

24



443842

P.- 61.905

Vessel

Int. Cl.: FRC, B65D

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION

A nombre de MARTIN MARIETTA CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en 1800 K St. N.W., Washington, D.C., Estados
Unidos de América

por: "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN RECIPIENTE
DE PRESION"

6-12-75

- 1 -



La presente invención se refiere a recipientes de presión para almacenar material fluido a elevada presión, y en particular a recipientes de presión ligeros y transportables, en los que un forro o revestimiento metálico, ligero, delgado, que tiene una parte cilíndrica y un par de partes extremas en forma de cúpula, está completamente envuelto por una pluralidad de capas de material filamentoso. La invención es particularmente aplicable a forros envueltos con filamento de vidrio sencillo, recubiertos con resina (comúnmente denominados arrollamientos en húmedo o arrollamientos previamente impregnados). La presente invención se refiere además a una técnica de envoltura en la que la secuencia de envoltura de los filamentos está específicamente diseñada para reforzar la unión de la parte cilíndrica con cada una de las partes de cúpula.

La expresión "completamente envuelta", según se utiliza en la presente memoria y en la técnica anterior, abarca un recipiente en el que la parte cilíndrica y las partes extremas en forma de cúpula están completamente envueltas, pero que puede incluir también pequeñas partes en forma de cuello en las extremidades externas de las partes en forma de cúpula que pueden estar o no envueltas. Esto resultará fácilmente comprensible pa



ra los expertos en la técnica.

5 Un objeto de la presente invención es la creación de un recipiente de presión completamente envuelto, que ha sido adecuadamente reforzado en la zona más crítica del recipiente, es decir, la unión de la región cilíndrica con la región de cúpula, y en que el material filamentosamente arrollado cilíndricamente sobre la unión, tiende a desprenderse o deslizar del área de la cúpula.

10 En esta memoria se describe también un método de fabricar un recipiente de presión que incluye las operaciones de formar un forro en forma de una parte cilíndrica y una parte de cúpula en cada extremo del mismo, envolver el forro mediante arrollamiento de material filamentosamente en torno al mismo en la siguiente secuencia: (a) arrollar material filamentosamente en torno al forro en la dirección polar para formar una primera envoltura polar, (b) arrollar material filamentosamente sobre la primera envoltura polar en una dirección orientada cilíndricamente y de extensión suficiente para cubrir las uniones de la parte cilíndrica con las partes de cúpula para formar una primera envuelta cilíndrica, y (c) arrollar material filamentosamente sobre la primera envoltura o envuelta cilíndrica en la dirección polar para formar una segunda envuel-

15

20

25

24 D/18



ta polar que retiene la envuelta cilíndrica, evitando su movimiento relativo con respecto al forro.

La presente invención proporciona, por tanto un recipiente de presión que comprende un forro o
5 revestimiento de aluminio que tiene una parte de pared cilíndrica y una parte de pared de cúpula unida a cada extremo de dicha parte cilíndrica, teniendo dichas partes de paredes cilíndrica y de cúpula sustancialmente el mismo espesor, una pluralidad de vueltas de filamento de vidrio arrolladas en torno a dicho forro en diseños o modelos de arrollamiento alternativamente en orientación polar y en orientación cilíndrica y que forman una envuelta o envoltura, extendiéndose al menos un diseño de arrollamiento orientado cilíndricamente sobre la unión de la parte de pared cilíndrica y cada parte de pared de cúpula y estando sujeta contra el recipiente por un diseño de arrollamiento de orientación polar, estando dicha envoltura en una condición tensada que aplica fuerzas de compresión a la periferia externa de dicho forro de aluminio.
10
15
20

Puesto que las presiones de operación del recipiente excederán en general de la resistencia de deformación plástica del forro metálico, se ha visto que se puede inducir una relación de tensión o esfuerzo previo entre la envuelta y el forro, haciendo que tanto la en-
25



vuelta como el forro actúen elásticamente a través de una gama de deformaciones que exceda de la gama de deformaciones del forro para las presiones de funcionamiento. Tal relación de esfuerzos sirve también para
5 aumentar la resistencia al alabeo del forro.

De preferencia, se utiliza una técnica de en voltura de cuatro operaciones o etapas que asegura que el material filamentoso arrollado cilíndricamente cubra las uniones entre la parte cilíndrica del forro y
10 las partes de cúpula de forma semiesférica, y en la cual (1) el filamento de orientación polar es arrollado para cubrir completamente el forro, (2) el material filamentoso orientado cilíndricamente se arrolla después de manera que cubra la parte cilíndrica y las uniones de la
15 parte cilíndrica con cada parte de cúpula, (3) el material filamentoso adicional de orientación polar se arrolla para retener el filamento arrollado cilíndricamente evitando que se mueva con respecto al forro, y (4) el material filamentoso adicional orientado cilíndricamente
20 se arrolla sobre la parte central del recipiente.

Estas y otras características de la presente invención resultarán evidentes de la siguiente descripción y de los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una vista esquemática de un fo
25 rro y que ilustra un tipo de arrollamiento con filamen-



to;

La figura 2 es una vista esquemática de un forro y que ilustra otro tipo de arrollamiento con filamiento;

5 La figura 3 es una vista del recipiente de presión después de haber sido realizadas las dos primeras operaciones de arrollamiento;

10 La figura 4 es una vista lateral de un recipiente de presión completamente envuelto, con una sección de la segunda envoltura de orientación polar arrancada;

La figura 5 es una vista parcial en sección transversal de un recipiente de presión completamente envuelto.

15 Las figuras 1 y 2 ilustran la forma global de un forro de presión y los dos tipos de arrollamiento que están realizados de acuerdo con la presente invención. Como se muestra claramente en la figura 1 y 2, el forro 10 incluye una parte cilíndrica 12 y un par
20 de partes de cúpula 14 en forma semiesférica, a cada extremo de la parte cilíndrica. Al menos una parte de cúpula 14 incluye una parte de cuello 16, y la parte de cuello estará provista de una lumbrera para fluido. En las figuras 1 a 5, la lumbrera para fluido 17 se muestra
25 tra en un extremo del recipiente y el otro extremo es-



5 tá apropiadamente perfilado, tal como en 21, pero no contiene lumbrera de fluido alguno. Naturalmente, estarán previstos unos medios de tapón apropiados, tales como los señalados por la referencia 19, para cerrar herméticamente las lumbreras de fluido de la parte de cuello.

10 La figura 1 ilustra un diseño o modelo para arrollar filamentos 18 de fibra de vidrio, sencillos, de la manera que en lo que sigue se denominará dirección de orientación polar. Los filamentos rodean las partes de cúpula del forro y se extienden formando un ángulo agudo con respecto al eje geométrico longitudinal de la parte cilíndrica 12.

15 La figura 2 ilustra un diseño o modelo para arrollar los filamentos 18 de fibra de vidrio, sencillos, en la forma que se denominará en lo que sigue dirección orientada cilíndricamente. Los filamentos rodean el forro formando sustancialmente ángulos rectos con respecto al eje geométrico longitudinal de la parte cilíndrica.

20 Se ha de hacer observar en este punto que aunque los dibujos ilustran los filamentos 18 como de una dimensión considerable en sección transversal e ilustran el recipiente envuelto como si las diversas envolturas o
25 envueltas comprendiesen cada una solamente una sola capa



de material filamentosos, se han mostrado así solamente para fines ilustrativos. En realidad, los filamentos serán de una sección transversal muy pequeño y, durante el arrollamiento del material filamentosos en una dirección particular, los filamentos serán arrollados en muchas vueltas y pueden, por lo tanto, constituir muchas capas de material filamentosos. Por supuesto, esto resultará fácilmente comprensible para los expertos en la técnica.

10 Un recipiente formado por el método de la presente invención se puede apreciar con referencia a las figuras 4 y 5. En la figura 4 se han arrancado unas partes del material de envoltura para ilustrar mejor el diseño de envoltura.

15 Como se muestra en las figuras 4 y 5, el diseño de envoltura incluye una envoltura 20 de filamentos de orientación polar, que cubre toda la superficie del forro y que está en contacto con el mismo. La envoltura 22 de filamentos orientados cilíndricamente se superpone a la envoltura polar 20 y, según se muestra en las
20 figuras 3, 4 y 5, incluye una parte 24 que cubre la unión de la parte cilíndrica del forro y la parte de cúpula del forro (el área del forro designada por 25) y se extiende sobre una porción de la parte de cúpula 14. Puede tener
25 lugar cierto deslizamiento o desprendimiento del material



5 filamentoso en el cuello y en las partes extremas, según se muestra en los dibujos. Sin embargo, dicho desprendimiento no tiene efecto apreciable sobre el rendimiento en funcionamiento del recipiente de presión de acuerdo con la presente invención.

10 La segunda envuelta 26 de filamentos polares se muestra cubriendo la primera envoltura cilíndrica 22, y la segunda envoltura polar 26 está de hecho aplicada de una manera similar a la primera envoltura polar y tiene con ello el efecto de retener la envoltura cilíndrica 22 evitando que se mueva con respecto al forro. (Obsérvese que en la figura 5 el contorno de la parte del material de envoltura próxima al cuello del recipiente está definido por líneas de trazos y está señalado por 29. Esto es sólo para fines de ilustración, pero, en la práctica, la envoltura polar 26 parecerá similar a la envoltura polar 20, según se muestra en la figura 3, en la zona del cuello del recipiente).

15 La operación final en la técnica de envoltura implica la aplicación del material de recubrimiento filamentoso superior en forma cilíndrica contra el forro. Como se representa particularmente en las figuras 4 y 5, la envuelta o envoltura cilíndrica superior 28 no se extiende sobre la unión entre la parte cilíndrica y ambas partes de cúpula.

20

25

24 DIC 1975



La realización preferida de la presente invención incluye el aluminio como un material de forro. La elección del aluminio está dictada debido a su elevada relación resistencia/densidad, bajo módulo, notable tenacidad y compatibilidad con el medio ambiente. En la realización específica preferida de la invención del solicitante, el forro de aluminio se hace con una aleación de aluminio de la serie 6000, concretamente con aluminio 6070-T6. Además, haciendo referencia concretamente a la figura 5, resultará claro que el forro está formado de un espesor bastante uniforme, en particular donde se encuentran las partes cilíndrica y en forma de cúpula.

La selección de un material filamentososo apropiado lleva consigo dos consideraciones principales, el costo y la resistencia de la fibra. En la realización preferida de la presente invención, los anteriores requisitos se pueden satisfacer de la mejor manera mediante el uso de fibra de vidrio S-2 de Owens Corning. Además, en la realización preferida se ha visto también que una resina apropiada que es compatible con la fibra de vidrio antes citada puede consistir en resina Epon - 828/1031/NMA/BDMA. Por supuesto, se podrían utilizar otras resinas y filamentos.

Las elecciones apropiadas del material de fo



5 rro y del material de filamento se deben determinar
también teniendo en cuenta el criterio de que el ma-
terial de forro debe ser compatible mecánicamente con
el material de envoltura. La compatibilidad en este
sentido significa que la deformación comunicada al fo-
rro durante la puesta a presión y la deformación co-
rrespondiente de la envoltura de vidrio debe ser re-
versible durante la desaparición de la presión del re-
cipiente, es decir, puesto que los filamentos se de-
10 forman elásticamente a lo largo de todos los ciclos de
puesta a presión y desaparición de presión del funcio-
namiento, el forro debe deformarse también elásticamen-
te durante dichos ciclos. Además, debe ser reversible
para cada ciclo sin funcionamiento defectuoso del forro.
15 El concepto de compatibilidad mecánica en un recipiente
cilíndrico fue expuesto en el Journal of Spacecraft and
Rockets , de julio de 1.967, pág. 872, en un artículo
de R.H. Johns y A. Kaufman, titulado: "Recipientes de
presión cilíndricos, metálicos, envueltos con filamen-
20 to". El equilibrio de fuerzas entre el forro pretensa-
do en compresión y su envoltura pretensada a tracción se
obtiene antes de que se ponga en servicio el recipiente.
Equilibrando correctamente las tensiones del material,
el forro puede funcionar elásticamente en una gama de
25 deformaciones ampliamente aumentada y la envoltura se



puede utilizar a valores de esfuerzos eficaces. El estado de pretensado se obtiene poniendo un recipiente recién fabricado a un ciclo de presión de "dimensionamiento o calibrado", donde el forro se deforma más allá de su límite proporcional y se deforma plásticamente tanto como el dos por ciento. Cuando se hace desaparecer la presión, se obtiene el estado de tensión deseable debido a que el metal se descarga elásticamente y es forzado hacia la compresión por la envoltura elástica.

Las características de diseño de un recipiente de presión de fibra de vidrio completamente envuelto se detallan y se determinan de preferencia, por lo tanto, con ayuda de un ordenador. Un programa de ordenador o computador apropiado para esta finalidad se titula: "Programa de computador para el análisis de recipientes de presión de envolvente metálica reforzada con filamento", y se puede encontrar en informes aeroespaciales científicos y técnicos de la NASA, del 8 de febrero de 1.968, v6, n3, pág. 419, cuya descripción se incorpora en esta memoria como referencia.

Los parámetros de entrada requeridos para el programa del computador incluyen la configuración del recipiente de presión, las propiedades del material del forro, las propiedades del material filamentososo, la ten



24 DIC. 1

sión, del filamento y la tensión longitudinal del metal que existen sobre el arrollamiento, así como las condiciones límites de diseño. Para la realización preferida de la presente invención, los parámetros variables de entrada del programa, seleccionados para el recipiente, incluyen: el espesor del forro, el esfuerzo de diseño del filamento, la presión de diseño y la presión de dimensionamiento. Otros parámetros seleccionados pueden estar dictados por los requisitos de rendimiento o comportamiento (longitud y diámetro del recipiente, que afectan al volumen) o como resultado de la selección del material (densidad, módulo y relación de Poisson).

La salida del computador incluirá entonces datos como los siguientes: contorno de las cúpulas, espesores de envoltura axial y de cúpula, valores de esfuerzos (a la presión de dimensionamiento, presión cero, presión de funcionamiento, presión de prueba y a la presión mínima de reventazón requerida), justamente con los pesos y volúmenes de los componentes proyectados del recipiente.

Para el recipiente que se haya de diseñar para las especificaciones antes citadas, es decir, presión de funcionamiento de 315 kg/cm^2 (presión de carga de 280 kg/cm^2) una presión de prueba o ensayo de $471,5$

24 DI



kg/cm² y una presión de reventazón mínima de 630 kg/cm², se ha visto que un forro de aluminio de 3,378 mm de espesor y una presión de dimensionamiento de 532 kg/cm² proporciona valores de salida de esfuerzos de diseño comprendidos dentro de un intervalo aceptable. Naturalmente, se podrían utilizar otros espesores de forro y otras presiones de funcionamiento.

En la construcción en un recipiente de presión de acuerdo con el presente invento, la formación del forro se comienza extruyendo por impacto una pieza elemental tubular con una base maciza. Las piezas elementales se tratan entonces con solución y se envejecen antes de la conformación. A continuación se perfila el extremo cerrado de la pieza elemental y esta se somete a dos operaciones de conformación del cuello, la primera en una matriz de conformación en caliente y la segunda en una matriz de calibrado o dimensionamiento en frío. La conformación del cuello de esta manera tiende a reducir al mínimo el arrugamiento del cuello. Las operaciones finales de formación del forro implican el tratamiento por calor y el mecanizado. Como se aprecia en la figura 5, el espesor del forro en la unión de la parte cilíndrica con las partes de cúpula será sustancialmente uniforme. La garganta del forro se fabrica como una

24 D



sección roscada para recibir la parte roscada del tapón extremo, y se pueden utilizar anillos y arandelas de obturación apropiados para obturar más la lumbrera cuando se introduce el tapón extremo. Después de la formación del forro, se realiza la operación de arrollar el filamento. El equipo que se ha visto que es apropiado para utilizar en la realización de este arrollamiento es la máquina de arrollar filamento Entec Modelo 430, que es conocida en la técnica y que es capaz de arrollar en ambas direcciones, la de orientación polar y la de orientación cilíndrica. Durante la secuencia preferida, se efectúa la primera envoltura polar mediante el arrollamiento de 98 circuitos con un sistema de entrega de 4 mechas compuesto de 20 cabos por mecha, en torno al forro. A continuación se aplican siete capas de material cilíndrico (14 pasos con un sistema de entrega de 4 mechas compuesto de 20 cabos por mecha) y, naturalmente, el material cilíndrico se arrolla de manera que cubra la unión de la parte cilíndrica con las partes de cúpula. La figura 3 muestra el recipiente después de las dos partes precedentes de la secuencia de arrollamiento.

A continuación, se aplica después el material restante orientado en dirección polar (147 circuitos con un sistema de entrega de 4 mechas compuesto de 20 cabos por mecha) de una manera similar a la del arrollamiento

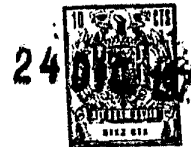
24



polar original y ello tiene el efecto de retener la en
voltura cilíndrica evitando que se mueva con respecto
al recipiente. Finalmente, se aplican a continuación
dos capas de material cilíndrico (cuatro pasos con un
5 sistema de entrega de 4 mechas compuesto de 20 cabos
por mecha) a una zona central del cilindro. El reci-
piente completamente envuelto se muestra en la figura
4. Por supuesto, el material filamentosos tiene que es-
tar recubierto de resina cuando se arrolla en torno al
10 forro. Esto se efectúa impulsando el filamento a través
de un depósito lleno de resina justamente antes de que
sea arrollado. El curado por calor del recipiente sigue
a las operaciones de arrollamiento y, para el recipiente
cuyas especificaciones se han señalado anteriormente,
15 la temperatura de curado por calor no debe exceder de
176°C.

Después de que el recipiente haya sido envuel-
to y curado por calor, se realiza la operación de some-
ter a presión de dimensionamiento o calibrado. Esto se
20 efectúa, para el recipiente señalado por las caracterís-
ticas de diseño determinadas en lo que antecede, aumen-
tando la presión del recipiente hasta 532 Kg/cm^2 a un ré-
gimen que no exceda de 35 kg/cm^2 por minuto y después re-
duciendo la presión del recipiente a la del ambiente.

25 Durante este ciclo, cuando la presión sobre-



pasa a la resistencia de deformación plástica del forro metálico, este se deformará plásticamente hacia fuera y tenderá a mantener la configuración agrandada a la cual se deformó plásticamente el forro. Sin embargo, el límite elástico de la envoltura de filamentos no se habrá rebasado durante la puesta a presión y deformación plástica del forro. Debido a la deformación plástica del forro, cuando este se ha descargado elásticamente, la envoltura de filamento está todavía sometido a tracción. Por lo tanto, la envoltura de filamento aplica en general fuerzas dirigidas hacia dentro a la superficie externa del forro cuando el mismo alcanza el estado elásticamente descargado. Estas fuerzas de la envoltura dirigidas hacia dentro actúan para comprimir y deformar elásticamente el forro. Sin embargo, son de magnitud insuficiente para deformar plásticamente el forro en compresión. Por lo tanto, después del ciclo de puesta a presión de dimensionamiento, el filamento de la envoltura está sometido a tracción y el forro está sometido a compresión.

Para efectuar la deformación plástica hacia fuera y producir el reventazón del forro después del ciclo de puesta a presión de dimensionamiento, el necesario aumentar la presión en el forro hasta un valor suficiente para superar las fuerzas de compresión en el fo-

24 DEC 1975

rro y para efectuar la deformación hacia fuera del mismo con una fuerza suficiente para romper el fuerte filamento de la envoltura. Bajo presiones normales de funcionamiento, las fuerzas de presión pueden ser suficientes para superar las fuerzas de compresión en el forro. Sin embargo, las fuerzas de presión no serán, durante el uso normal, de una magnitud suficiente para deformar plásticamente el forro contra la acción de la envoltura de filamento.

5

10

Se ha de hacer observar que aunque los recipientes dimensionados o calibrados por presión de acuerdo con este invento presentarán algo de agrietamiento, el efecto de tal agrietamiento sobre el comportamiento del recipiente será mínimo.

15

Aunque la realización específica preferida ilustrada en los dibujos tiene material de envoltura fibroso de vidrio, se considera que se pueden utilizar otros materiales fibrosos o combinaciones de materiales, incluyendo grafito, boro o Kevlar.

20

Los recipientes de presión a los cuales se dirige la presente invención incluyen aquellos que se utilizan en un sistema de respiración de aire comprimido del tipo de los que podrían ser llevados por un bombero o buzo y botellas de almacenamiento para productos criógenos, químicos, combustibles y gases.

25



Unas características típicas para un recipiente de presión de este tipo podrían ser las siguientes:

1. Peso máximo de 4,068 kg.
2. Presión de funcionamiento máxima de 315 kg/cm² (presión de carga de 380 kg/cm²).
3. Volumen contenido mínimo de 4.588 cm³
4. Presión de prueba o ensayo de 471,5 kg/cm².
5. Presión mínima de reventazón de 630 kg/cm².
6. Suficientemente barato para justificar la producción comercial.

Se ha de hacer observar que las características precedentes se dan sólo a título de ejemplo.

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 19 de Abril de 1974, bajo el número 462.356, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto de la Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son

los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

5 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en un recipiente de presión caracterizados porque el recipiente comprende un forro de aluminio que tiene una parte de pared cilíndrica y una parte de pared de cúpula conectada o unida a cada extremo de dicha parte cilíndrica, teniendo dichas partes de pared cilíndrica y de paredes de cúpula sustancialmente el mismo espesor, una pluralidad de vueltas de filamento de vidrio enrollado en torno a dicho forro según diseños de arrollamiento alternativamente orientados en sentido polar y cilíndricamente y que forman una envoltura, al menos un diseño de arrollamiento orientado cilíndricamente que se extiende sobre la unión de la parte de pared cilíndrica y cada parte de pared de cúpula y que está sujeto contra el recipiente por un diseño de arrollamiento orientado en sentido polar, estando dicha envoltura en un estado tensado aplicando fuerzas de compresión a la periferia externa de dicho forro de aluminio.

20 2ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1ª, caracterizados porque la envoltura de filamento comprende: (a) un primer diseño de arrollamiento orientado en dirección polar en la parte superior del forro; (b) un primer diseño de arrollamiento orientado cilíndricamente, que se superpone a dicho primer diseño de arrollamiento

orientado en dirección polar y que se extiende sobre las uniones de la parte cilíndrica y de las partes de cúpula del forro; y (c) un segundo diseño de arrollamiento orientado en dirección polar, que se superpone a dicho primer diseño de arrollamiento orientado cilíndricamente y que retiene a este evitando el movimiento del mismo con respecto al forro.

3ª.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2ª, caracterizados porque la envoltura de filamento incluye además un segundo diseño de arrollamiento orientado cilíndricamente, que se superpone a dicho segundo diseño de arrollamiento orientado en dirección polar.

4ª.- Perfeccionamientos introducidos en un recipiente de presión.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintiuna hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 30. JUN. 1977

P.Á.

Alberto de Elizaburu
Por Poder,

6-12-75

PBG.

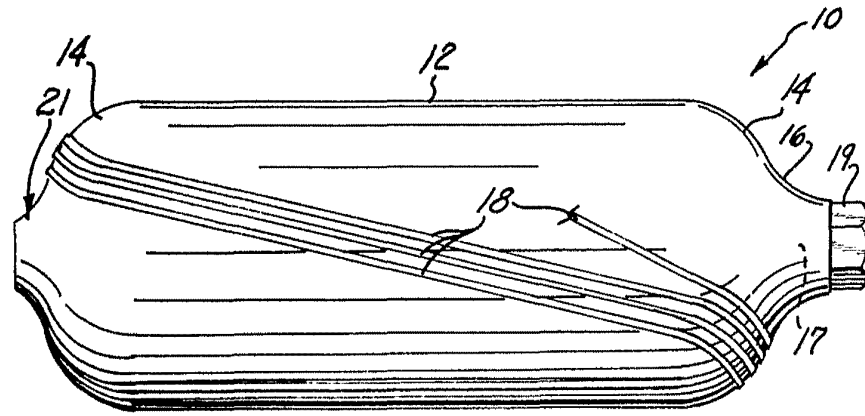


FIG. 1

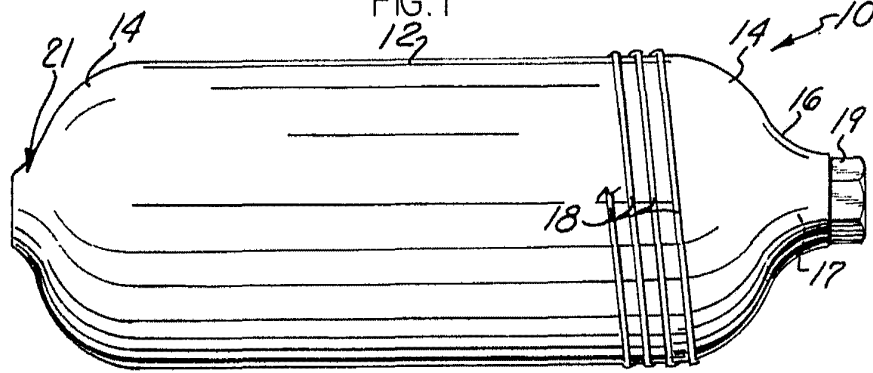


FIG. 2

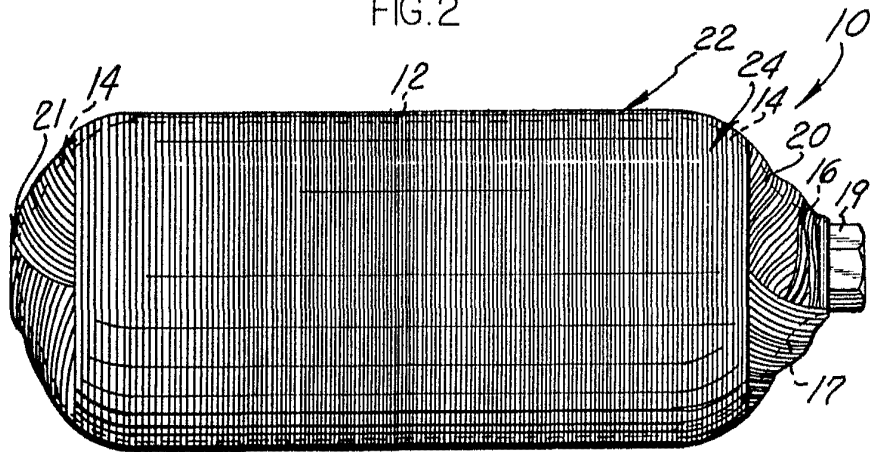


FIG. 3

Alberto de ...
Por Poder...

A handwritten signature in cursive script, located below the typed name.

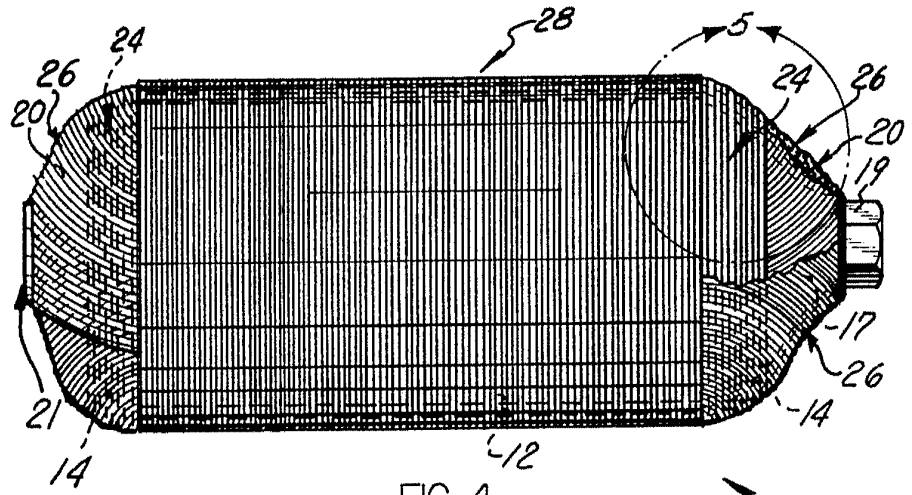
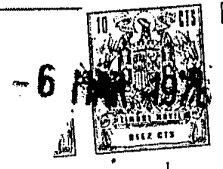


FIG. 4

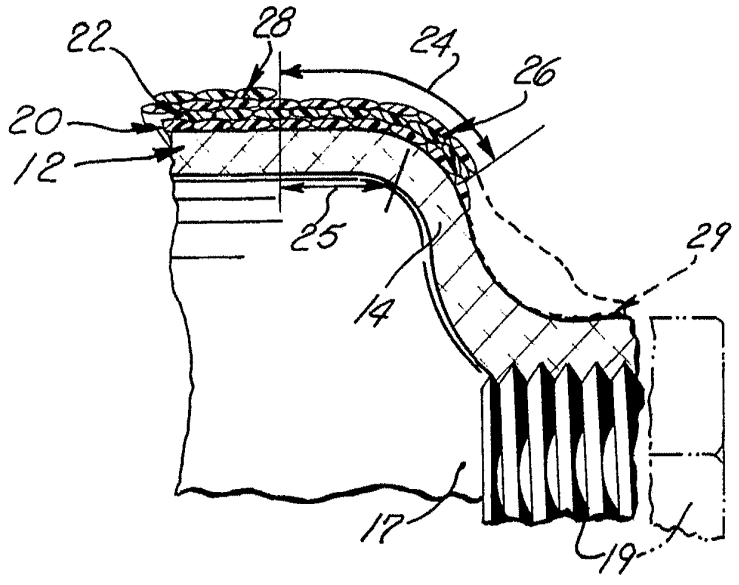


FIG. 5

Alberto de Eiz...

Por Poder