterior y dicha capa (50) de hormigón reforzada frente a esfuerzo circunferencial de hoja exterior de dicha hoja exterior (3b) revestida con una membrana metálica (6, 51) de hoja exterior continua metálica,
- 25
- una capa (7) de aislamiento de fondo dispuesta por encima de dicha membrana metálica (6) de hoja exterior en dicha placa (5) de fondo de hormigón inferior, dicha capa (7) de aislamiento de fondo formada generalmente continua con un aislamiento (14i) de pared llenado en una cavidad anular (14) entre la cara interior de dicha hoja exterior (3b) y una cara exterior de dicha hoja interior (3a),
- 30
- comprendiendo dicha hoja interior (3a) una capa (8) de fondo de hormigón de hoja interior en dicha porción (7) de aislamiento horizontal, dicha capa (8) de fondo de hormigón de hoja interior formada estructuralmente continua con una capa (11) de hormigón exterior de pared de hoja interior reforzada frente a esfuerzo circunferencial, revestidas ambas con una membrana metálica (9, 12) de hoja interior metálicamente continua,
- 35
- revestida dicha membrana metálica (9, 12) de hoja interior con una capa (10, 13) de hormigón interior de hoja interior,
 - soportando dicha pared (50) de hormigón exterior reforzada frente a esfuerzo circunferencial de hoja exterior una estructura (4) de cúpula aislada.
- 40
2. El tanque criogénico de la reivindicación 1, comprendiendo dicha hoja exterior (3b) una construcción intercalada con una capa (52, 53) de hormigón interior de hoja exterior formada en dicha capa metálica (6, 51) de hoja exterior que están dispuestas adicionalmente en dicha placa (5) de fondo de hoja exterior y dicha capa (50) de hormigón reforzada frente a esfuerzo circunferencial de hoja exterior, subyaciendo dicha capa (53) de hormigón interior de hoja exterior bajo dicha capa (7) de aislamiento de fondo.
- 45
3. El tanque criogénico de la reivindicación 1, en el que la curvatura de dicha pared lateral (3) en el plano vertical es convexa tanto en el plano vertical como en el horizontal.
- 50
4. El tanque criogénico de la reivindicación 3, en el que la pared lateral es generalmente vertical en su parte inferior (30) y se curva hacia dentro en su parte superior (32).
5. El tanque criogénico de la reivindicación 1, terminando dicha pared (50) de hormigón de hoja exterior en un borde superior (E) sobre el que reposa dicha estructura (4) de cúpula.





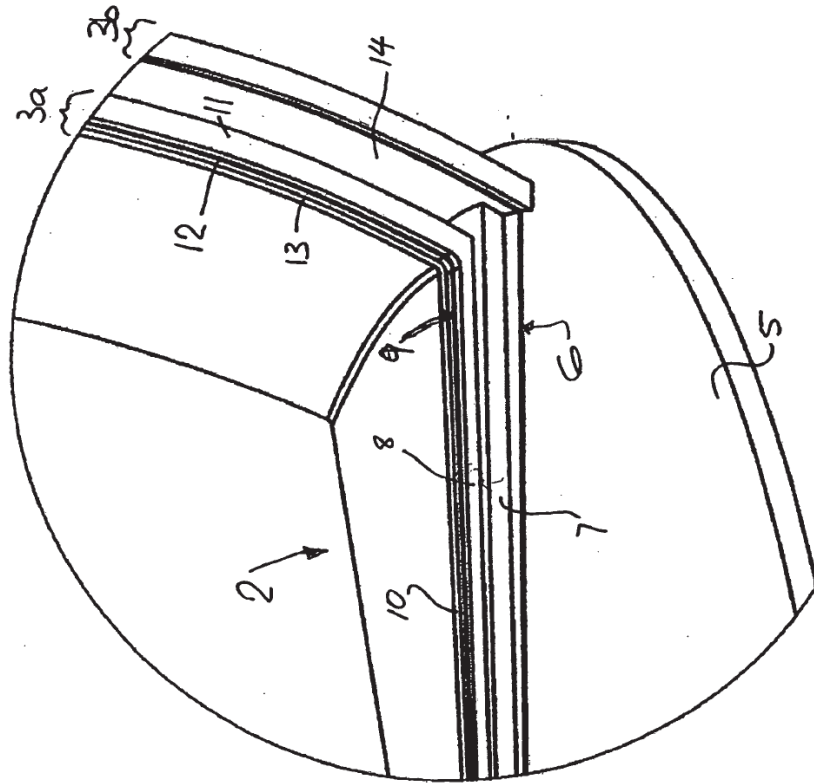


Fig 3

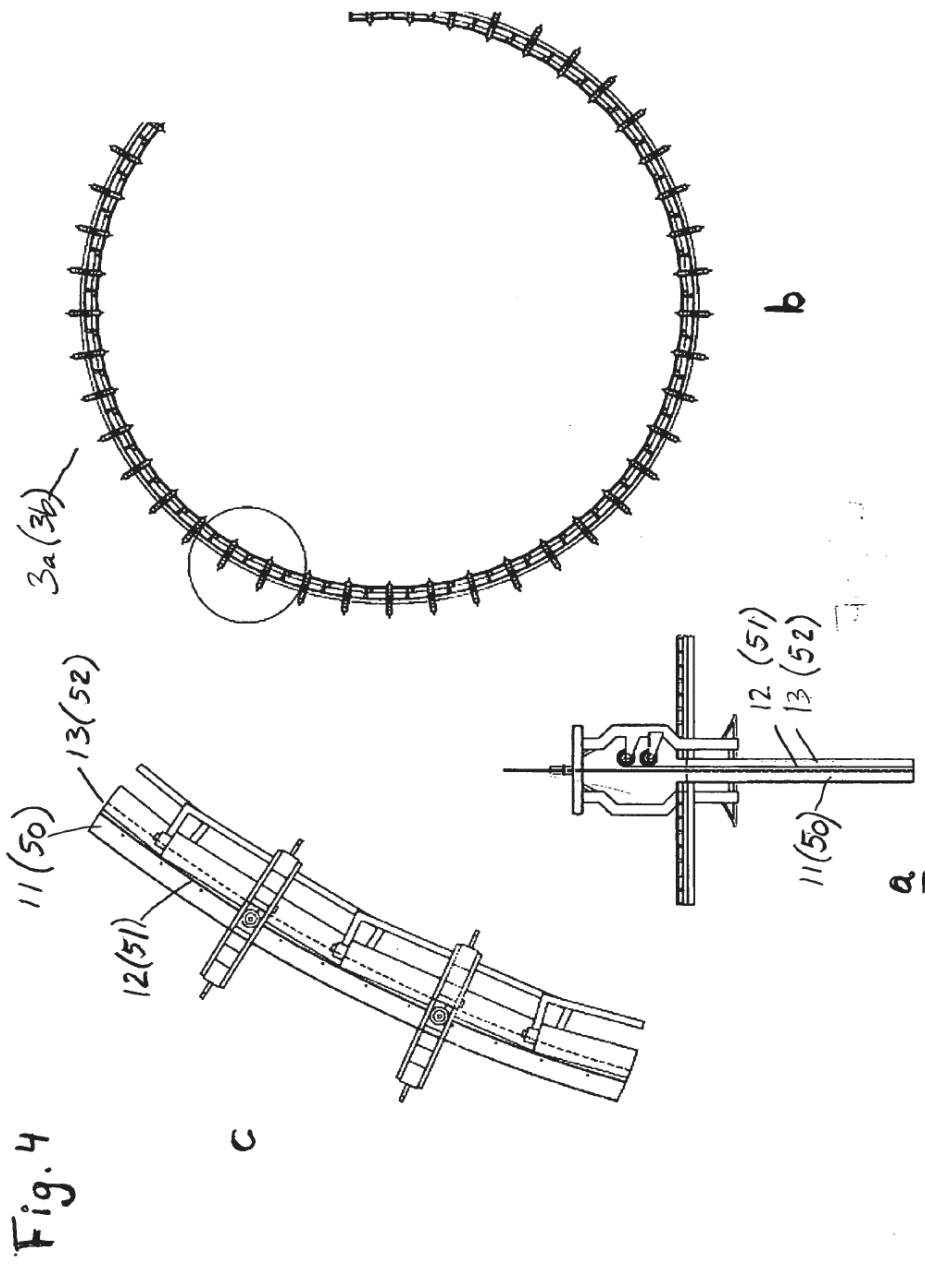
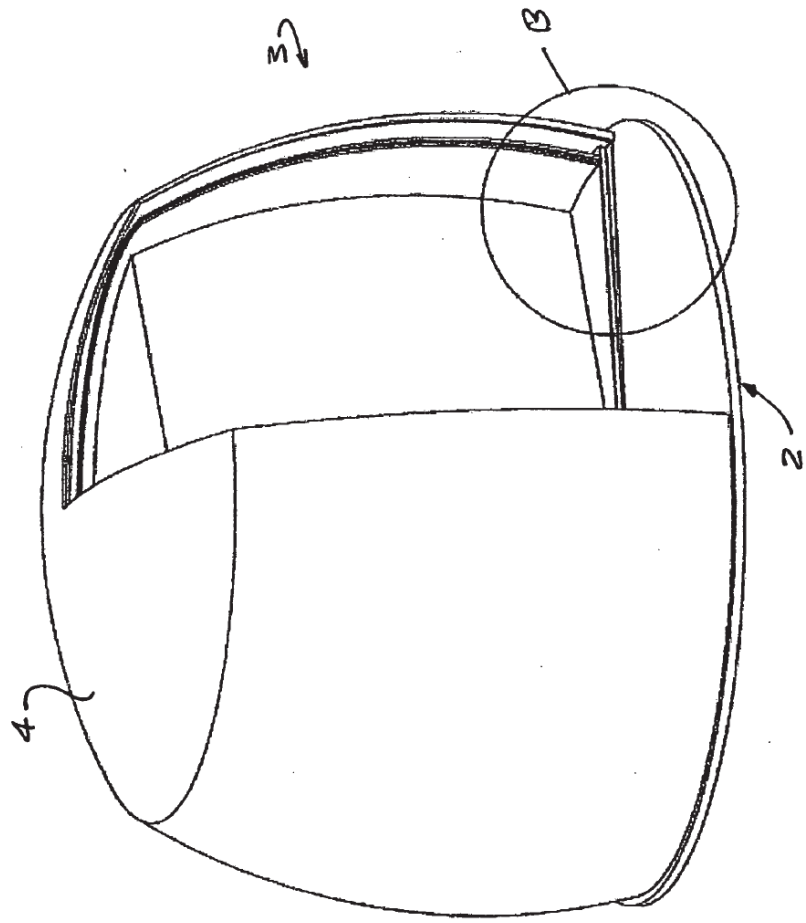


Fig. 4

Fig 5



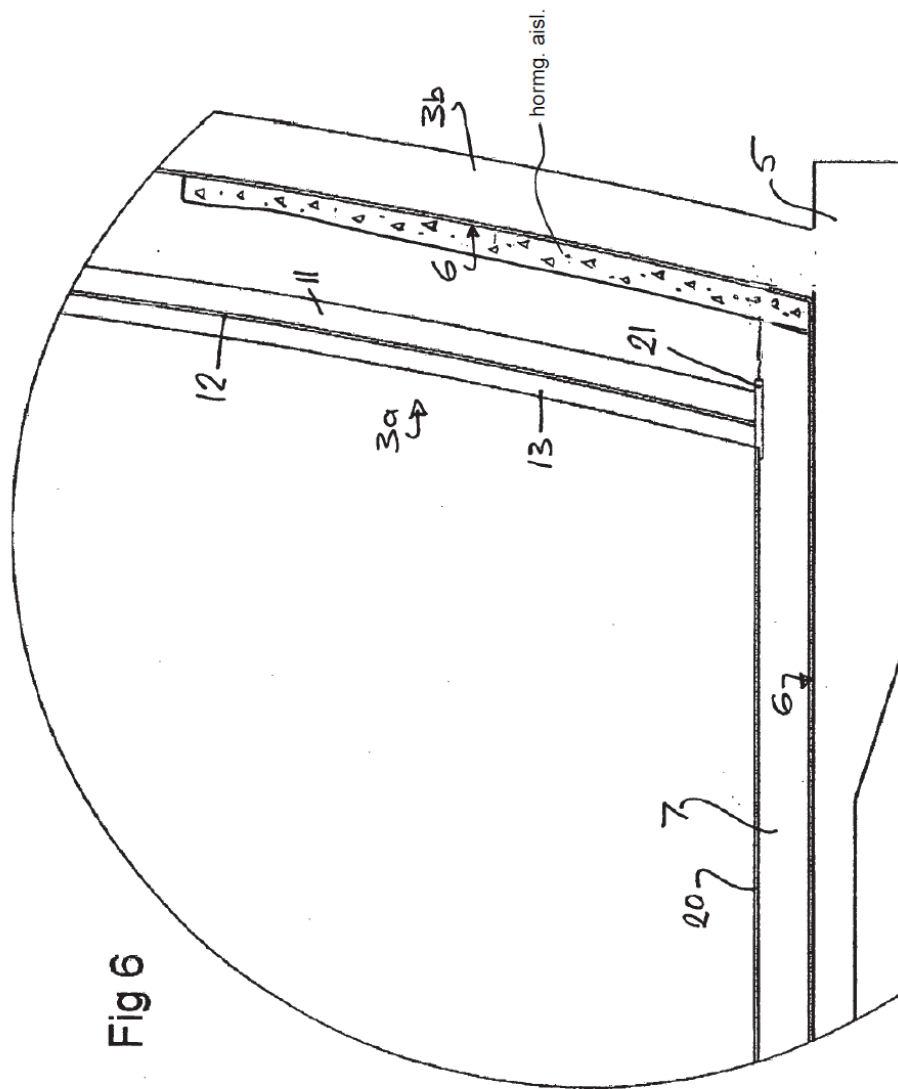


Fig 6

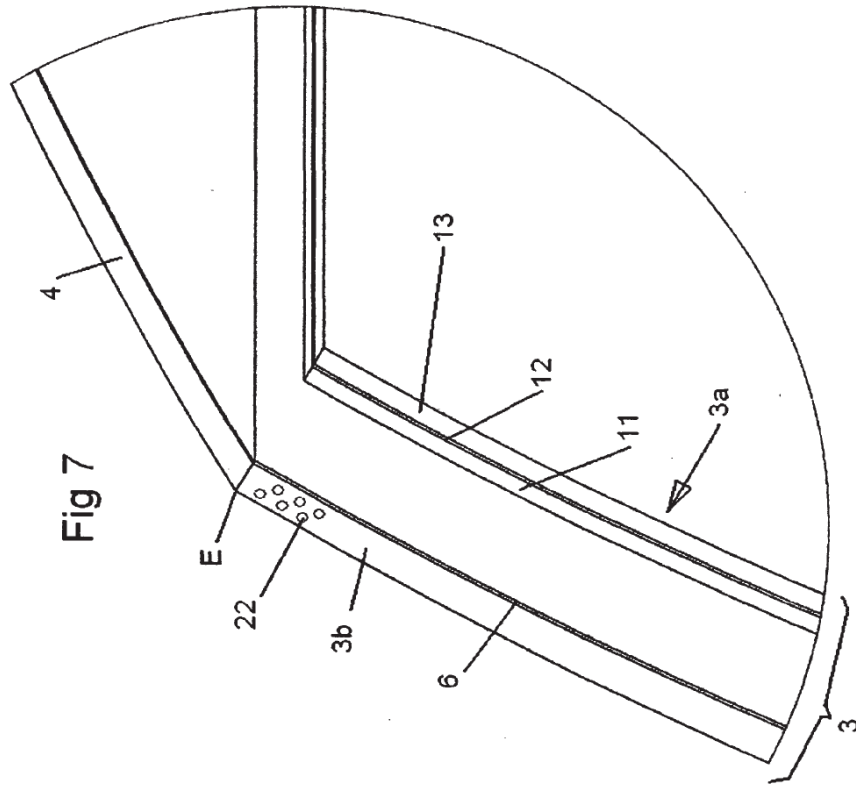


Fig. 8

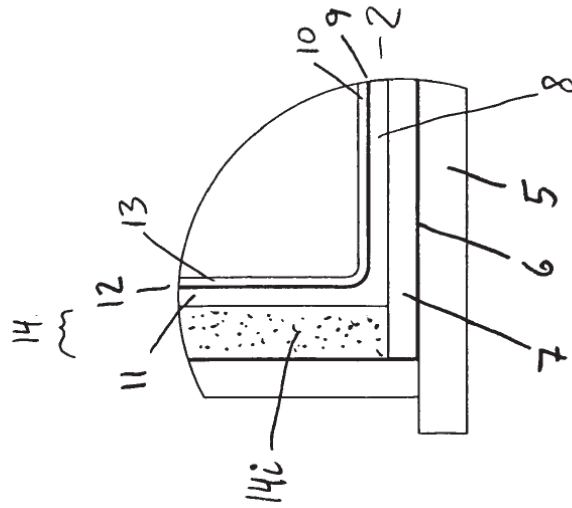
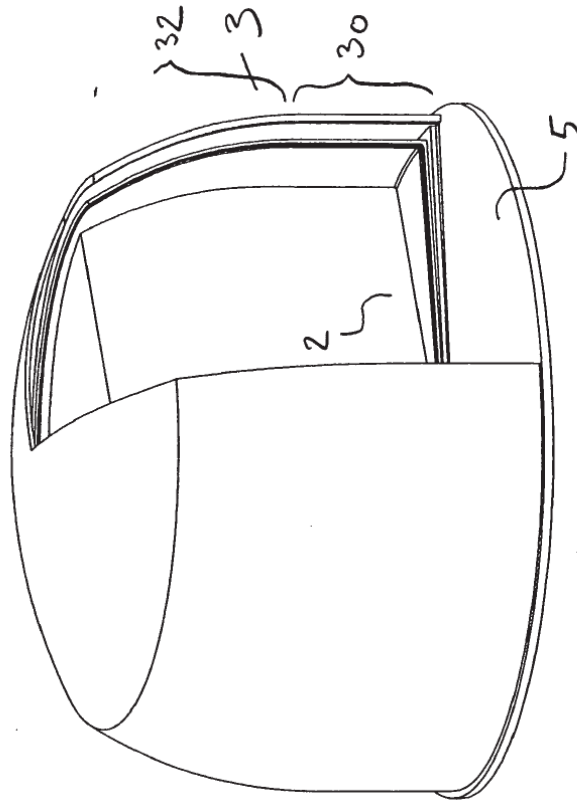
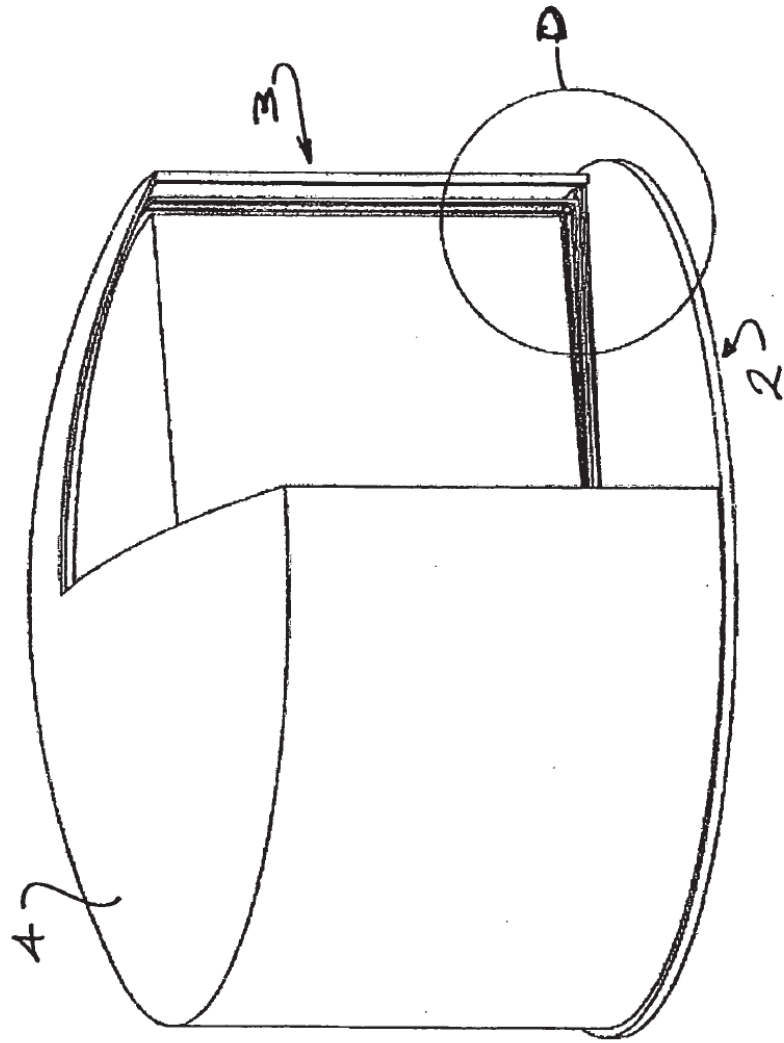


Fig 9



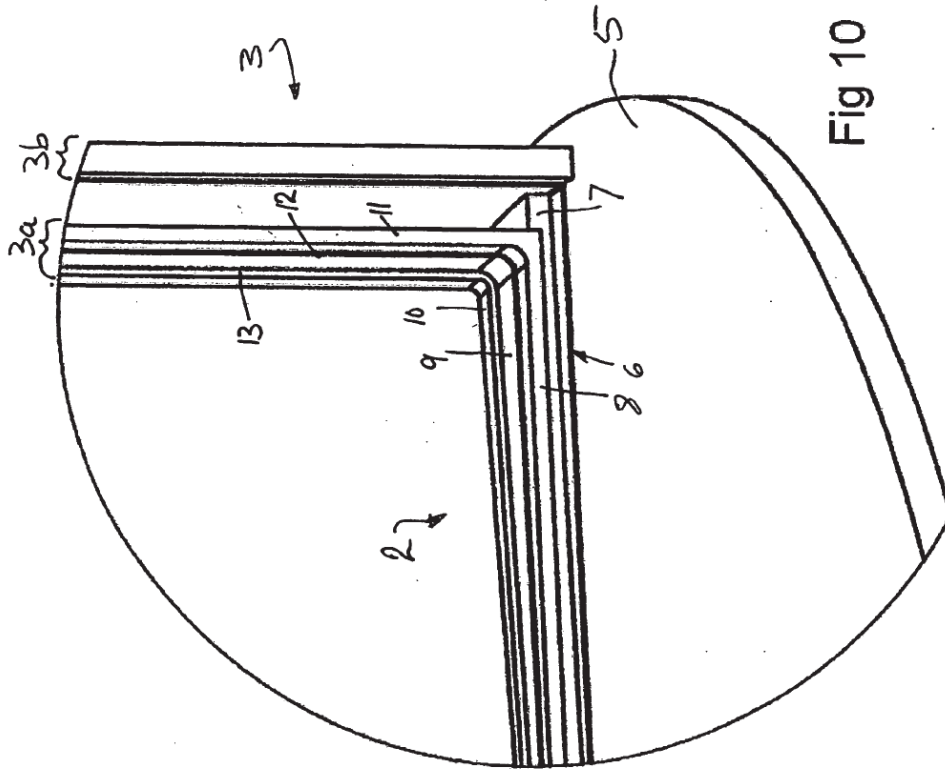


Fig 10

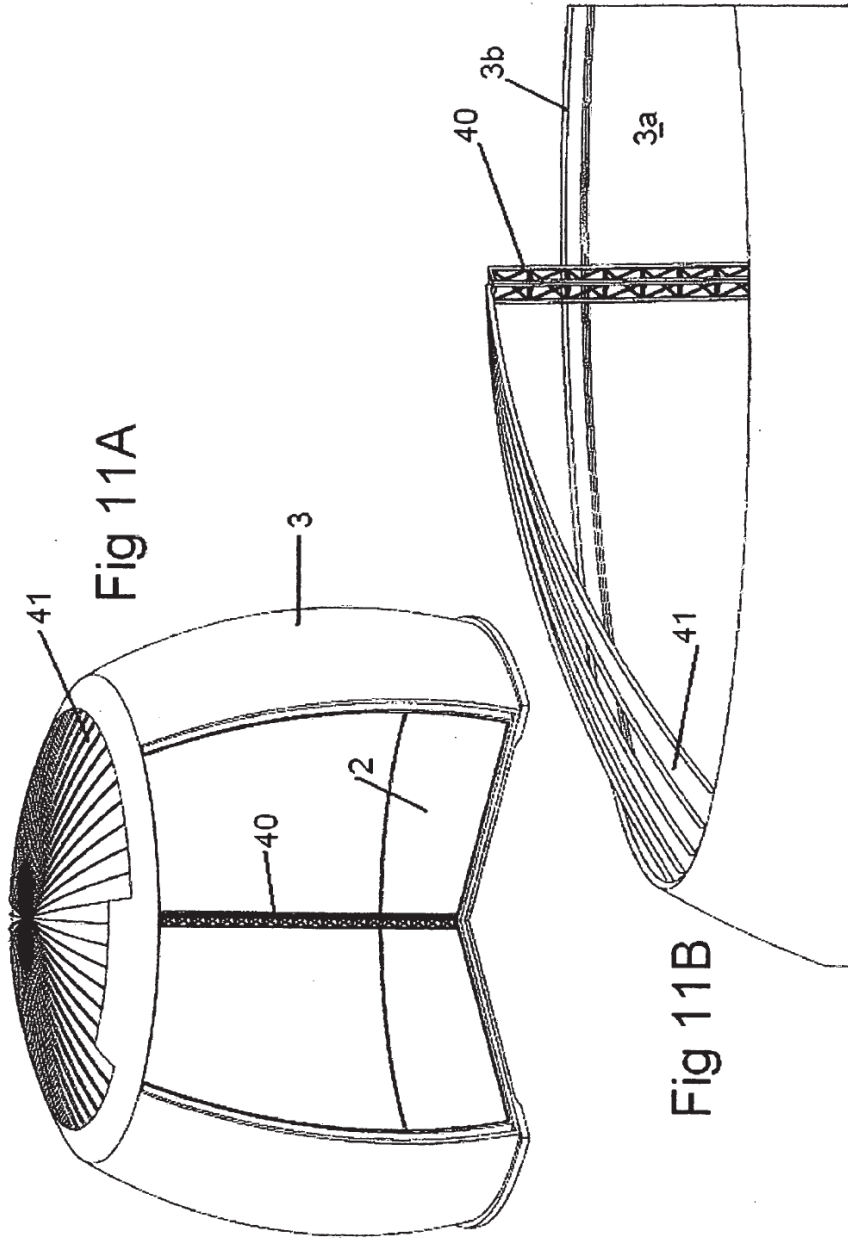


Fig 12

