

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 457**

51 Int. Cl.:

F17C 1/06 (2006.01)

F16J 12/00 (2006.01)

B29C 53/60 (2006.01)

B29C 63/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2011 PCT/RU2011/000931**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2012 WO12144929**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2011 E 11863930 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2716957**

54 Título: **Cilindro de alta presión de materiales compuestos**

30 Prioridad:

21.04.2011 RU 2011115524

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

06.06.2018

73 Titular/es:

LUKYANETS, SERGEI VLADIMIROVICH (33.3%)

Ul. Maiolik 4-77 Khotkovo

Moskovskaya obl. 141350, RU;

MOROZ, NIKOLAI GRIGORIEVICH (33.3%) y

LEBEDEV, IGOR KONSTATINOVICH (33.3%)

72 Inventor/es:

LUKYANETS, SERGEI VLADIMIROVICH;

MOROZ, NIKOLAI GRIGORIEVICH y

LEBEDEV, IGOR KONSTATINOVICH

74 Agente/Representante:

ÁLVAREZ LÓPEZ, Sonia

ES 2 671 457 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

Cilindro de alta presión de materiales compuestos

- 5 Los recipientes cilíndricos para gases comprimidos a alta presión son dispositivos utilizados en diferentes áreas de economía nacional y técnica; por ejemplo, pueden ser utilizados como recipientes a presión para la preparación de gases comprimidos, combustibles para vehículos, como bombonas a presión para mezclas aire-oxígeno para aparatos respiratorios, etc.
- 10 La invención presentada se refiere a la construcción de un recipiente destinado a las aplicaciones mencionadas – almacenamiento, preparación y utilización de gases comprimidos, etc.
- Los requisitos generales de este tipo de depósito de gas se basan en asegurar su alta resistencia estructural junto a la fluctuación mínima de las características funcionales y seguridad operativa, y esto con una masa mínima y una baja utilización de material y asegurando su larga durabilidad.
- 15 Los recipientes cilíndricos de alta presión compuestos modernos comprenden revestimiento-camisa interno hermético de pared delgada, y un revestimiento externo fuerte fabricado de material compuesto, p. ej. de bobina de fibra de carbono altamente modular, la cual cubre la camisa y está impregnada de un aglutinador.
- 20 El material del revestimiento– camisa hermético tiene una importancia especial como consecuencia de la eliminación del escape de líquido o cualquier mal ajuste en cilindros de tipos análogos.
- 25 Existen ejemplos conocidos de la fabricación de recipientes cilíndricos de alta presión compuestos que usan termoplásticos como material elemental – más por ejemplo en las siguientes patentes: GB 1023011, ER 0300931, WO 99/27293, WO 99/13263, US 4925044, RU 2150634.
- Existen numerosos ejemplos de la fabricación de recipientes cilíndricos de alta presión compuestos que usan camisas de metal de diferentes aleaciones – más, por ejemplo, en las siguientes patentes: US 5494188, US 5538680, US 5653358, US 5862938, US 5938209, US 5979692, US 6190598, US 6202674, US 6202674, US 6230922, US2003111473, 6,810,567.
- 30 Existen numerosos ejemplos de la fabricación de recipientes cilíndricos de alta presión compuestos que usan camisas de paredes delgadas de metal de diferentes aleaciones – más, por ejemplo, en las siguientes patentes: US 3 066 822, US 3 446 385, US 5 027 292, US 5,822,838, US 5 918 759, WO 03/029718, RU 2255829, JP2005133847, W02005022026, RU 2149126, RU 2094695, RU 2077682, RU 2001115743, RU 2000123739, RU 2140602, RU 2187746, RU 93049863, RU 2065544, RU 2001115191, RU 2003115384, RU 2002101904, GB1161846, EP0497687, US 5287988. Los tipos estructurales conocidos de recipientes cilíndricos de materiales compuestos, por lo general, presentan estructuras que se originan por el bobinado del material de refuerzo en espirales y círculos. Este material se distribuye con diferentes espesores por la pared del revestimiento compuesto del depósito – más en las patentes mencionadas arriba y en el libro de los autores I.F. Obrazcov, V. V. Vasiljev V.A. Bunakov, Refuerzo óptimo de revestimientos rotatorios de materiales compuestos, M., Machine building, 1977. Los parámetros estructurales de los cilindros comprenden un revestimiento de fuerza compuesto con partes cilíndricas y fondos. Mientras que la parte cilíndrica del revestimiento reforzado contiene capas espirales y circulares de material compuesto, los fondos del cilindro solo contienen capas espirales. La relación del grosor de las capas circulares y espirales en estas estructuras se elige para alcanzar el resultado técnico deseado, i. e. la distribución uniforme de la resistencia del cilindro de presión. Esto significa que los valores de la tensión destructiva se alcanzan al mismo tiempo en las capas espirales y circulares. Esto permite reducir significativamente la masa del recipiente en comparación con sus homólogos de metal.
- 40
- 45
- 50 La realización de este tipo de estructura puede solucionar, en parte, el problema de asegurar un mínimo valor de la masa y la larga durabilidad del cilindro, ya que la masa interior de la camisa utilizada en la construcción del cilindro llega generalmente hasta el 50% de la masa total de la estructura del cilindro.
- 55 Al mismo tiempo es conocido que, la utilización de formas geométricas especiales en los revestimientos para la construcción de la camisa, por ejemplo forma esférica según la patente RU 2256844 C1 de 20.07.2005, permite reducir significativamente su masa frente a camisas de forma cilíndrica de volumen análogo. En vista de la forma específica de este tipo de camisa se reduce considerablemente también la masa del revestimiento compuesto. El uso de camisas de formas geométricas racionales junto con materiales compuestos permite asegurar una estructura altamente eficaz del recipiente de presión.
- 60 Sin embargo, asegurar formas geométricas racionales de la camisa exige cambios estructurales en la geometría de la camisa y el revestimiento de fuerza de material compuesto.
- 65 Algunos análogos propuestos de la solución estructural, llevados a cabo en cilindros de metal con un recubrimiento compuesto y una camisa de pared delgada, se exponen en las patentes US 5653358, EP 0714753, US 7497919, US 2007062959, US 3655085, US 4369894.

La desventaja de la solución según la US 5653358 reside en que, en este caso, la solución evaluada del cilindro efectuado se refiere solo a una forma determinada, en concreto para la forma de cilindro esférico. La solución propuesta es, además, muy complicada de llevar a cabo, lo cual lleva a un aumento dramático del precio del cilindro.

5

Las patentes US 7497919 y US 2007062959 se esfuerzan, en parte, en eliminar las deficiencias de la solución arriba mencionada en la patente US 5653358, no obstante, la realización estructural, en este caso la dificultad de fabricación, incluso aumenta.

10

La solución según la patente EP 0714753 propone la utilización de una superficie del fondo con una sección meridional complicada, que se compone de partes superficiales de isotensoide geodésico, mientras que esta superficie proporciona la misma solidez de la estructura a lo largo de todo el meridiano en formación, lo que disminuye la masa estructural. Sin embargo, el principal deber respecto a la disminución de la masa de la camisa queda, en este caso, sin resolver.

15

La solución arriba expuesta según la patente US 5653358 debería incluir las resoluciones comprendidas en las patentes US 4369894 y US 3655085. En este caso, se propone la realización específica de un cilindro de forma esférica. Sin embargo, la realización de un cilindro con forma esférica no es óptima desde el punto de vista de la misma tensión de tracción en todas las fuentes de refuerzo a las tensiones expuestas.

20

La deficiencia conjunta de las soluciones expuestas arriba es que no resuelven la optimalización de la estructura del cilindro en su totalidad, en particular si se trata de la elección de la forma racional del fondo de la camisa y la distribución racional de las fibras de refuerzo del revestimiento compuesto.

25

El prototipo utilizado en la solución propuesta es la solución según la patente RU 2175088 C1 de 20.10.2001.

30

El resultado técnico de esta solución se alcanza de la siguiente manera: en el recipiente de presión de forma esférica con un revestimiento interno hermético y un revestimiento exterior de refuerzo de material compuesto hay un revestimiento- camisa interior hermética de pared delgada fabricada de una aleación de aluminio totalmente metálica sin utilizar ningún tipo de soldadura u otros tipos de juntas para unir sus partes, mientras que el revestimiento exterior está elaborado de plásticos orgánicos de filamentos orgánicos Armos con multi-zonas geodésicas ubicadas en la superficie esférica y con un ángulo de inclinación hacia el eje del recipiente de 5,7° a 73,15°.

35

Sin embargo, esta solución no asegura el estado de cohesión para la deformación de la aleación de aluminio y material compuesto debido a las diferencias en sus propiedades mecánicas, lo que lleva a la utilización única del cilindro aprobado y no permite su uso en el marco de aprovechamiento múltiple cíclico.

40

La tarea resuelta por esta invención reivindicada consiste en la creación de una nueva y óptima geometría de la camisa del cilindro para aumentar la seguridad operativa del cilindro, al mismo tiempo que se disminuye su masa en comparación con las construcciones existentes. Asimismo, esto permite aumentar drásticamente los segmentos de aplicación de los recipientes de presión ligeros compuestos.

45

El resultado técnico de la utilización de la propuesta declarada es el aumento de la resistencia y seguridad con una masa mínima en condiciones de carga extremas. La ventaja de la invención reside en la sencillez de su realización tecnológica y su atractivo para los clientes, ya que no existe ningún riesgo de destrucción del cilindro de alta presión al alcanzar condiciones de carga extremas. Esto amplía las posibilidades de uso de este tipo de cilindro inventado, especialmente en la vida cotidiana y en cualquier ámbito donde se utilicen gases comprimidos en medios de transporte.

50

El resultado técnico se alcanza así que, el cilindro de alta presión presenta una abertura, al menos en uno de los fondos, una camisa hermética de pared delgada de acero inoxidable de pared delgada y un revestimiento de fuerza externo de material compuesto, el cual está fabricado por una combinación de bobinas de cintas agrupadas, las cuales están orientadas en la superficie de la camisa en dirección geodésica con diferentes ángulos y densidades lineares de material de refuerzo, el cual se aplica en espirales. En esta situación, el perfil meridional de la superficie formada del fondo de la camisa tiene forma de curva, cubre densamente los meridianos de formación de las capas parciales de contacto del revestimiento, donde la primera de ellas se forma desde la abertura hasta la segunda capa de la superficie del isotensoide geodésico, mientras que las siguientes capas se corresponden según la sección de sus aberturas polares con la superficie plana condicionada de forma dada y cumple la siguiente condición:

60

$$\sin \gamma = \frac{\pi p r^2}{2 \sum_{i=1}^k T n_i \cos \varphi_i},$$

65

donde γ es el ángulo entre el eje de rotación y la normal a la superficie de la sección evaluada, T – fuerza necesaria para la rotura de fibras de refuerzo, n – fuerza de refuerzo (número de espirales) en la i -ésima capa del

revestimiento, φ_i – ángulo de refuerzo de la sección evaluada, r – radio de la sección considerada, p – presión en el cilindro, k – número de capas introducidas o de revestimientos.

5 Para que sea posible producir la estructura funcional del cilindro, es importante que el diámetro máximo de la superficie del isotensoide geodésico sea 1,2 – 1,8 veces más grande que el diámetro de la abertura polar en la segunda capa-revestimiento integrada. Para el funcionamiento de la estructura es igualmente importante que el diámetro máximo de las capas-revestimientos integradas esté en el límite entre las aberturas polares de capas-revestimientos vecinas.

10 El funcionamiento de la estructura declarada se muestra como la más efectiva cuando la trayectoria para la colocación de las fuentes de refuerzo en capas-revestimientos son la trayectoria de direcciones geodésicas para la capa-revestimiento evaluada y cuando están determinadas por la relación del diámetro de su abertura polar al diámetro actual.

15 La tarea es asimismo resuelta en consideración a que la densidad linear total / cantidad de cinta en todas las capas-revestimientos, con los filamentos unidireccionales colocados adecuadamente, ha sido elegida desde la condición

20
$$\sum_{i=1}^k n_i \cos \varphi_{0i} = \frac{\pi p R_c^2}{2T}$$

25 donde R_k es el radio máximo del cilindro y, también, teniendo en cuenta que la densidad linear / cantidad de cinta con los filamentos unidireccionales colocados adecuadamente en cada capa-revestimiento introducido ha sido elegida desde la condición

$$n_k \cos \varphi_{0k} = \frac{\pi p R_k^2}{2T} - \sum_{i=1}^{k-1} n_i \cos \varphi_i$$

30 donde R_c es el radio máximo de la capa-revestimiento introducida.

Un ajuste parcial a la solución propuesta puede ser la elección de una esfera para la superficie plana considerada y 3 capas-revestimientos introducidas. En este caso, hay que señalar que el diámetro de las aberturas polares de las capas-revestimientos introducidas son 0,1, 0,5 y 0,765 veces el diámetro máximo del cilindro.

35 Una modificación parcial de la solución propuesta también puede ser la elección de una superficie cónica como superficie plana propuesta y 6 capas-revestimientos introducidas, para ellos los diámetros de las aberturas polares son 0,3, 0,42, 0,53, 0,65, 0,76 y 0,88 veces el diámetro máximo del cilindro.

40 La ventaja de esta invención radica en la sencillez de su realización y su atractivo para los clientes.

La invención se explica en las siguientes descripciones más detalladas de los ejemplos llevados a cabo con referencias a los dibujos.

45 Fig. 1 muestra una imagen completa del cilindro estratificado.

Fig. 2 muestra la forma completa del meridiano, el cual crea la superficie del fondo del cilindro.

Fig. 3 muestra un ejemplo de la forma de la superficie de la camisa cuyo revestimiento se produce en tres zonas de la bobina.

Fig. 4 muestra un ejemplo llevado a cabo con un revestimiento esférico producido en tres zonas de la bobina y la forma de la superficie exterior del cilindro.

50 Fig. 5 muestra un ejemplo de la realización tecnológica de las capas-revestimientos de cintas de refuerzo en la superficie de la camisa cuya forma se elige en base a la utilización de esta invención.

55 La Fig. 1 muestra uno de los ejemplos llevados a cabo, i. e. un cilindro de alta presión con una unidad rígida recubierta 1, por ejemplo de material compuesto en forma de un esqueleto con múltiples capas, en las que las capas fueron conseguidas mediante el enrollamiento de fuentes unidireccionales transversales de fibras de vidrio o fibras de carbono impregnadas de un polímero ligante. Durante el proceso de producción de la unidad 1 fue envuelta por dentro con una camisa de acero de pared delgada 2 y a través de esta camisa sujetas las bridas 3 y 4.

60 En general es válido que el revestimiento compuesto de este tipo de cilindro se realiza en un primer nivel como propuesta de revestimiento de rotación, el cual se produce mediante el enrollamiento de sistemas de cintas de material compuesto, estando colocadas estas cintas en ángulos φ_i al resultante y se cargan mediante presión interna. Un rasgo específico de este enfoque es que existen varios ejercicios estructurales de optimización relacionados mutuamente que se dan al mismo tiempo.

ES 2 671 457 T3

El primero de ellos puede ser formulado de la siguiente manera: Hace falta descubrir una estructura de distribución de material de refuerzo del cilindro tal, que asegure una masa mínima de la estructura durante la carga calculada del cilindro mediante presión interna.

5 La segunda tarea se formula así: Hace falta descubrir una geometría del cilindro tal, en la que la deformación interna del material compuesto provocado por la presión en el cilindro cargado sea igual por toda la superficie, para cumplir la restricción desde el punto de vista de la resistencia cíclica del material de la camisa por un período de tiempo, determinado por el tiempo de funcionamiento establecido.

10 Como base para el diseño del cilindro se aplica la teoría de cáscaras sin momento de rotación, siendo descuidados los efectos en la cáscara en ecuaciones generales de esta teoría de cáscaras, a consecuencia de fuerzas transversales, momentos de torsión y flexiones relacionados con la tracción. Como únicos ítems desconocidos quedan los ítems relacionados con la tensión: el elemento meridional σ_α , el elemento circular σ_β – el valor llamado tensión de membrana. En este caso se evalúa, en vez del análisis del revestimiento como estructura, la superficie media del revestimiento y, en vez de cualquier tensión se evalúa en σ_i del material la fuerza normal T_1 , T_2 relacionada con la tracción.

15 Como el revestimiento evaluado es una entidad determinable estática, es posible conocer las fuerzas meridionales y anulares T_1 y T_2 en el revestimiento, que existen como consecuencia de la actuación de la presión interna, sin tener en cuenta los parámetros materiales relacionados con el revestimiento. Suponiendo que en el vértice del revestimiento hay una abertura de radio r_0 , cuyo perfil no está expuesto a ninguna carga, entonces las fuerza T_1 y T_2 tienen que determinarse de la relación

$$25 \quad T_1 = \frac{pR_2}{2} \left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right); \quad T_2 = \frac{pR_2}{2} \left[2 - \frac{R_2}{R_1} \left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right)\right],$$

30 para un revestimiento cerrado con abertura nolar obstruida

$$T_1 = \frac{pR_2}{2}, \quad T_2 = \frac{pR_2}{2} \left(2 - \frac{R_2}{R_1}\right),$$

35 donde p es la fuerza de presión interior del revestimiento evaluado, R_1 , R_2 son los radios principales del revestimiento curvado.

40 En general es válido que para la valoración de la primera tarea de la propuesta de cilindro, se puede utilizar el algoritmo basado en el criterio de tensión idéntica ($T = \text{constante}$ o $\sigma_i^* = \text{constante}$) a lo largo de toda la superficie del material estructural, teniendo que ser determinado para este fin la forma racional del centro de la de la superficie del fondo de la construcción de revestimiento. La limitación elegida responde al estado de las fibras, enlaces con ángulos de refuerzo φ k en la trayectoria de valor máximo de las tensiones principales. Para el método numérico de la propuesta del centro de la superficie del fondo del cilindro es más apropiado utilizar el algoritmo basado en

45 la determinación del ángulo γ entre el eje de rotación del revestimiento y la perpendicular a la superficie en su sección al evaluar el resto de partes del revestimiento que se encuentran sobre la sección dada

$$2\pi r T_1 \sin \gamma = 2\pi \int_{r_0}^r p r dr + Q_1$$

50 donde γ es el ángulo entre el eje de rotación del revestimiento y la perpendicular a la superficie en la sección valorada r , Q_1 es la fuerza axial en la sección del revestimiento de radio r_0 .

Teniendo en cuenta que la fuerza meridional que actúa en el revestimiento compuesto es igual a la suma de las fuerzas meridionales en sus capas individuales, i. e.

55 es posible obtener la siguiente relación

$$T_1 = \sum_{i=1}^k T_i n_i \cos \varphi_i$$

$$60 \quad \sin \gamma = \frac{\pi \int_{r_1}^r p r dr + Q_1}{\sum_{i=1}^k T_i n_i \cos \varphi_i}$$

$$65 \quad y = \int_{r_1}^r \operatorname{tg} \gamma dr \quad R_1 = \frac{ds}{d\gamma}, \quad R_2 = r / \cos \gamma$$

y con ayuda de la expresión alfanumérica determinar las coordenadas r , γ y los radios principales R_1 , R_2 de la curvatura de la superficie dada.

En caso de presión constante actuando dentro del cilindro, esta relación quedará como sigue

$$\sin \gamma = \frac{\pi p r^2}{2 \sum_{i=1}^k T_i n_i \cos \varphi_i}$$

Es obvio que la forma de la superficie del fondo del cilindro depende significativamente de las constantes $T_i n_i$, i. e. de las fuerzas existentes en las fibras del material de refuerzo y de su número en las diferentes capas en formación del revestimiento del cilindro, siendo de nuevo estas capas expresadas por mediación de la carga p de las dimensiones características del revestimiento.

Para diseñar un cilindro óptimo es conveniente utilizar la condición de fuerzas constantes en cada fibra dentro de cada segmento, su igualdad para cada capa y las condiciones de la colocación geodésica de las fibras para cada capa de material. $T_i = \bar{t}$

En este caso, el revestimiento se representa como un tipo de cáscara compuesto de varias partes que están mutuamente integradas – ver Fig. 2.

Para la creación de esta forma geométrica del revestimiento es conveniente utilizar el siguiente algoritmo.

$$\sin \varphi_i = r_{0i} / r$$

Es dado alguna superficie abstracta y su sección r_{01} , r_{02} , r_{03} ,... r_{0n} , lo que determina el número de capas del revestimiento formado.

Los valores dados son los valores iniciales de los radios R_1 , R_2 , R_3 ,... R_n de superficies cilíndricas imaginarias integradas en los revestimientos con un diámetro máximo R_c . A la vez hay que tener en cuenta la condición de que $r_{i+1} < R_i < r_{i+2}$.

Sucesivamente, comenzando por el primer segmento r_{01} - r_{02} para cada revestimiento imaginario con un diámetro del cilindro R_i , utilizando la dependencia

$$n_i \cos \varphi_i = \pi p r^2 / 2 \bar{t} - \sum_{j=1}^{i-1} n_j \cos \varphi_j$$

para cada zona, se calcula aquí el valor n_i .

$$\cos \varphi_i = \sqrt{1 - (r_i / R_i)^2}$$

Al utilizar los valores hallados n_i , el ángulo $\gamma(r)$ de cada zona i se determina mediante la relación

$$\sin \gamma = \frac{\pi p r^2}{2 \sum_{i=1}^k \bar{t} n_i \cos \varphi_i}$$

y de forma análoga se determinan las coordenadas x , y , así como los radios principales R_1 , R_2 para los perfiles meridionales del fondo en formación del revestimiento del cilindro.

Se valora por aproximación la superficie ganada con la superficie hipotética inicial por comparación de las coordenadas γ_i en las secciones específicas r_{0i} . En ausencia de coincidencias, se eligen nuevos radios R_i para superficies imaginarias y el proceso se repite.

Es obvio que el primer segmento, desde la abertura polar al cilindro con radio r_{01} hasta el principio de la segunda capa con radio r_{02} , siempre contiene una capa. Esta es la razón por la que la resolución de la tarea sobre este segmento, siempre lleva a que la forma superficial de este segmento pertenece exclusivamente a la superficie del isotensoide geodésico.

En base al enfoque estructural, el cilindro tiene siempre unas bridas integradas – Fig. 1, pos. **3**, **4** - las cuales aseguran la funcionalidad del cilindro. Como resultado del aumento de la presión de contacto en la superficie de contacto de la brida con superficie compuesta, esta zona requiere un ajuste especial. Según recomendaciones conocidas, esta anchura de contacto debería ser de al menos $1,225 r_{01}$ (ver I. F. Obrazcov, V. V. Vasiliev y V. A.

Bunakov, Refuerzo óptimo de revestimientos rotatorios de materiales compuestos, M, Engineering, 1977); la longitud mínima de la primera zona tiene que ser, por este motivo, como mínimo de $1,225 r_{01}$.

5 Desde el punto de vista tecnológico, el revestimiento se fabrica por enrollamiento de cintas compuestas de fibras con una anchura final b . En el área de la abertura polar, con respecto a la anchura final b de la cinta, el revestimiento muestra un engrosamiento determinado que es generalmente más ancho que la superficie de contacto de la brida de la camisa. Como resultado, la longitud mínima de la primera zona no debería ser menor de $1,225 r_{01}$ más la mitad de la anchura de la cinta procesal.

10 Por otra parte, la segunda capa – revestimiento de radio r_{02} de la abertura polar y todas las capas siguientes se enrollan igualmente con ayuda de una cinta tecnológica de una anchura determinada b , la cual no siempre es igual a la anchura b de la cinta formada en la primera capa. Para asegurar los parámetros técnicos óptimos del cilindro en el lugar donde empieza la segunda capa, el radio máximo del cilindro de la parte del primer revestimiento imaginario, isotensoide, debe exceder el valor $r_{02} + b/2$ que en valores numéricos lleva a $1,3 - 1,8$ veces el radio r_{02} de la abertura polar de la segunda capa- revestimiento integrada.

15 Análogamente al valor de las dos primeras capas es válido que todas las siguientes capas de los revestimientos deben cumplir la condición de que el radio máximo de la capa- revestimiento se encuentra en el intervalo entre las aberturas polares en las capas vecinas del revestimiento.

20

$$n_k \cos \varphi_{0k} = \frac{\pi p R_k^2}{2T} - \sum_{i=1}^{k-1} n_i \cos \varphi_i$$

25 Para garantizar la misma solidez debería cumplirse la condición de llegar a crear un número necesario de espirales de refuerzo que pasen por el área dada a reforzar.

Es también obvio, que el refuerzo total debería elegirse de la condición

$$\sum_{i=1}^k n_i \cos \varphi_{0i} = \frac{\pi p R_c^2}{T}$$

30 En este caso, la resistencia del cilindro asegurada para el nivel dado de presión efectiva en las condiciones domésticas.

35 Durante la realización técnica del revestimiento de los cilindros pueden ser elegidos los ángulos de refuerzo en base a condiciones aleatorias y ensayos.

Sin embargo, desde el punto de vista tecnológico, en la realización del enrollamiento para cada capa-revestimiento, lo más ventajoso es cuando la trayectoria de refuerzo concuerda con la dirección geodésica de la superficie dada, i. e. cuando las trayectorias se determinan mediante la relación del diámetro de la abertura polar en el revestimiento considerado hacia el diámetro actual. En estos casos se asegura, en las superficies evaluadas, el proceso equitativo de la colocación de cintas de material de refuerzo.

40 En este caso, el concepto estructural más racional de revestimiento para la construcción de un cilindro de forma esférica es el compuesto por tres capas- revestimientos que se integran entre sí. Así, es posible asegurar una buena superficie lo bastante cercana del cilindro a la superficie de la esfera, y esto en la superficie interna y externa – ver Fig. 3, pos. **4, 5**.

45 La propuesta arriba expuesta es óptima desde el punto de vista de la resistencia. Desde el punto de vista técnico, se trata asimismo de un ejemplo donde la fabricación del producto es menos exigente, en lo que se refiere al tiempo de fabricación. Para este tipo de estructura propuesta, es posible alcanzar el mejor acercamiento de la superficie hacia la superficie esférica bajo la condición de que los diámetros de las aberturas polares de las capas-revestimientos integradas son $0,1, 0,5$ y $0,765$ veces el diámetro máximo del cilindro.

50 Si se trata de la estructura del cilindro con fondos cónicos, entonces el mejor acercamiento de la superficie interior y exterior a la superficie cónica se puede alcanzar si se cumple la condición de que el número de capas-revestimientos integrados sea seis, donde los diámetros de la aberturas polares de las capas-revestimientos integradas sean igual a $0,3, 0,42, 0,53, 0,65, 0,76$ y $0,88$ veces el diámetro máximo del cilindro.

55 Como ejemplo de la invención realizada se propone la construcción de un cilindro de forma esférica de alta presión compuesto que el demandante ha desarrollado según la solución propuesta en esta descripción. El cilindro mencionado arriba está fabricado de plástico reforzado con fibra de carbono con resistencia a la tracción a lo largo de la fibra (σ - 5000MPa), y está fijado para una presión interna de $p = 110\text{MPa}$, que es el valor experimental de la presión destructiva, con un radio máximo R 185mm y un radio de la abertura polar de 18mm . Los principales parámetros implementado en la propuesta – ver Fig. **4, 5**:

60 el máximo espesor de todas las capas-revestimientos a un diámetro máximo $3,8\text{mm}$, volumen interior 25 litros, masa $4,2\text{kg}$.

ES 2 671 457 T3

Estos parámetros del recipiente proporcionan su masa mínima y destrucción garantizada a un diámetro máximo, lo que se comprueba mediante los resultados experimentales.

5 La creación de la solución estructural propuesta arriba del cilindro dado ha significado una oportunidad real de utilización de recipientes de alta presión elaborados de diferentes materiales con ayuda de una capa-revestimiento interior de metal de pared delgada de forma arbitraria. La fabricación y el examen de recipientes de alta presión junto con la camisa propuesta para su aislamiento confirmaron su seguridad y efectividad. El resultado técnico de esta invención se alcanza en intervalos de proporciones específicas que han sido obtenidos mediante cálculos y, medios y métodos experimentales.

10 La invención mostrada no está limitada a los métodos descritos arriba realizados, que se realizan para ilustrar la invención, y puede tener modificaciones en la formulación de la invención.

REIVINDICACIONES

1. El cilindro de alta presión (1) que contiene un cuello de salida al menos en uno de los fondos, una camisa selladora de pared delgada (2) de acero inoxidable de pared delgada y un revestimiento fuerte exterior de material compuesto, formado por la combinación de capas-revestimientos con cintas agrupadas orientadas hacia la superficie de la camisa (2) en direcciones geodésicas con diferentes ángulos y diferentes densidades lineares, con fibras colocadas de forma pertinente elaboradas de material de refuerzo, así que el perfil meridional que forma la superficie del fondo tiene forma de curva plana, fijadas a los meridianos formados en la superficie del fondo de las partes introducidas entre sí de las capas-revestimientos, **caracterizado porque**, la primera capa-revestimiento se realiza desde el cuello hasta la segunda capa-revestimiento como una superficie de isotensoide geodésico y que (*capas-revestimientos*) concuerdan a continuación con la superficie de la camisa (2) en los segmentos de sus aberturas polares y cumplen la condición

$$\sin \gamma = \frac{\pi p r^2}{2 \sum_{i=1}^k T n_i \cos \varphi_i}$$

15 donde γ es el ángulo entre el eje de rotación y la perpendicular a la superficie en la sección evaluada, T – esfuerzo de rotura de las fibras de refuerzo, n – fuerza de refuerzo, número de fibras, en i -ésima capa de revestimiento, φ_i – ángulo de refuerzo en la sección de prueba, r es el radio de la sección considerada, p es la presión en el cilindro, k es el número de las capas-revestimientos introducidas.

2. El cilindro (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el diámetro máximo del isotensoide geodésico es 1,2 – 1,8 veces mayor que el diámetro de la abertura polar en la segunda capa-revestimiento introducida.

3. El cilindro (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el diámetro máximo de las capas-revestimientos introducidas entre sí se sitúan en los huecos entre las aberturas polares en las capas-revestimientos vecinas.

25 4. El cilindro (1) según la primera reivindicación, *caracterizado porque* la trayectoria de la colocación de las fibras de refuerzo en las capas-revestimientos, para la capa-revestimiento evaluada, están en dirección geodésica y son determinadas mediante la relación del diámetro de su abertura polar hacia el diámetro actual.

30 5. El cilindro (1) según la primera reivindicación, caracterizado porque la densidad linear total (número) de las cintas en todas las capas-revestimientos, en donde están colocadas convenientemente las fibras de forma unidireccional, se elige de la condición donde R_c es el radio máximo del cilindro.

$$\sum_{i=1}^k n_i \cos \varphi_{0i} = \frac{\pi p R_c^2}{2T}$$

35 6. El cilindro (1) según la primera reivindicación, caracterizado porque la densidad linear total (número) de las cintas, en donde están colocadas convenientemente las fibras de forma unidireccional en cada capa-revestimiento introducida, se elige de la condición

$$n_k \cos \varphi_{0k} = \frac{\pi p R_k^2}{2T} - \sum_{i=1}^{k-1} n_i \cos \varphi_i$$

donde R_k es el radio máximo de la capa-revestimiento introducida.

40 7. El cilindro (1) según la primera reivindicación, caracterizado porque la superficie esférica se elige como una superficie plana hipotética y el número capas-revestimientos introducidas es tres (3).

8. El cilindro (1) según la reivindicación 7, caracterizado porque Según la reivindicación 7, el cilindro (1) se caracteriza así que, los diámetros de las aberturas polares de las capas-revestimientos introducidas son iguales a 0,1, 0,5 y 0,765 veces el diámetro máximo del cilindro.

45 9. El cilindro (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque la superficie cónica se elige como una superficie plana hipotética y el número de capas-revestimientos introducidas es seis.

10. El cilindro (1) según la reivindicación 9, caracterizado porque los diámetros de las aberturas polares de las capas-revestimientos introducidas son iguales a 0,3, 0,42, 0,53, 0,65, 0,76 y 0,88 veces el diámetro máximo del cilindro.

50

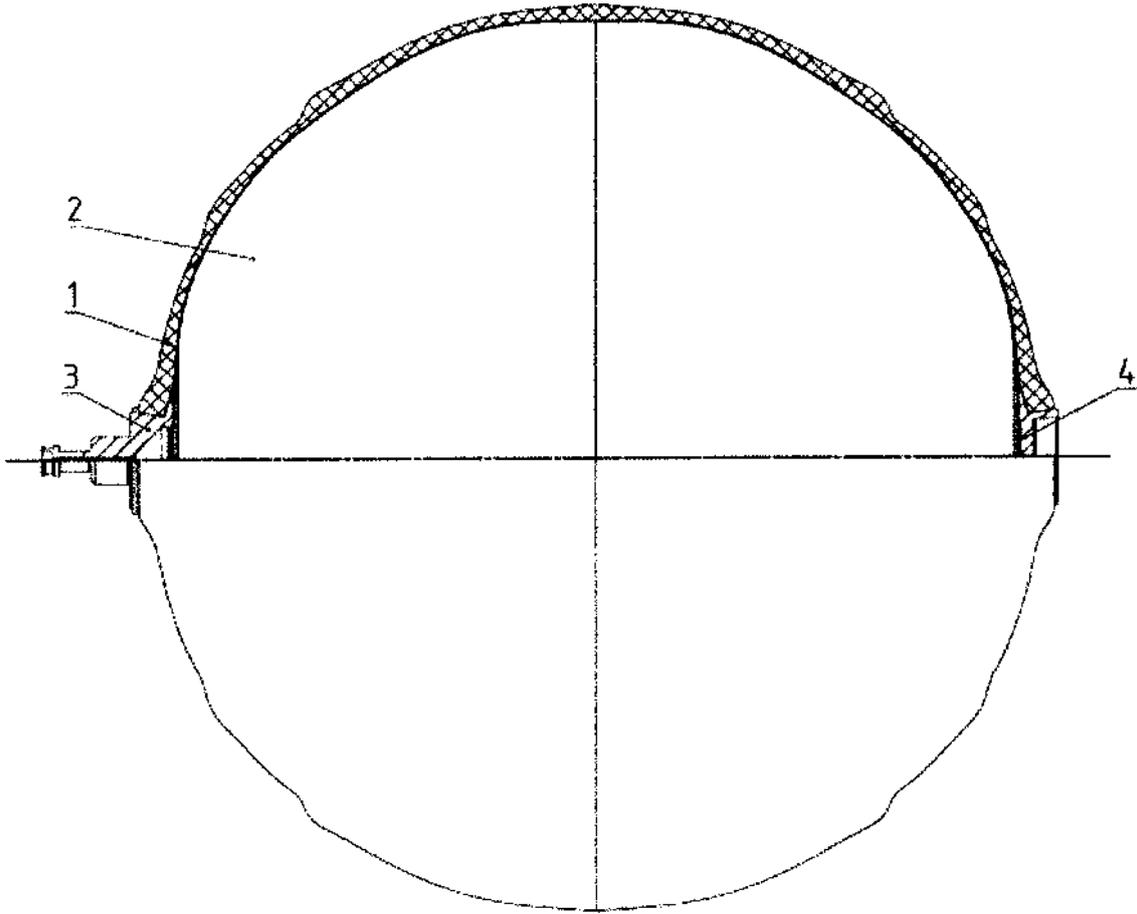


Fig. 1

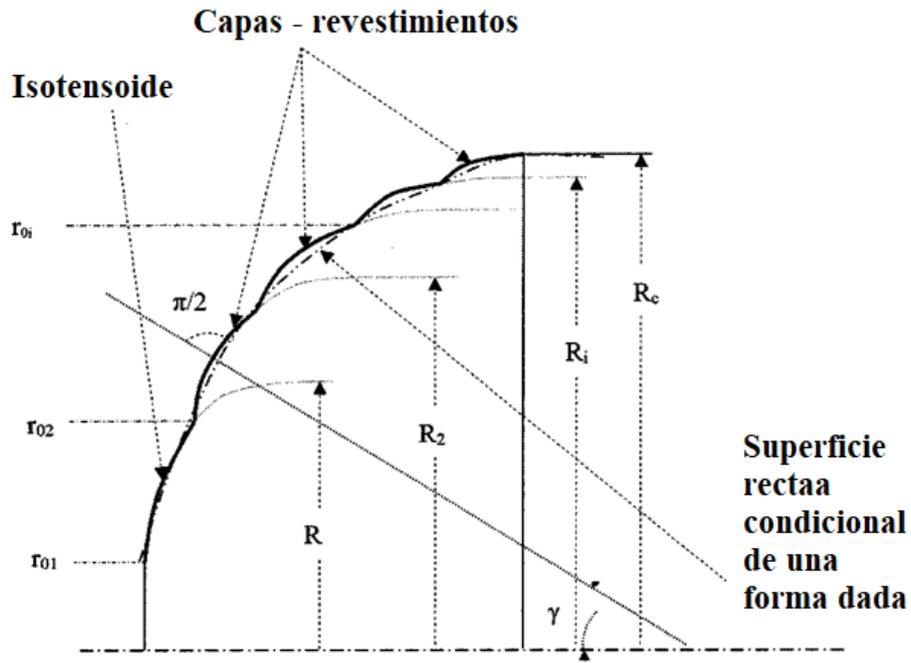


Fig. 2

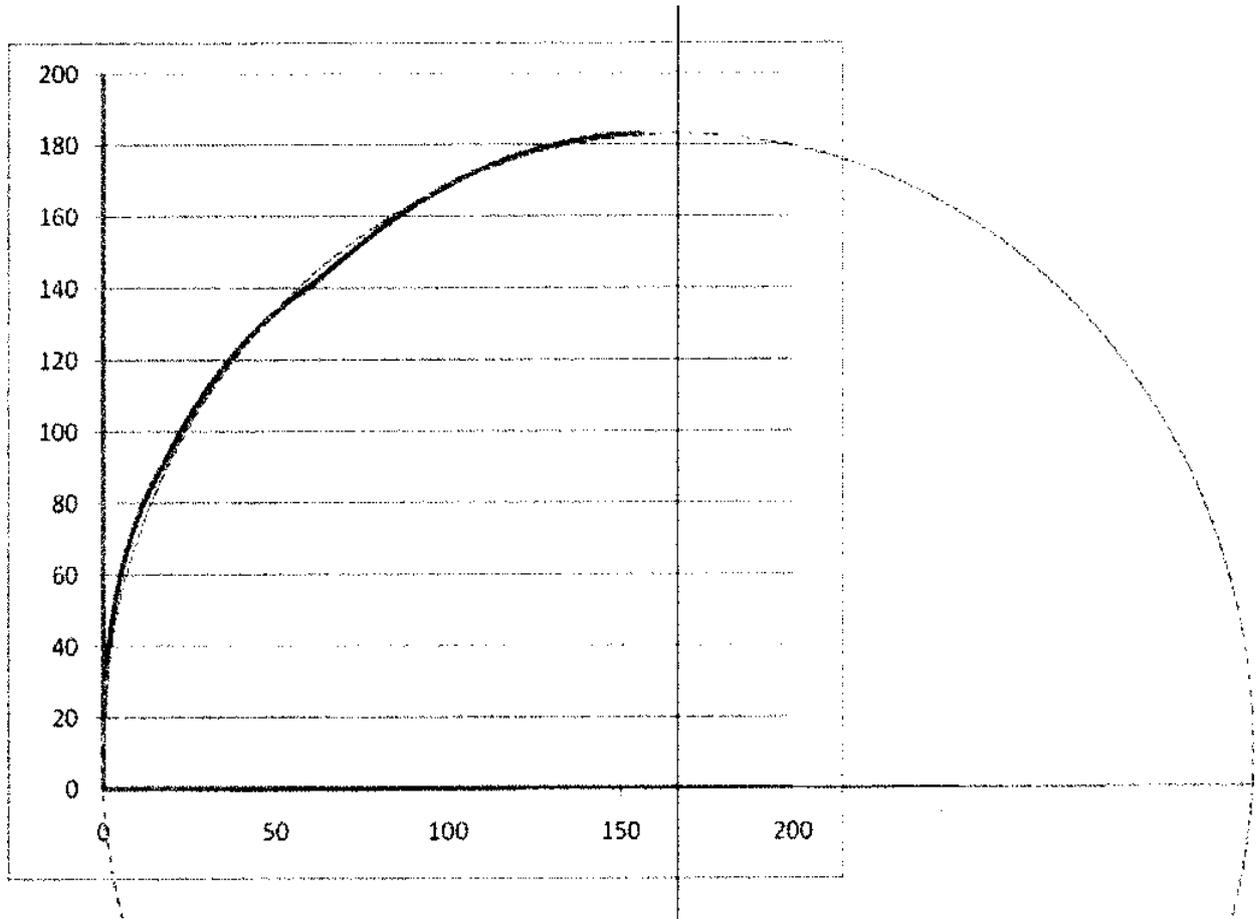


Fig. 3