



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 341 442**

51 Int. Cl.:  
**F17C 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03777176 .3**

96 Fecha de presentación : **02.12.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1571389**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.09.2005**

54 Título: **Recipiente a presión y procedimiento de fabricación del mismo.**

30 Prioridad: **02.12.2002 JP 2002-350373**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**21.06.2010**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**21.06.2010**

73 Titular/es: **mitsubishi rayon Co., Ltd.**  
**6-41, Konan 1-chome**  
**Minato-ku, Tokyo 108-8506, JP**

72 Inventor/es: **Takemoto, Hidehiro;**  
**Ishimori, Takumi. y**  
**Sugiura, Masayuki**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 341 442 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

Recipiente a presión y procedimiento de fabricación del mismo.

### 5 **Campo técnico**

La presente invención versa acerca de un recipiente a presión usado como recipiente de almacenaje de gas a presión elevada, y acerca de un procedimiento para producir el recipiente a presión.

### 10 **Técnica antecedente**

Se vienen usando recipientes fabricados de acero como recipientes de almacenaje para gas a presión elevada. Sin embargo, los recipientes fabricados de acero son pesados y hace falta mucha mano de obra para moverlos y transportarlos. Por ejemplo, en un automóvil que use combustible en forma de gas, para reducir el peso del automóvil y reducir el consumo de combustible, se ha deseado reducir el peso del recipiente de almacenaje del combustible.

En vez de recipientes convencionales de acero, se han usado como recipientes de almacenaje para gas a presión elevada recipientes a presión fabricados de un material compuesto, en el que una camisa de resina o una camisa metálica se refuerzan con una fibra reforzada. El recipiente a presión fabricado de material compuesto reforzado con fibra puede aumentar la presión de carga y reducir el peso.

Ejemplos representativos del procedimiento de devanado de la fibra reforzada en la producción del recipiente a presión fabricado de un material compuesto reforzado con fibra incluyen un procedimiento de devanado de filamentos. El procedimiento de devanado de filamentos es un procedimiento en el que una fibra continua reforzada impregnada en resina se enrolla en torno a una camisa como un cuerpo de recipiente, y, a continuación, la resina se endurece para producir un recipiente a presión fabricado de material compuesto reforzado con fibra.

El documento 1 de patente sugiere un recipiente a presión que comprende al menos dos capas de material compuesto reforzado con fibra fabricadas de tipos diferentes de fibra reforzada. El recipiente a presión puede aumentar la presión de rotura (mejorar una propiedad de rotura) calibrando un módulo de elasticidad de la hebra de una capa externa para que sea más elevado que el de una capa interna y, con ello, las tensiones aplicadas a las capas externa e interna son equivalentes.

35 [Documento 1 de patente] Solicitud de patente japonesa no examinada, N° de primera publicación H6-331032.

La Fig. 3 muestra un recipiente a presión dado a conocer en el documento 1 de patente. El recipiente 50 a presión comprende capas 52, 53 y 54 de cubierta que están fabricadas de resina reforzada con fibra enrollando materiales reforzados 52a, 53a y 54 cubiertos de resina alrededor de una porción 51a de cuerpo de una camisa cilíndrica 51 de metal (cuerpo del recipiente), en este orden, desde un lado interior a un lado exterior.

En el recipiente 50 a presión, las cargas de tracción aplicadas a cada capa 52, 53 y 54 de cubierta en la dirección circunferencial son sustancialmente equivalentes calibrando el módulo de elasticidad de hebra de una capa exterior para que sea más elevado que el de una capa interior. Debido a esto, el recipiente 50 a presión tiene una elevada estanqueidad a la presión y un peso reducido.

Aunque el recipiente a presión tenga una presión de rotura suficiente, tiene otro problema. Concretamente, dado que el recipiente a presión se rompe en pedazos, es necesario evitar la dispersión de los trozos.

Además, es importante que los recipientes a presión tengan no solo una propiedad de presión de rotura excelente, sino también una propiedad de fatiga excelente. En particular, la propiedad de fatiga de un recipiente a presión que comprende una camisa (cuerpo del recipiente) fabricada de un metal como el aluminio mejora sometiéndola a un tratamiento de autozunchado a presión elevada para aplicar un esfuerzo de compresión a la camisa, de modo el esfuerzo de compresión aplicado esté en el intervalo de linealidad de la camisa.

Sin embargo, cuando se produce un recipiente a presión considerando que el esfuerzo de compresión aplicado a la camisa es un factor muy importante, hay un caso en el que la presión de rotura es mayor de lo que se quiere. En cambio, cuando se produce un recipiente a presión considerando que la presión de rotura es un factor muy importante, el recipiente a presión no puede soportar el esfuerzo de compresión necesario. En consecuencia, hay un problema, porque aumenta el peso del recipiente a presión.

Además, los estándares de recipientes de presión, como el S 1121 de Seguridad de Gas a Presión Elevada del Instituto de Japón (KHK) se estandarizan en base a las propiedades de la fibra de vidrio, en particular a la propiedad de fatiga. Por lo tanto, los recipientes a presión que se producen usando una fibra reforzada que tiene una excelente propiedad de fatiga tienen una seguridad innecesariamente alta.

El documento US 2002/0029449 A1, considerado el más cercano en la técnica anterior, da a conocer un procedimiento para fabricar un recipiente a presión, en el cual se envuelve una camisa alrededor del recipiente dotada de una resistencia predeterminada, se aplica al recipiente una primera presión que es mayor que la presión de fluencia, y después se envuelve una segunda camisa alrededor del recipiente.

5

### Revelación de la invención

En consideración de los problemas descritos en lo que antecede, un objeto de la presente invención es proporcionar un recipiente a presión que es excelente en la propiedad de fatiga y en la propiedad de rotura y que tiene un peso reducido, y un procedimiento para producir un recipiente a presión.

10

El recipiente a presión puede comprender una capa de resina reforzada con fibra que está fabricada de una fibra reforzada impregnada en resina, en una superficie de un cuerpo del recipiente, en el que el recipiente a presión puede producirse formando la capa de resina reforzada con fibra en la superficie del cuerpo del recipiente, endureciendo la capa de resina reforzada con fibra y, después, aplicando una presión interna y deformando plásticamente el cuerpo del recipiente de tal modo que una distorsión de la superficie del cuerpo del recipiente en una dirección circunferencial del cuerpo del recipiente esté en un intervalo del 0,7% al 0,9% y en el que el recipiente a presión tiene una presión de rotura, que es de 2,2 a 2,8 veces mayor que una presión de carga.

15

El procedimiento para producir un recipiente a presión de la presente invención comprende las etapas de: formar una capa de resina reforzada con fibra, que está fabricada de una fibra impregnada en resina, sobre una superficie de un cuerpo de recipiente; endurecer la capa de resina reforzada con fibra para obtener un recipiente a presión que tiene una presión de rotura, que es de 2,2 a 2,8 veces mayor que una presión de carga; y aplicar una presión interna y deformar plástica el cuerpo del recipiente de tal modo que una distorsión de la superficie del cuerpo del recipiente en una dirección circunferencial del cuerpo del recipiente esté en un intervalo del 0,7% al 0,9%.

20

25

Conforme al recipiente a presión y al procedimiento para producir un recipiente a presión de la presente invención, dado que el cuerpo del recipiente es sometido a un tratamiento denominado tratamiento de autozunchado, en el que al cuerpo del recipiente se le aplica una presión interna y se lo deforma plásticamente de tal modo que la distorsión de la superficie del cuerpo del recipiente en una dirección circunferencial del cuerpo del recipiente esté en un intervalo del 0,7% al 0,9%, y que el recipiente a presión tiene una presión de rotura, que es de 2,2 a 2,8 veces mayor que una presión de carga, el recipiente a presión y el procedimiento para producir un recipiente a presión de la presente invención mejoran la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura del recipiente a presión, y reducen el peso del recipiente a presión.

30

35

### Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista en corte transversal que muestra una realización del recipiente a presión conforme a la presente invención.

40

Las Figuras 2A a 2D son vistas explicativas para un procedimiento para producir el recipiente a presión mostrado en la Fig. 1.

La Fig. 3A es una vista en corte transversal parcial para explicar un recipiente convencional a presión, y la Fig. 3B es una vista ampliada que muestra una parte principal del recipiente a presión mostrado en la Fig. 3A.

45

### Mejor modo de llevar a cabo la invención

La Fig. 1 es una vista en corte transversal que muestra una realización del recipiente a presión conforme a la presente invención.

50

El recipiente 1 a presión comprende una capa 4 de resina reforzada con fibra, que está fabricada de una fibra reforzada 3 impregnada en resina sobre la superficie de un cuerpo 2 de un recipiente sustancialmente cilíndrico. En la Fig. 1, el número de referencia 2a denota un cuerpo del recipiente a presión, 2b denota una porción abierta y 2c denota un fondo.

55

Preferentemente, el cuerpo 2 del recipiente está fabricado de metal. No hay limitación alguna para el metal que comprende el cuerpo 2 del recipiente, pero ejemplos del metal incluyen las aleaciones de aluminio, las aleaciones de magnesio y el hierro. En particular, las aleaciones de aluminio son preferibles para reducir el peso del cuerpo 2 del recipiente.

60

Preferentemente, la capa 4 de resina reforzada con fibra tiene una estructura de múltiples capas. La capa 4 de resina reforzada con fibra mostrada en la Fig. 1 tiene una estructura que comprende una capa 3a de orientación circunferencial en la que una resina 3 de fibra reforzada se enrolla alrededor del cuerpo 2 del recipiente de tal modo que la dirección de orientación de la resina 3 de fibra reforzada es la dirección circunferencial del cuerpo 2 del recipiente, y una capa 3b de orientación axial en la que una resina 3 de fibra reforzada se enrolla alrededor de la capa 3a de orientación circunferencial de tal modo que la dirección de orientación de la resina 3 de fibra reforzada es la dirección axial del cuerpo 2 del recipiente.

65

## ES 2 341 442 T3

En la presente invención, la capa de resina reforzada con fibra no está limitada a la capa mostrada en las figuras, y puede tener una estructura en la que una pluralidad de capas de orientación circunferencial y capas de orientación axial estén estratificadas alternativamente sobre el cuerpo del recipiente. En particular cuando la capa más externa de la capa 4 de resina reforzada con fibra es la capa 3a de orientación circunferencial, se obtiene buen aspecto. El número y el espesor de cada capa pueden determinarse dependiendo del uso previsto, del tipo de contenido y del tamaño del recipiente a presión, y similares.

La resina (resina matriz) que impregna una fibra reforzada no está limitada en particular, pero ejemplos de la misma incluyen la resina epoxi, la resina de éster de vinilo, la resina fenólica, la resina acrílica y similares.

La fibra reforzada no está limitada en particular, pero ejemplos de la misma incluyen la fibra de carbono, la fibra de vidrio, la fibra de aramida, la fibra de boro, la fibra PBO y similares.

Además, cuando se usa una fibra reforzada que tiene una ductilidad en el intervalo del 1,4% al 1,6%, se obtienen de forma efectiva una propiedad de fatiga y una propiedad de rotura excelentes.

La propiedad de fatiga y la propiedad de rotura mejoran usando dos o más tipos de fibras reforzadas que tienen módulos de elasticidad de hebra diferentes. Por ejemplo, la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura mejoran haciendo que la capa 4 de resina reforzada con fibra comprenda una pluralidad de capas, es decir, haciendo que la capa 4 de resina reforzada con fibra tenga una estructura de capas múltiples, y calibrando el módulo de elasticidad de hebra de una capa que constituye la capa 4 de resina reforzada con fibra para que sea diferente del módulo de elasticidad de hebra de otra capa que constituye la capa 4 de resina reforzada con fibra. En este caso, cuando el módulo de elasticidad de hebra de una capa interior (una capa cercana al cuerpo 2 del recipiente) es elevado, el recipiente a presión no se rompe fácilmente en pedazos, y mejora la seguridad del recipiente a presión.

Cuando el módulo de elasticidad de hebra de la fibra reforzada es de 250 GPa o mayor, mejora la propiedad de fatiga y se reduce el peso del recipiente a presión.

A continuación, se explica un ejemplo de un procedimiento para producir el recipiente 1 a presión.

### (1) Formación de la capa de resina reforzada con fibra

Tal como se muestra en la Fig. 2A, la resina 3 de fibra reforzada se obtiene impregnando la fibra reforzada 8 en una resina matriz 7 en un recipiente 6.

A continuación, mientras el cuerpo 2 del recipiente gira en la dirección circunferencial, la resina 3 de fibra reforzada se enrolla alrededor del cuerpo 2 del recipiente. Debido a esto, se forma la capa 3a de orientación circunferencial, en la que la dirección de orientación de la fibra de la resina 3 de fibra reforzada es la dirección circunferencial del cuerpo 2 del recipiente. Después de eso, se forma la capa 3b de orientación axial. Para formar la capa 3b de orientación axial, se ajusta la dirección de orientación de la fibra de la resina 3 de fibra reforzada a la dirección longitudinal del cuerpo 2 del recipiente. Con ello, se obtiene un recipiente intermedio 5, que comprende la capa 3a de orientación circunferencial y la capa 3b de orientación axial.

Para formar adicionalmente la capa 3 de resina de fibra reforzada sobre la capa 3b de orientación axial, puede adoptarse el mismo procedimiento explicado anteriormente.

### (2) Endurecimiento de la capa de resina reforzada con fibra

Tal como se muestra en la Fig. 2B, el recipiente intermedio 5 obtenido se calienta en un horno 9 de recalentamiento.

Preferentemente, la temperatura de recalentamiento está en el intervalo de 40 a 180°C. Cuando la temperatura de recalentamiento es menor de 40°C, o superior a 180°C, se degradan la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura del recipiente 1 a presión.

La capa 4 de resina reforzada con fibra se endurece por medio de este tratamiento térmico.

En la presente invención, las condiciones de producción se calibran de tal modo que la presión de rotura sea de 2,2 a 2,8 mayor que la presión de carga (y, preferentemente, que esté en un intervalo de 2,4 a 2,7 veces).

### (3) Tratamiento de autozunchado

Tal como se muestra en la Fig. 2C, se lleva a cabo un tratamiento de autozunchado de tal modo que la distorsión de la superficie del recipiente en la dirección circunferencial sea del 0,7% o mayor (y, más preferentemente, del 0,75% o mayor) y del 0,9% o menor (y, más preferentemente, del 0,85% o menor) usando la máquina 10 de autozunchado. El tratamiento de autozunchado es un tratamiento en el que aumenta la presión interna del recipiente intermedio 5

## ES 2 341 442 T3

(más abajo, una presión interna máxima en este momento se denomina presión de tratamiento de autozunchado) para deformar plásticamente el cuerpo del recipiente que comprende una camisa y, a continuación, disminuye la presión interna, y, con ello, se aplica tensión compresiva al cuerpo 2 del recipiente debido a la rigidez de la capa 4 de resina reforzada con fibra.

5 Preferentemente, la presión del tratamiento de autozunchado es  $5/3$  o más veces mayor que la presión de carga y menor que la presión de rotura. Si la presión del tratamiento de autozunchado se mantiene en este intervalo, cuando se llevan a cabo reiteradamente el llenado y la descarga de un medio de carga, lo que aplica una tensión compresiva al cuerpo 2 del recipiente, se obtiene una propiedad de fatiga excelente, ya que la presión aplicada al cuerpo 2 del  
10 recipiente está en un intervalo de linealidad del material que comprende el cuerpo 2 del recipiente.

15 Cuando la presión del tratamiento de autozunchado está fuera del intervalo (en el que la distorsión de la superficie del recipiente en la dirección circunferencial está en el intervalo del 0,7% al 0,9%), se degradan la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura del recipiente 1 de presión.

El recipiente 1 de presión se obtiene por medio de estos procedimientos (tal como se muestra en la Fig. 2D).

20 Tal como se ha explicado anteriormente, las condiciones de producción del recipiente 1 a presión se calibran de tal modo que la presión de rotura sea de 2,2 a 2,8 mayor que la presión de carga (y, preferentemente, que esté en un intervalo de 2,4 a 2,7 veces).

25 Cuando la presión de rotura es menos de 2,2 veces mayor que la presión de carga, la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura del recipiente 1 a presión son insuficientes. En cambio, cuando supera las 2,8 veces mayor que la presión de carga, la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura del recipiente 1 a presión son excesivas. En este caso, dado que aumenta el peso del recipiente, no es preferible.

Una presión de rotura denota una presión interna de un recipiente cuando el recipiente revienta al aumentar la presión interna del recipiente.

30 Dado que, cuando el recipiente es sometido al tratamiento de autozunchado, la distorsión de la superficie del recipiente en la dirección circunferencial está en el intervalo del 0,7% al 0,9% y que la presión de rotura es de 2,2 a 2,8 veces mayor que la presión de carga, es posible mejorar la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura del recipiente 1 a presión y hacer la resina 3 de fibra reforzada (capa 4 de resina reforzada con fibra) más delgada y reducir el peso.

### 35 Ejemplos

A continuación, se explicarán las funciones y los efectos del recipiente a presión conforme a la presente invención con referencia a realizaciones.

40 Se explican procedimientos de evaluación en los Ejemplos y los Ejemplos comparativos.

#### 45 (1) Procedimiento de medición de la presión de rotura (propiedad de rotura)

Se dispuso el recipiente a presión producido en un comprobador de rotura por presión hidráulica comercializado por Mitsubishi Rayon Co., Ltd., y se aplicó al recipiente una presión hidráulica con una tasa de aumento de la presión de 1,4 MPa o menos, y se midió la presión cuando reventaba el recipiente. La medición se llevó a cabo 3 veces, y se calculó la media de estos resultados.

50

#### (2) Propiedad de fatiga

55 Se dispuso el recipiente a presión producido en un comprobador de rotura por presión hidráulica comercializado por Mitsubishi Rayon Co., Ltd., y se llevó a cabo reiteradamente una fluctuación de la presión en la presión, en la que la presión interna del recipiente aumentó desde la presión atmosférica hasta una presión que era  $5/3$  veces mayor que la presión de carga y luego la presión se reducía hasta la presión atmosférica, a la velocidad de aproximadamente 2 veces/min hasta que el recipiente reventó. Se contó el número de fluctuaciones de la presión necesarias para reventar el recipiente. La medición se efectuó 3 veces, y se calculó la media de estos resultados.

60

#### (3) Propiedad de reducción del peso

65 Se evaluó la propiedad de reducción del peso mediante el peso de la capa 4 de resina reforzada con fibra del recipiente a presión.

Los materiales usados en los Ejemplos y en los Ejemplos comparativos fueron como sigue.

## ES 2 341 442 T3

### (1) Fibra reforzada

- 5 (a) Fibra reforzada 1: Una fibra de carbono TRH 50-12L, comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd.; diámetro de una sola fibra: 7  $\mu\text{m}$ ; número de filamentos: aproximadamente 12.000; resistencia de la hebra: 4.400 MPa; módulo de elasticidad de hebra: 255 GPa; y ductilidad: 1,9%.
- 10 (b) Fibra reforzada 2: Una fibra de carbono MR 40-12K, comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd.; diámetro de una sola fibra: 6  $\mu\text{m}$ ; número de filamentos: aproximadamente 12.000; resistencia de la hebra: 4.400 MPa; módulo de elasticidad de hebra: 295 GPa; y ductilidad: 1,5%.
- 15 (c) Fibra reforzada 3: Una fibra de carbono MR 50-12K, comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd.; diámetro de una sola fibra: 6  $\mu\text{m}$ ; número de filamentos: aproximadamente 12.000; resistencia de la hebra: 5.300 MPa; módulo de elasticidad de hebra: 290 GPa; y ductilidad: 1,8%.
- 20 (d) Fibra reforzada 4: Una fibra de carbono HR 40-12K, comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd.; diámetro de una sola fibra: 6  $\mu\text{m}$ ; número de filamentos: aproximadamente 12.000; resistencia de la hebra: 4.600 MPa; módulo de elasticidad de hebra: 390 GPa; y ductilidad: 1,2%.
- (e) Fibra reforzada 5: Una fibra de carbono TR 50S-ALA-12L, comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd.; diámetro de una sola fibra: 7  $\mu\text{m}$ ; número de filamentos: aproximadamente 12.000; resistencia de la hebra: 4.900 MPa; módulo de elasticidad de hebra: 238 GPa; y ductilidad: 2,0%.

### (2) Resina matriz

- 25 Resina 1: Resina epoxi n° 700B (composición: EPICOAT® 828/XN1045/BYK-A506), comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd.

### (3) Material de preimpregnación de sirgas

- 35 (a) Material 1 de preimpregnación de sirgas: WDE-3D-1 (MR60H-24P), que comprende una sirga comercializada por Newport Adhesives and Composites Inc. Este material 1 de preimpregnación de sirgas se obtiene impregnando previamente una fibra de carbono MR 60H-24P, comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd., con resina epoxi (viscosidad a 50°C: aproximadamente 3 Pa·s), y esta tiene un espesor de aproximadamente 4 mm, y un porcentaje de impregnación de resina de aproximadamente el 28% en masa. La fibra de carbono usada tiene un diámetro de fibra única de 5  $\mu\text{m}$ , un número de filamentos de aproximadamente 24.000, una resistencia de la hebra de 5.700 MPa y un módulo de elasticidad de hebra de 295 GPa.
- 40 (b) Material 2 de preimpregnación de sirgas: WDE-3D-1 (HR40-12L), comercializado por Newport Adhesives and Composites Inc.

45 Este material 2 de preimpregnación de sirgas se obtiene cambiando una fibra de carbono MR60H-24P, que comprende el material 1 de preimpregnación de sirgas, a una fibra de carbono HR40-12L comercializada por Mitsubishi Rayon Co., Ltd. Esta tiene un espesor de aproximadamente 3,5 mm, y un contenido en resina de aproximadamente el 28% en masa. La fibra de carbono usada tiene un diámetro de fibra única de 7  $\mu\text{m}$ , un número de filamentos de aproximadamente 12.000, una resistencia de la hebra de 4.600 MPa y un módulo de elasticidad de hebra de 390 GPa.

50 En los materiales 1 y 2 de preimpregnación de sirgas, se midió el módulo de elasticidad de hebra preparando trozos de ensayo conforme a JIS R 7610, registrando una curva de carga-elongación en un ensayo de tracción y calculando en base a la inclinación de la curva de carga-elongación (específicamente, en base al cociente  $\Delta P/\Delta L$ , en el que  $\Delta P$  denota un incremento (196,13 N) de la cantidad de carga de 392,27 N a 588,40 N, y  $\Delta L$  denota un incremento de longitud del material cuando se le aplica la carga). La resina que se usó para preparar los trozos de ensayo era resina epoxi que contenía ERL-4221 (resina epoxi alicíclica, comercializada por Dow Chemical Japan Ltd.) y ancla 1115 (complejo de monoisopropilamina trifluoruro de boro, comercializado por PTI Japan Ltd.) como agentes endurecedores.

### (4) Cuerpo principal de recipiente

60 Se usó un cuerpo principal de recipiente de aluminio que tenía una capacidad de 9 litros (longitud total: 540 mm, longitud de la porción del cuerpo: 415 mm, diámetro exterior de la porción del cuerpo: 163 mm, espesor en el centro de la porción del cuerpo: 3 mm).

65

## ES 2 341 442 T3

### Ejemplo 1

Se produjo un recipiente de presión que tenía una presión de carga de 70 MPa siguiendo los siguientes procedimientos.

5

Tal como se muestra en la Fig. 2A, se enrolló alrededor del cuerpo 2 del recipiente la resina 3 de fibra reforzada, en la que se impregnó la fibra reforzada 2 en la resina 1, usando una máquina de enrollamiento de filamentos, comercializada por Entec Composite Machines Inc., para producir la capa 4 de resina reforzada con fibra. La capa 4 de resina reforzada tenía una estructura en cinco capas que comprendían la capa 3a de orientación circunferencial/la capa 3b de orientación axial/la capa 3a de orientación circunferencial/la capa 3b de orientación axial/la capa 3a de orientación circunferencial desde la cara interior a la cara exterior. El espesor de la capa 4 de resina reforzada con fibra en el centro de la porción del cuerpo del recipiente intermedio 5 era de aproximadamente 13 mm.

10

Tal como se muestra en la Fig. 2B, se colocó el recipiente intermedio 5 en un horno 9 de recalentamiento, y la temperatura dentro del horno 9 de recalentamiento aumentó desde la temperatura ambiente hasta 135°C, a razón de 1°C/min. Tras la confirmación del aumento de la temperatura en la superficie de la capa 4 de resina reforzada con fibra hasta los 135°C, se permitió que el recipiente intermedio 5 reposase durante 1 hora. Después de ello, se hizo descender la temperatura del horno 9 de recalentamiento hasta 60°C a razón de 1°C/min.; a continuación se sacó el recipiente intermedio 5 del horno 9 de recalentamiento, y se dejó que este reposase para enfriarse a la temperatura ambiente. El peso de la capa 4 de resina reforzada fue de 5.653 g.

15

20

Tal como se muestra en la Fig. 2C, se sometió al recipiente intermedio 5 a un tratamiento de autozunchado, en el que la temperatura de autozunchado fue de 125 MPa, usando la máquina 10 de autozunchado comercializada por Mitsubishi Rayon Co. Ltd., para aplicar presión compresiva al cuerpo 2 del recipiente, y con ello se produjo el recipiente 1 a presión. La distorsión de la superficie del recipiente en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,81%.

25

La presión (media) de rotura del recipiente a presión resultante fue de 184 MPa. Este valor era 2,6 veces mayor que la presión de carga. Idealmente, cada recipiente 1 a presión reventó de tal modo que se formó únicamente un agujero cerca del centro de la porción del cuerpo, y el recipiente a presión no se dividió.

30

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número (medio) de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 11.078 veces.

35

Tal como se ha explicado anteriormente, se confirmó que el recipiente 1 a presión tenía una propiedad de rotura y una propiedad de fatiga excelentes. Además, dado que el recipiente 1 a presión del Ejemplo 1 que comprendía la capa de resina reforzada con fibra que tenía un peso de 5.653 g, el peso del recipiente 1 a presión se redujo.

40

### Ejemplo comparativo 1

Se produjo un recipiente de presión que tenía una presión de carga de 70 MPa siguiendo los siguientes procedimientos. En el Ejemplo comparativo 1 se usó una fibra reforzada que tenía una ductilidad relativamente elevada.

45

La capa 4 de resina reforzada con fibra que comprende resina 3 de fibra reforzada, en la cual la fibra reforzada 1 se impregnó en la resina 1, se enrolló alrededor del cuerpo 2 del recipiente para producir el recipiente intermedio 5. La capa 4 de resina reforzada tenía la misma estructura en cinco capas que el Ejemplo 1. El espesor de la capa 4 de resina reforzada con fibra en el centro de la porción del cuerpo del recipiente intermedio 5 era de aproximadamente 15 mm.

50

El recipiente intermedio 5 fue sometido al tratamiento térmico de forma similar al del Ejemplo 1. El peso de la capa 4 de resina reforzada fue de 6.651 g.

55

Después eso, el recipiente intermedio 5 fue sometido al mismo tratamiento de autozunchado que en el Ejemplo 1 para producir el recipiente a presión. La distorsión de la superficie del recipiente a presión en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,81%.

60

La presión de rotura del recipiente a presión resultante fue de 231 MPa. Este valor era 3,3 veces mayor que la presión de carga. Idealmente, cada recipiente 1 a presión reventó de tal modo que se formó únicamente un agujero cerca del centro de la porción del cuerpo, y el recipiente a presión no se dividió.

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 10.818 veces.

65

Se confirmó que, dado que el recipiente 1 a presión preparado en el Ejemplo comparativo 1 tenía una propiedad de rotura y una propiedad de fatiga mejoradas por usar una fibra reforzada dotada de una ductilidad elevada, el recipiente 1 a presión tenía una propiedad de fatiga elevada, pero el peso aumentó.

## ES 2 341 442 T3

### Ejemplo comparativo 2

Se produjo un recipiente de presión que tenía una presión de carga de 70 MPa siguiendo los siguientes procedimientos. En el Ejemplo comparativo 2 se usó una fibra reforzada que tenía una ductilidad relativamente baja.

La capa 4 de resina reforzada con fibra que comprende resina 3 de fibra reforzada, en la cual la fibra reforzada 4 se impregnó en la resina 1, se formó sobre el cuerpo 2 del recipiente para producir el recipiente intermedio 5.

La capa 4 de resina reforzada tenía la misma estructura en cinco capas que el Ejemplo 1. El espesor de la capa 4 de resina reforzada con fibra en el centro de la porción del cuerpo del recipiente intermedio 5 era de aproximadamente 9 mm.

El recipiente intermedio 5 fue sometido al tratamiento térmico de forma similar al del Ejemplo 1. El peso de la capa 4 de resina reforzada fue de 4.129 g.

Después eso, el recipiente intermedio 5 fue sometido al mismo tratamiento de autozunchado que en el Ejemplo 1 para producir el recipiente a presión. La distorsión de la superficie del recipiente a presión en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,81%.

La presión de rotura del recipiente a presión resultante fue de 148 MPa. Este valor era 2,1 veces mayor que la presión de carga. El recipiente a presión se dividió cerca del centro de la porción del cuerpo.

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 4.783 veces.

Se confirmó que, dado que el recipiente 1 a presión preparado en el Ejemplo comparativo 2 tenía un peso reducido por usar una fibra reforzada dotada de ductilidad reducida, pero la presión de rotura disminuyó y la presión de carga también disminuyó, y la propiedad de fatiga también se degradó.

### Ejemplo 2

Se produjo un recipiente de presión que tenía una presión de carga de 70 MPa siguiendo los siguientes procedimientos.

La capa 3a de orientación circunferencial/la capa 3b de orientación axial/la capa 3a de orientación circunferencial se formaron en este orden sobre el cuerpo 2 del recipiente usando una resina 3 de fibra reforzada, en la que la fibra reforzada 4 estaba impregnada en la resina 1.

A continuación, se produjo el recipiente intermedio 5 formando la capa 3b de orientación axial/la capa 3a de orientación circunferencial formadas en este orden sobre la capa 3a de orientación circunferencial usando una resina 3 de fibra reforzada, en la que la fibra reforzada 3, dotada de una ductilidad mayor que la de la fibra reforzada 4, estaba impregnada en la resina 1.

En el recipiente 1 a presión, la capa 4 de resina reforzada con fibra tenía una estructura de cinco capas, y el módulo de elasticidad de la hebra de la fibra reforzada usada en las tres capas interiores era mayor que el módulo de elasticidad de la hebra de la fibra reforzada usada en las dos capas exteriores.

El espesor de la capa 4 de resina reforzada con fibra en el centro de la porción del cuerpo del recipiente intermedio 5 fue de aproximadamente 10,5 mm.

El recipiente intermedio 5 fue sometido al tratamiento térmico de forma similar al del Ejemplo 1. El peso de la capa 4 de resina reforzada fue de 4.861 g.

Después eso, el recipiente intermedio 5 fue sometido al mismo tratamiento de autozunchado que en el Ejemplo 1 para producir el recipiente a presión. La distorsión de la superficie del recipiente a presión en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,81%.

La presión de rotura del recipiente a presión resultante fue de 188 MPa. Este valor era 2,7 veces mayor que la presión de carga. Idealmente, cada recipiente 1 a presión reventó de tal modo que se formó únicamente un agujero cerca del centro de la porción del cuerpo, y el recipiente a presión no se dividió.

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 10.329 veces.

Se confirmó que, dado que el recipiente 1 a presión tenía resultados de la propiedad de rotura y resultados de la propiedad de fatiga excelentes, y se redujo el peso del recipiente 1 a presión.

## ES 2 341 442 T3

### Ejemplo comparativo 3

Se produjo un recipiente de presión que tenía una presión de carga de 70 MPa siguiendo los siguientes procedimientos.

5

El recipiente intermedio 5 se produjo formando la capa 4 de resina reforzada con fibra sobre el cuerpo 2 del recipiente usando una resina 3 de fibra reforzada, en la cual la fibra reforzada 5 se impregnó en la resina 1.

10

La capa 4 de resina reforzada tenía la misma estructura de cinco capas que en el Ejemplo 1. El espesor de la capa 4 de resina reforzada con fibra en el centro de la porción del cuerpo del recipiente intermedio 5 era de aproximadamente 16,5 mm.

15

El recipiente intermedio 5 fue sometido al tratamiento térmico de forma similar al del Ejemplo 1. El peso de la capa 4 de resina reforzada fue de 7.355 g.

20

Después eso, el recipiente intermedio 5 fue sometido al mismo tratamiento de autozunchado que en el Ejemplo 1 para producir el recipiente a presión. La distorsión de la superficie del recipiente a presión en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,81%.

La presión de rotura del recipiente a presión resultante fue de 247 MPa. Este valor era 3,5 veces mayor que la presión de carga. Idealmente, cada recipiente 1 a presión reventó de tal modo que se formó únicamente un agujero cerca del centro de la porción del cuerpo, y el recipiente a presión no se dividió.

25

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 10.818 veces.

30

Se confirmó que el recipiente 1 a presión tenía una propiedad de rotura y una propiedad de fatiga excelentes, pero este tenía una propiedad de reducción inferior del peso.

### Ejemplo comparativo 4

35

Se produjo un recipiente de presión comparativo que tenía una presión de carga de 70 MPa de manera idéntica a la del Ejemplo 1, salvo en que la presión del tratamiento de autozunchado fue de 105 MPa. El peso de la capa 4 de resina reforzada fue de 5.631 g.

40

La distorsión de la superficie del recipiente a presión en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,68%.

Además, la presión de rotura del recipiente a presión resultante fue de 186 MPa. Este valor era 2,7 veces mayor que la presión de carga. Idealmente, cada recipiente 1 a presión reventó de tal modo que se formó únicamente un agujero cerca del centro de la porción del cuerpo, y el recipiente a presión no se dividió.

45

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 1.055 veces.

50

El recipiente a presión del tratamiento de autozunchado, que tuvo una presión de menos de 5/3 veces la presión de carga ( $70 \times 5/3 = 117$  MPa), tuvo una propiedad de fatiga notablemente inferior.

### Ejemplo comparativo 5

55

Se produjo un recipiente de presión comparativo que tenía una presión de carga de 70 MPa de manera idéntica a la del Ejemplo 1, salvo en que la presión del tratamiento de autozunchado fue de 140 MPa. La distorsión de la superficie del recipiente a presión en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,91%. El peso de la capa 4 de resina reforzada fue de 5.647 g.

60

Además, la presión de rotura del recipiente a presión resultante fue de 183 MPa. Este valor era 2,6 veces mayor que la presión de carga. Idealmente, cada recipiente 1 a presión reventó de tal modo que se formó únicamente un agujero cerca del centro de la porción del cuerpo, y el recipiente a presión no se dividió.

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 1.612 veces.

65

Dado que el recipiente a presión tuvo una presión de tratamiento de autozunchado elevada, la tensión compresiva que se aplicó al cuerpo del recipiente bajo condiciones en que no se aplicaba carga superaba el punto de fluencia del material que comprendía el cuerpo del recipiente, y el recipiente de presión tenía una propiedad de fatiga notablemente inferior.

## ES 2 341 442 T3

### Ejemplo 3

Se produjo un recipiente de presión que tenía una presión de carga de 70 MPa de forma idéntica a la del Ejemplo 2, salvo en que se usó el material 2 de preimpregnación de sirgas en lugar de la resina de fibra reforzada en la que la fibra reforzada 4 estaba impregnada en la resina 1, y se usó el material 1 de preimpregnación de sirgas en lugar de la resina de fibra reforzada en la que la fibra reforzada 3 estaba impregnada en la resina 1. El peso de la capa de resina reforzada era de 4.608 g.

La distorsión de la superficie del recipiente a presión en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado fue del 0,81%.

Además, la presión de rotura del recipiente a presión resultante fue de 187 MPa. Este valor era 2,7 veces mayor que la presión de carga. Idealmente, cada recipiente 1 a presión reventó de tal modo que se formó únicamente un agujero cerca del centro de la porción del cuerpo, y el recipiente a presión no se dividió.

Como resultado del ensayo de la propiedad de fatiga, el número de fluctuaciones de presión necesarias para reventar el recipiente 1 a presión fue de 10.186 veces.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en los Ejemplos y los Ejemplos comparativos.

Los recipientes a presión obtenidos en los Ejemplos 1 a 3 tenían una propiedad de rotura y una propiedad de fatiga superiores, y reventaron de manera ideal.

En cambio, incluso cuando los recipientes a presión comparativos tenían una propiedad de rotura y una propiedad de fatiga superiores, tenían un problema en la reducción de peso (Ejemplos comparativos 1 y 3). Incluso cuando los recipientes a presión comparativos tenían peso reducido, tenían una propiedad de rotura y una propiedad de fatiga inferiores (Ejemplos comparativos 2, 4 y 5). Las condiciones de rotura del recipiente a presión comparativo obtenido en el Ejemplo comparativo 2 fueron inferiores.

(Tabla pasa a página siguiente)

# ES 2 341 442 T3

TABLA 1

5	Capa de resina reforzada con fibra				Presión de autozunchado (MPa)	Distorsión (%)	Presión de rotura (MPa)	Presión de rotura / presión de carga (-)	Número de fluctuaciones de presión (N)	Condiciones de rotura	
	Fibra reforzada/resina		Espesor (mm)	Peso (g)							
	Capas primera a tercera	Capas cuarta y quinta									
10	Ej. 1	MR40/n <sup>o</sup> 700B	como a la izquierda	13	5.653	125	0,81	184	2,6	11.078	Un trozo
15	Ej. comp. 1	TRH50/n <sup>o</sup> 700B	como a la izquierda	15	6.641	125	0,81	231	3,3	10.818	Un trozo
20	Ej. comp. 2	HR40/n <sup>o</sup> 700B	como a la izquierda	9	4.129	125	0,81	148	2,1	4.783	Dos trozos o más
25	Ej. 2	HR40/n <sup>o</sup> 700B	MR50/n <sup>o</sup> 700B	10,5	4.861	125	0,81	188	2,7	10.329	Un trozo
30	Ej. comp. 3	TR50S/n <sup>o</sup> 700B	como a la izquierda	16,5	7.355	125	0,81	247	3,5	10.818	Un trozo
35	Ej. comp. 4	MR40/n <sup>o</sup> 700B	como a la izquierda	13	5.631	105	0,68	186	2,7	1.055	Un trozo
40	Ej. comp. 5	MR40/n <sup>o</sup> 700B	como a la izquierda	13	5.647	140	0,91	183	2,6	1.612	Un trozo
45	Ej. 3	HR40/WDE	MR60H/WDE	10	4.608	125	0,81	187	2,7	10.186	Un trozo
50	<p>Capas primera a quinta: la capa más externa es la "primera capa" y la capa más interna es la "quinta capa".</p> <p>TRH50: Fibra reforzada 1      MR40: Fibra reforzada 2      N<sup>o</sup> 700: Resina 1      MR60H/WDE: Material 1 de preimpregnación de sirgas</p> <p>MR50: Fibra reforzada 3      HR40: Fibra reforzada 4      HR40/WDE: Material 2 de preimpregnación de sirgas</p> <p>TR50S: Fibra reforzada 5</p> <p>"Un trozo" denota una rotura sin división del recipiente a presión.</p> <p>"Dos trozos o más" denota una rotura con división del recipiente a presión.</p>										

## 50 Aplicabilidad industrial

55 Tal como se ha explicado en lo que antecede, el recipiente a presión y el procedimiento para producir un recipiente a presión de la presente invención, dado que la distorsión en la superficie del recipiente en la dirección circunferencial durante el tratamiento de autozunchado de la capa de resina reforzada con fibra está en un intervalo del 0,7% al 0,9%, y que la presión de rotura está calibrada para que sea de 2,2 a 2,8 veces la presión de carga, mejoran la propiedad de fatiga y la propiedad de rotura, y se reduce el peso del recipiente a presión.

60 Preferentemente, el recipiente a presión de la presente invención se usa como recipiente de almacenamiento para gas a presión elevada.

65 La presente invención puede alterarse siempre que el cambio de la constitución esté dentro del alcance de la presente invención. Las realizaciones explicadas más arriba son simples ejemplos. La presente invención no está limitada a las realizaciones anteriores. Además, el alcance de la presente invención está limitado únicamente por las reivindicaciones, y no está limitada por la descripción precedente. En la presente invención pueden efectuarse modificaciones, siempre que estén dentro del alcance de las reivindicaciones.

# ES 2 341 442 T3

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir un recipiente a presión que comprende las etapas de:

5 formar una capa (4) de resina reforzada con fibra, que está fabricada de fibra reforzada (3) impregnada en resina, en una superficie del cuerpo del recipiente;

10 endurecer la capa (4) de resina reforzada con fibra para obtener un recipiente a presión que tiene una presión de rotura, que es de 2,2 a 2,8 veces mayor que la presión de carga; y

15 aplicar una presión interna y deformar plásticamente el cuerpo (2) del recipiente, de tal modo que una distorsión de la superficie del cuerpo del recipiente en una dirección circunferencial del cuerpo del recipiente esté en el intervalo del 0,7% al 0,9%.

2. Un procedimiento conforme a la reivindicación 1 en el que la fibra reforzada (3) tiene una ductilidad en un intervalo del 1,4% al 1,6%.

20 3. Un procedimiento conforme a la reivindicación 1 en el que la fibra reforzada (3) tiene un módulo de elasticidad de hebra de 250 GPa o mayor.

25 4. Un procedimiento conforme a la reivindicación 1 en el que la capa (4) de resina reforzada con fibra tiene una estructura estratificada, y un módulo de elasticidad de hebra de una capa que constituye la capa (4) de resina reforzada con fibra es diferente de un módulo de elasticidad de hebra de otra capa que constituye la capa (4) de resina reforzada con fibra.

30 5. Un procedimiento conforme a la reivindicación 1 en el que la capa (4) de resina reforzada con fibra tiene una estructura estratificada que comprende una capa de orientación circunferencial en la que una dirección de orientación de la fibra reforzada impregnada en resina es una dirección circunferencial del cuerpo del recipiente, y una orientación axial en la que una dirección de orientación de la fibra reforzada impregnada en resina es una dirección axial del cuerpo del recipiente.

35 6. Un procedimiento conforme a la reivindicación 5 en el que la capa (4) de resina reforzada comprende la capa de orientación circunferencial y la capa de orientación axial, que están dispuestas de forma estratificada alternativamente.

7. Un procedimiento conforme a la reivindicación 5 en el que la capa más externa de la capa de resina reforzada es la capa de orientación circunferencial.

40 8. Un procedimiento conforme a la reivindicación 1 en el que el cuerpo del recipiente está fabricado de una aleación de aluminio.

FIG. 1

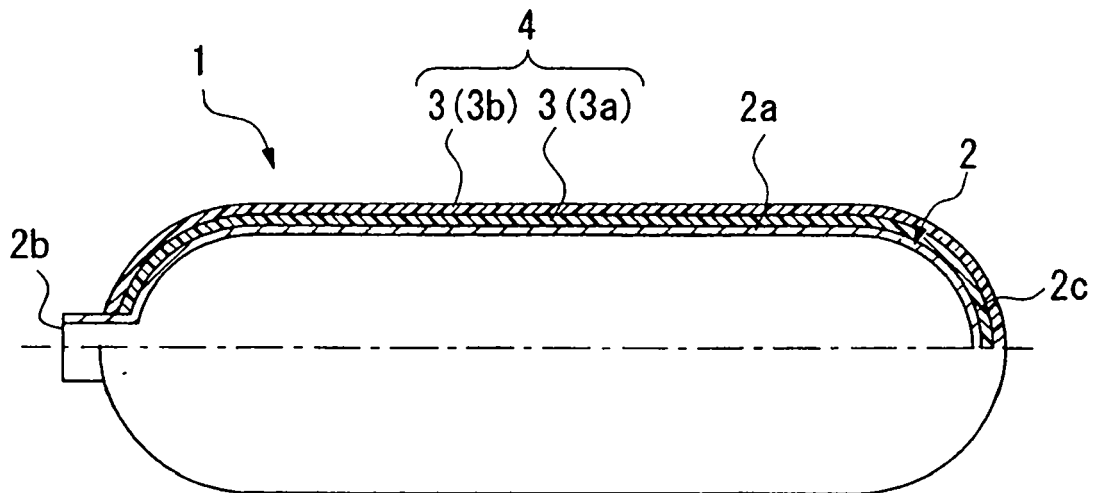


FIG. 2A

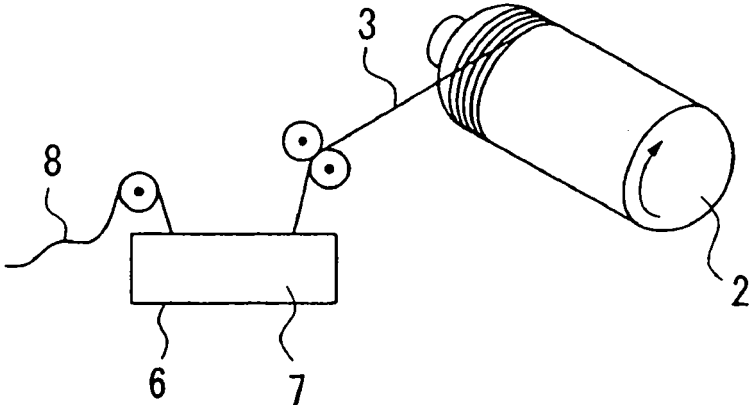


FIG. 2B

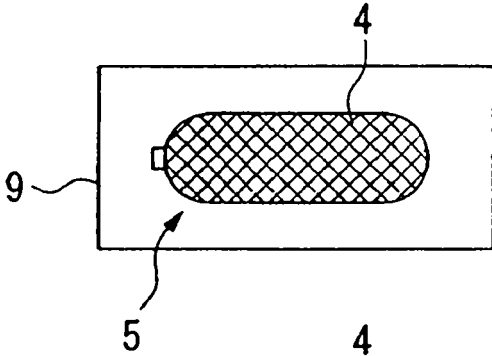


FIG. 2C

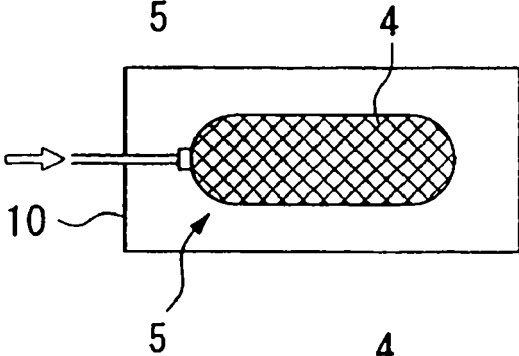


FIG. 2D

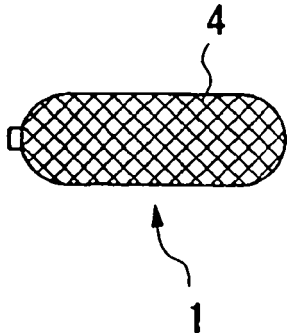


FIG. 3A

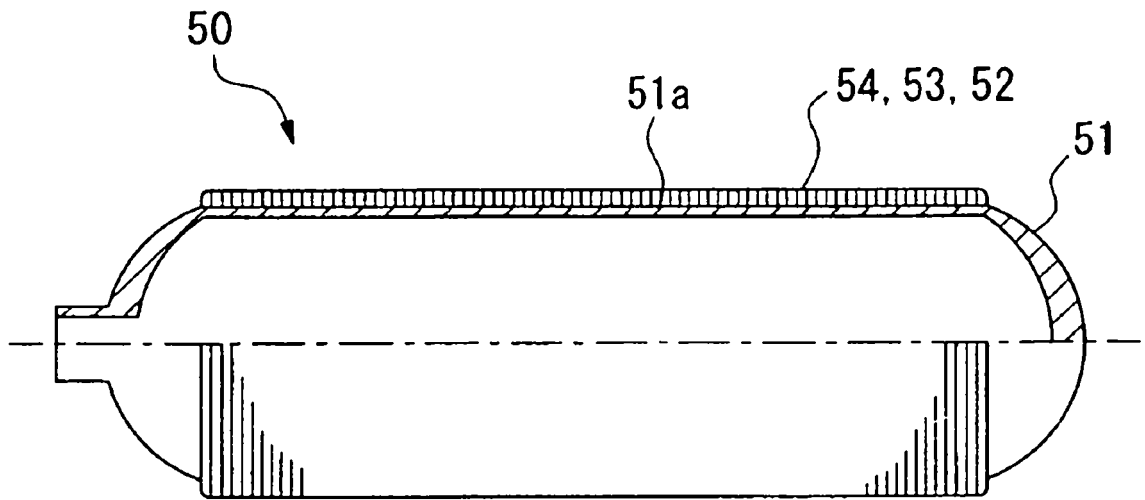


FIG. 3B

