

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 376**

51 Int. Cl.:
F16L 55/165 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06801584 .1**
96 Fecha de presentación: **16.08.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1945991**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.07.2008**

54 Título: **INVERSIÓN POR AIRE Y CURADO CON VAPOR CON DOBLE PRENSA DE FORROS
CURADOS IN SITU.**

30 Prioridad:
17.08.2005 US 708934 P
16.08.2006 US 504909

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.02.2012

73 Titular/es:
INA Acquisition Corp.
Suite1410, Nemours Building, 1007 Orange Street
Wilmington, DE 19801, US

72 Inventor/es:
DRIVER, Franklin Thomas;
HIRTZ, Steve J.;
POLIVKA, Richard C.;
BLASCZYK, James H.;
BIRCHLER, Neil y
COSTA, Kyle

74 Agente: **Mir Plaja, Mireia**

ES 2 375 376 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

Inversión por aire y curado con vapor con doble prensa de forros curados in situ

5 **Remisión a solicitudes afines**

[0001] Esta solicitud se basa en y reivindica la prioridad de la solicitud provisional estadounidense que tiene el número de depósito 60/708.934 y fue presentada el 17 de agosto de 2005.

10 **Antecedentes de la invención**

15 [0002] Esta invención se refiere a la inversión e instalación de un forro curado in situ mediante inversión por aire y curado con vapor, y a un aparato que tiene dobles prensas rígidos para la inversión y el curado del forro. Los métodos y aparatos permiten el uso de una correa de retención para controlar la velocidad de inversión y de un tubo flexible perforado de tendido para la introducción de vapor para el curado con una lumbrera de exhaustación para el paso continuo del vapor a través de dicho tubo flexible perforado de tendido sin desinflar el forro antes del curado con vapor. Los métodos y aparatos son particularmente idóneos para instalar forros de aproximadamente 45,72 a 91,44 cm (de 18 a 36 pulgadas) hasta aproximadamente 1,82 m (72 pulgadas) y más.

20 [0003] Es del dominio público que los conductos o canalizaciones, y particularmente las tuberías subterráneas tales como las tuberías de aguas cloacales, las tuberías de aguas cloacales de lluvia, las tuberías de distribución de agua y las tuberías de distribución de gas que se emplean para conducir fluidos, frecuentemente requieren reparación debido a fugas de fluido o a su deterioro. La fuga puede ser hacia el interior, del entorno al interior o parte conductora de las canalizaciones. Como alternativa, la fuga puede ser hacia el exterior, de la parte conductora de la canalización al entorno circundante. En cualquier caso, es deseable evitar esta fuga.

30 [0004] La fuga puede ser debida a una incorrecta instalación de la tubería original, o a un deterioro de la propia tubería debido al envejecimiento normal o a los efectos de transportar material corrosivo o abrasivo. Las grietas en o cerca de las juntas de tubería pueden ser debidas a condiciones ambientales tales como terremotos o el movimiento de grandes vehículos por sobre la superficie de arriba, o similares vibraciones naturales o artificiales, u otras causas de este tipo. Independientemente de la causa, tal fuga es indeseable y puede redundar en un desperdicio del fluido que se transporta por dentro de la canalización, o bien puede redundar en efectos perjudiciales para el entorno circundante y en la posible creación de un peligroso riesgo para la salud pública. Si la fuga continúa, la misma puede conducir a un fallo estructural del conducto existente debido a la pérdida de tierra y soporte lateral del conducto.

35 [0005] Debido al continuo incremento de los costes de la mano de obra, de la energía y de la maquinaria, cada vez es más difícil y menos rentable reparar tuberías subterráneas o partes que puedan tener fugas dejando al descubierto y sustituyendo los tubos a base de cavar zanjas. Como resultado de ello, se han ideado varios métodos para la reparación o rehabilitación in situ de las canalizaciones existentes. Estos nuevos métodos evitan el gasto y el riesgo que van asociados a la realización de excavaciones y a la sustitución de tuberías o secciones de tuberías, así como las importantes molestias para el público. Uno de los más exitosos procedimientos de reparación o rehabilitación sin zanjas de tuberías que está en la actualidad siendo extensamente usado es el llamado Procedimiento Insituform®. Este Procedimiento está descrito en las Patentes U.S. Núms. 4.009.063, 4.064.211 y 4.135.958.

45 [0006] En la práctica estándar del Procedimiento Insituform se instala dentro de la canalización existente un forro tubular flexible alargado que está hecho de una tela de fieltro, espuma o un similar material impregnable con resina con un recubrimiento impermeable exterior que ha sido impregnado con una resina termoendurente curable. El forro se instala en general utilizando un procedimiento de eversión como el que se describe en las dos últimas patentes Insituform identificadas. En el proceso de eversión, la presión radial aplicada al interior de un forro evertido lo presiona contra la superficie interior de la canalización y lo deja así acoplado a la misma. Sin embargo, el Procedimiento Insituform también se pone en práctica tirando de un forro impregnado con resina al interior del conducto por medio de una cuerda o de un cable y usando un forro o vejiga aparte que sirve para el inflamiento y es impermeable a los fluidos, siendo el mismo evertido dentro del forro para hacer que el forro sea curado contra la pared interior de la canalización existente. A tales forros impregnados con resina se les denomina generalmente "tubos curados in situ" o "forros CIPP", y la instalación recibe el nombre de instalación de CIPP.

60 [0007] Los forros tubulares flexibles CIPP tienen una capa lisa exterior de polímero relativamente flexible y considerablemente permeable que recubre el exterior del forro en su estado inicial. Al ser el forro evertido, esta capa impermeable termina en el interior del forro tras haber sido el forro evertido durante la instalación. Al estar el forro flexible instalado en su sitio dentro de la canalización, la canalización es presionada desde el interior, preferiblemente utilizando un fluido de eversión tal como agua o aire para obligar al forro a expandirse radialmente hacia el exterior para así quedar en contacto con y adaptado a la superficie interior de la canalización existente.

5 **[0008]** Típicamente se erige una torre de eversión en el sitio de instalación para proporcionar la carga de presión necesaria para evertir el forro o una vejiga. También se presenta y se describe una unidad de eversión en las Patentes U.S. N° 5.154.936, N° 5.167.901 (RE 35.944) y N° 5.597.353. El curado puede iniciarse mediante la introducción de agua caliente en el forro evertido a través de un tubo flexible de recirculación unido al extremo del forro que es objeto de eversión. El agua de inversión se hace recircular por una fuente de calor tal como una caldera o un intercambiador de calor y se hace que regrese al forro invertido hasta haber quedado concluido el curado del forro. La resina con la que está impregnado el material impregnable es entonces curada para así formar un tubo rígido, duro y bien ajustado que reviste interiormente a la canalización existente. El nuevo forro tapa herméticamente con eficacia cualesquiera grietas y repara cualquier deterioro de una sección de tubería o de una junta de tubería a fin de impedir que continúe la fuga ya sea hacia el interior o bien hacia el exterior de la canalización existente. La resina curada también sirve para reforzar la pared de la canalización existente para así proporcionar un adicional soporte estructural para el entorno circundante.

15 **[0009]** La torre de eversión, que llevaba tiempo construir, hacia que los obreros estuviesen a 30 pies de altura sobre el suelo, a menudo cerca de árboles y de hilos eléctricos. Este método fue mejorado por un aparato, lo cual le permitió a Insituform crear una carga hidráulica mediante el uso de una válvula de esfínter. El forro era aportado a la parte superior del aparato y se le hacía pasar a través de la válvula de esfínter mediante agua a presión bajo la válvula. El agua a presión aplicaba una fuerza a la extremidad anterior del forro, haciendo así que el mismo se invirtiese al interior de la tubería en rehabilitación. Estos aparatos para la rehabilitación de tubería de pequeño diámetro han venido estando en uso por espacio de aproximadamente quince años.

20 **[0010]** La mayor desventaja del uso de estos aparatos con agua es la cantidad y disponibilidad del agua de inversión. El agua tiene que ser calentada típicamente de 55°F a 180°F a fin de efectuar el curado, y tiene que ser luego enfriada mediante la adición de más agua hasta 100°F antes de descargarla a un aceptable sistema de eliminación.

25 **[0011]** Esta desventaja puede ser superada usando aire en lugar de agua para crear la fuerza de inversión. Una vez totalmente invertido el forro impregnado, el mismo puede ser entonces curado con vapor. A pesar de que es necesaria agua para producir vapor, la cantidad de agua en forma de vapor es tan sólo un 5-10% de la requerida para la inversión con agua, el curado y el enfriamiento. Esto significa que puede usarse vapor para el curado aunque no esté fácilmente disponible agua a pie de obra. Esta drástica reducción de la cantidad de agua es el resultado de la mayor cantidad de energía que puede obtenerse de una libra de agua en forma de vapor frente a una libra de agua calentada. 0,454 kg (una libra) de vapor que se condensan para quedar en forma de 0,454 kg (una libra) de agua desprenden aproximadamente 1.055,06 kJ (1.000 BTUs), mientras que 0,454 kg (una libra) de agua desprenden solamente 1.055,06 J (una BTU) por cada 0,56°C de descenso de la temperatura. Esta reducida necesidad de agua más la virtual eliminación del ciclo de calentamiento reduce en gran medida el tiempo de ciclo de curado y de instalación.

35 **[0012]** Con esta evidente ventaja de usar inversión por aire y curado con vapor, ¿por qué ha sido la industria lenta en abandonar la inversión por agua y el curado con agua caliente?

40 **[0013]** Cuando se usa agua para invertir el forro impregnado con resina, la parte no invertida del forro desde la extremidad anterior de inversión hasta el aparato de inversión es soportada por una fuerza igual a la cantidad de agua desplazada por el forro. En el caso de los forros CIPP, esto significa que el peso efectivo del forro se ve considerablemente reducido, al igual como la fuerza necesaria para tirar del forro no invertido hacia adelante hacia la extremidad anterior de inversión. Cuando se usa aire para crear la fuerza de inversión, el forro no invertido descansa en el fondo de la tubería y la presión de aire que actúa en la extremidad anterior de inversión del forro debe tirar de todo el peso del forro hacia adelante.

45 **[0014]** Deben ser superadas tres fuerzas para invertir un forro CIPP, independientemente de lo que se use para crear la energía de inversión. Estas fuerzas son las siguientes:

- 50 1. La fuerza requerida para invertir el forro (para volverlo del revés). Esta fuerza varía según el espesor del forro, el tipo de material y la relación del espesor al diámetro del forro.
2. La fuerza necesaria para tirar del forro desde el aparato de inversión hasta la extremidad anterior de inversión.
3. La fuerza necesaria para tirar del forro haciéndolo pasar a través del aparato de inversión.

55 **[0015]** La fuerza número uno (1) anteriormente indicada es generalmente la misma tanto para la inversión por aire como para la inversión por agua.

60 **[0016]** La fuerza número dos (2) varía en gran medida entre el procedimiento en el que se utiliza aire y el procedimiento en el que se utiliza agua y puede limitar la longitud de las inversiones por aire. Hay un límite para cuánta presión puede usarse para invertir un forro sin afectar desfavorablemente la calidad del forro CIPP instalado y/o sin que resulte dañado el conducto existente. Puede usarse lubricante tanto para la inversión por agua como para la inversión por aire para reducir la necesaria fuerza de tracción.

[0017] La fuerza número tres (3) puede variar según el diseño del aparato. En la mayoría de los aparatos que están actualmente en uso, la fuerza requerida para tirar del forro para así hacerlo pasar a través del aparato aumentará

cuando aumente cualquiera de las fuerzas uno y dos o bien cuando aumenten ambas. Esto es ocasionado por el hecho de que a fin de incrementar la energía de inversión disponible los típicos aparatos que están en uso hoy en día restringen la pérdida de fluido a presión desde la cámara de presión debajo del punto de entrada del forro en el interior del aparato y del extremo atado y con refuerzo del forro que se invierte. Esta restricción se lleva típicamente a cabo incrementando la presión de aire en un prensa de esfínter neumático, o bien usando un prensa que sea energizado por el fluido de inversión. El movimiento hacia el interior en casos típicos es restringido por el material del prensa y por la compresión del forro CIPP en inversión. Esto a su vez ocasiona un incremento del rozamiento entre el forro CIPP en inversión y el prensa.

[0018] En vista de estas evidentes ventajas del curado con vapor en comparación con el curado con agua caliente, se ha propuesto el uso de vapor en vista de la energía que lleva. La inversión por aire de una vejiga de inflamiento y el uso de vapor circulante para efectuar el curado han sido dados conocer en las Patentes U.S. N° 6.708.728 y N° 6.679.293 de Insituform. Los procedimientos que se dan a conocer en estas patentes recientemente concedidas utilizan la tecnología según la cual se tira del forro hacia el interior y se le infla, y están actualmente en uso para forros de pequeño diámetro. Dichos procedimientos proporcionan ventajas en comparación con la eversión con agua para pequeños diámetros. Sin embargo, el procedimiento que se describe no prevé el uso de un tubo flexible de tendido para la introducción de vapor. Además, el uso de un bote perforador que se da a conocer en estas patentes no es adecuado para forros de mediano y gran diámetro. Se considera en general que los forros de tamaño mediano son los que tienen un diámetro de entre aproximadamente 45,72 y 91,44 cm (18 y 36 pulgadas). Los grandes diámetros son los de más de aproximadamente 106,68 cm (42 pulgadas) y más.

[0019] En consecuencia, es deseable contar con procedimientos para una mejorada instalación de forros CIPP con inversión por aire y curado con vapor que permitan el uso de una correa de retención y de un tubo flexible de tendido para la distribución de vapor en el interior del forro invertido para asegurar un completo curado sin estratificación térmica y sin tener que desinflar el forro antes de inyectar vapor para el curado.

La US 5.358.359 da a conocer un aparato para evertir un forro flexible al interior de un conducto existente. El aparato incluye unos medios que constituyen una cortina tubular flexible y están conectados a una cámara de inversión. Se usan dos vejigas o cojines tubulares inflables para ejercer presión contra los medios de cortina y formar un cierre hermético en los medios de cortina y en el forro en eversión que se desliza a través de los mismos. El forro en inversión se monta en el extremo de salida de la cámara de inversión en la cual se desarrolla la presión de inversión.

Breve exposición de la invención

[0020] Hablando en términos generales, según la invención tal como está definida en las reivindicaciones se invierte un forro de tubería curado in situ usando un aparato de instalación que tiene dos prensas rígidos que son accionables selectivamente. El aparato permite introducir un fluido de curado tras la inversión sin desinflar el forro. Dicho aparato incluye un armazón abierto para asegurar el forro que se invierte antes de pasar el mismo por entre un primer prensa rígido accionable selectivamente que se usa para formar un cierre hermético al aire o al vapor y un segundo prensa rígido accionable selectivamente que es para formar un cierre hermético al aire para la inversión.

[0021] En una realización preferida de la invención el aparato de inversión es un armazón dispuesto verticalmente para ser posicionado sobre una entrada de agujero de hombre de forma tal que un forro impregnado con resina y unido fijamente al armazón es invertido y pasa a través de los prensas primero y segundo antes de entrar en el conducto existente. El forro tiene una parte seca que queda unida fijamente al armazón, pasa a través del mismo y está provista de al menos una lumbrera para el fluido de curado e inversión que está posicionada de forma tal que queda entre los dos prensas. Cada prensa tiene dos elementos rígidos, y en una realización de la invención un elemento es un elemento fijo dispuesto a un lado y hay un elemento rígido desplazable opuesto que coopera con el primero para así formar el prensa. Como alternativa, ambos elementos rígidos pueden ser desplazables para formar el cierre hermético. El primer prensa o prensa de arriba puede incluir un material compresible de revestimiento fijado a los elementos rígidos para así asegurar la formación de un cierre hermético al vapor durante el ciclo de curado. Preferiblemente, los elementos rígidos son tubos o caños, siendo la parte invertida del forro la que proporciona material compresible suficiente para formar un adecuado cierre hermético al vapor. El segundo prensa o prensa de aire se ajusta a una separación fija durante la primera mitad de la inversión, en dependencia del espesor del forro. Un incremento de la presión de inversión no requiere una presión adicional en el forro impregnado con resina.

[0022] A la parte del forro que queda sujeta al armazón de entrada y pasa a través de los prensas primero y segundo se la mantiene seca y no impregnada con resina. Se forma a través de la pared de la parte seca del forro al menos una lumbrera de fluido para la introducción de fluido de inversión y luego de curado. En una realización preferida de la invención una primera lumbrera entre los dos prensas es para la entrada de fluido de inversión, tal como aire, y es también usada para la introducción de vapor durante la fase de curado. Se instala en la pared de la parte seca del forro más abajo del segundo prensa una segunda lumbrera para la introducción de fluido de inversión tal como aire para invertir el forro.

5 [0023] En una realización de la invención, puede ponerse en la parte seca de entrada del forro un manguito de mejoramiento de la inversión hecho de un material impregnable para que el forro en inversión con una capa impermeable en la superficie exterior pase fácilmente a través de la parte seca del forro sujeta en el almacén. El manguito encarado a la capa impermeable del forro en inversión puede ser lubricado para facilitar la inversión a través del prensa.

10 [0024] La apertura y el cierre selectivos de los prensas permiten el paso de un cable o correa de retención para controlar la velocidad durante la segunda mitad de la inversión y el paso de un tubo flexible de tendido y un accesorio de vapor para la introducción de aire calentado o vapor durante el curado. El uso de un tubo flexible perforado de tendido para el curado con vapor permite la introducción de vapor a todo lo largo del forro invertido para evitar las consecuencias de la acumulación de condensado, que a menudo conduce a secciones de forro mal curadas en los procesos de curado con vapor. Los dobles prensas permiten que el tubo flexible de tendido con accesorio de vapor pase a través del almacén y al interior del forro invertido sin desinflar el forro antes de la introducción del fluido de curado. Preferiblemente, el tubo flexible de tendido tiene orificios alternados formados a lo largo del mismo cerca del borde. Típicamente, esto es a una distancia de 0,635 a 3,81 cm (de 1/4 a 1 1/2 pulgadas) del borde del tubo flexible de tendido. Esta agrupación de orificios asegura la distribución del vapor en el fondo a todo lo largo del forro independientemente de la orientación del tubo flexible.

20 [0025] Puede posicionarse en el punto de acceso distal un manguito de muestra y realización de lumbreras con al menos un accesorio de mamparo preinstalado para formar una lumbrera de exhaustación en el extremo distal del forro invertido para admitir a una herramienta de realización de lumbreras. Una vez parada la inversión con el extremo distal del forro capturado por el manguito de realización de lumbreras, puede usarse una taladradora de realización de lumbreras para formar una lumbrera de exhaustación en el forro inflado. Un tubo flexible de exhaustación ajustable es conectado a la lumbrera de exhaustación y se introduce vapor en el interior del forro a través del tubo flexible de tendido para curar la resina sin dejar que se desinfe el forro invertido.

[0026] En consecuencia, es un objeto de la invención aportar un método mejorado para invertir un forro CIPP.

30 [0027] Es otro objeto de la invención el de aportar un aparato de doble prensa para invertir un forro CIPP con aire y para efectuar el curado con vapor.

[0028] Es otro objeto de la invención el de aportar un método mejorado para la inversión por aire y el curado con vapor de un forro CIPP con un aparato que tenga dobles prensas rígidos.

35 [0029] Es un objeto adicional de la invención el de aportar un método mejorado en el que un forro de tubería curado in situ es invertido con aire y curado con vapor sin desinflar el forro tras haber sido el mismo posicionado dentro del conducto existente.

40 [0030] Aun otro objeto de la invención es el de aportar un método y un aparato que sean adecuados para la inversión por aire y el curado con vapor, en donde el forro sea invertido a través de un segmento de forro en el que esté formada al menos una lumbrera para la introducción de aire y/o vapor.

45 [0031] Aun otro objeto de la invención es el de aportar un método mejorado para la inversión por aire de un forro CIPP con una correa de retención y un tubo flexible de tendido para la introducción de vapor para curar el forro.

[0032] Aun otros objetos y ventajas de la invención resultarán en parte obvios y quedarán en parte de manifiesto a la luz de la memoria descriptiva.

50 [0033] La invención en consecuencia comprende los varios pasos y la relación de uno o varios de tales pasos con respecto a los otros, y los aparatos que poseen las características, propiedades y relación de elementos que se ejemplifican en la descripción detallada, y el alcance de la invención se indicará en las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

55 [0034] Para una más plena comprensión de la invención, se hace referencia a la siguiente descripción tomada en conjunción con los dibujos acompañantes, en los cuales:

60 [0035] La FIG. 1 es una vista esquemática en perspectiva de un aparato con dobles prensas rígidos para la inversión por aire y el curado con vapor de un forro de tubería curado in situ, estando dicho aparato construido y dispuesto según la invención;

[0036] La FIG. 2 es una vista esquemática en alzado del lado derecho del aparato de inversión de la FIG. 1;

[0037] La FIG. 3 es una vista en perspectiva del aparato de inversión de las FIGS. 1 y 2 con un forro CIPP instalado y con las conexiones de aire y vapor en su sitio durante el curado con vapor según la invención;

5 [0038] La FIG. 4 es una vista esquemática en sección que muestra la posición de los prensas del aparato de la FIG. 3 durante la primera mitad de la inversión por aire;

[0039] La FIG. 5 es una vista esquemática en sección que muestra la posición de los prensas del aparato de la FIG. 3 a medio camino de la inversión;

10 [0040] La FIG. 6 es una vista esquemática en sección que muestra la posición de los prensas del aparato de la FIG. 3 durante la segunda mitad de la inversión;

15 [0041] La FIG. 7 es una vista esquemática en sección que muestra la posición de los prensas del aparato de la FIG. 3 al quedar concluida la inversión;

[0042] La FIG. 8 es una vista esquemática en sección que muestra los pasos preparatorios para acoplar el tubo flexible de tendido a la entrada de vapor antes del curado;

20 [0043] Las FIGS. 9(a) y 9(b) son vistas esquemáticas en planta y en sección de un manguito flexible de realización de lumbreras con accesorio de mamparo instalado para ser usado con el forro invertido;

[0044] La FIG. 10 es una vista ampliada en sección del accesorio de mamparo de la FIG. 9 que muestra los detalles de la construcción del lumbreraje en un extremo invertido de un forro completamente invertido capturado por el manguito;

25 [0045] Las FIGS. 11(a)-11(g) son vistas esquemáticas en sección del procedimiento utilizado para formar una lumbrera de exhaustación en el forro invertido capturado en el manguito de realización de lumbreras de la FIG. 9, y del forro invertido curado in situ que entra en un tubo de muestra y realización de lumbreras, antes y después de la realización de una lumbrera con una herramienta de realización de lumbreras;

30 [0046] Las FIGS. 12(a) y 12(b) son vistas esquemáticas en sección de los pasos que se realizan para instalar una purga de condensado en el extremo distal del forro invertido tras haber llevado a cabo los pasos que se muestran en las FIGS. 11(a)-11(g);

35 [0047] La FIG. 13 es una vista esquemática en sección que muestra la posición de los prensas del aparato de la FIG. 3 con tubo flexible de suministro de aire/vapor unido en preparación para la introducción de vapor para el curado; y

[0048] Las FIGS. 14(a) y 14(b) ilustran una técnica de realización de lumbreras de exhaustación que es adecuada para forros de menor diámetro.

40 **Descripción detallada de la realización preferida**

[0049] Se describen un método y un aparato mejorados para la inversión por aire y el curado con vapor de un forro CIPP en cumplimiento de la norma ASTM F1216 *Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube*. El método y el aparato son perfectamente adecuados para la instalación de forros CIPP de diámetro mediano trabajando desde la superficie a través de estructuras tales como agujeros de hombre para rehabilitar canalizaciones y conductos bajo tierra existentes.

50 [0050] Se muestra en la FIG. 1 un aparato de inversión 11 construido y dispuesto según la invención. El aparato 11 es un almacén rígido que está dimensionado para ser posicionado sobre el acceso de inversión al conducto a forrar. El aparato 11 está hecho a base de barras o tubos metálicos que forman un almacén 12 que tiene una anchura "w" suficiente para admitir un forro de tubería aplanado curado in situ a instalar. El almacén 12 es prácticamente rectangular en la realización ilustrada y tiene una abertura rectangular de entrada 13 con una pluralidad de ganchos 14 para sujetar el forro que se invierte. La abertura 13 tiene un grosor "t" seleccionado para permitir que la parte seca de un forro empapado invertido sea sujeta en los ganchos 14 e invertida a través de la abertura de entrada 13.

55 [0051] El almacén 12 tiene una altura "h" suficiente para soportar un primer prensa o prensa de arriba 16 que está hecho de un elemento fijo 17 del prensa y de un elemento opuesto desplazable 18 del prensa que coopera con el mencionado anteriormente, estando dichos elementos del prensa posicionados junto a la entrada 13. Los de una pareja de cilindros de aire 19 están unidos a los extremos del almacén 12 y conectados al elemento desplazable 18 para desplazar el elemento 18 hacia el elemento fijo 17. En la realización ilustrada, los cilindros 19 son cilindros neumáticos de aire con apoyos lineales de guía 20a. Los cilindros 19 pueden ser cualquier mecanismo de cierre mecánico o un motor de cualquier tipo, tal como un mecanismo hidráulico o eléctrico o mecánico de apriete.

5 **[0052]** Un segundo prensa o prensa de abajo 21 que está hecho de la misma manera como el primer prensa 16 tiene un elemento rígido 22 del prensa fijado al armazón 12 y un elemento móvil 23 del prensa montado en un par de apoyos lineales de guía 20b con un cilindro de aire 24 unido al mismo. La altura "h" del armazón 12 se selecciona para dejar entre el primer prensa 16 y el segundo prensa 21 espacio suficiente para utilizar una lumbrera de entrada de fluido instalada en la parte seca de un forro a invertir para la introducción de aire y/o vapor. Una lumbrera de entrada de fluido de inversión queda instalada en la parte seca del forro invertido y posicionada más abajo del segundo prensa 21 y antes del acceso de agujero de hombre. Se da más detalladamente a continuación una descripción completa del forro y de las lumbreras de instalación.

10 **[0053]** En la realización ilustrada de la FIG. 1, el armazón 12 tiene una base 25 que está hecha de dos tubos laterales 26 y 27 soldados a un armazón frontal rectangular 28 que está hecho de un tubo inferior 29, dos tubos laterales verticales 31 y 32 y un tubo superior 33. Los tubos verticales 31 y 32 están soldados a tubos laterales de base 26 y 27, respectivamente. Un armazón trasero rectangular igual 34 que está hecho de un tubo inferior 36, dos tubos laterales 37 y 38 y un tubo superior 39 está soldado a vigas laterales de base 26 y 27 de la misma manera como el armazón delantero 28. Los de un par de tubos de soporte 41 y 42 del primer prensa horizontal están fijados entre los tubos laterales delanteros 31 y 32 del armazón delantero 28 y los tubos laterales 37 y 38 del armazón trasero 34. Análogamente, las de un par de vigas de soporte 43 y 44 están fijadas entre el armazón delantero 28 y el armazón trasero 34 para soportar al segundo prensa 21. Cuatro tubos inclinados de soporte 46, 47, 48 y 49 están soldados entre las partes delanteras y traseras de los tubos laterales 26 y 27 para proporcionarle estabilidad al armazón 12. Si bien se muestran tubos inclinados de soporte, se contempla que pueden usarse elementos rectangulares de soporte que formen un escalón para así contar con una plataforma de trabajo situada a la altura o aproximadamente a la altura del segundo prensa 21.

25 **[0054]** Se muestran los cilindros de aire 19 y 24 montados encima del primer prensa 16 y del segundo prensa 21. Cada cilindro está conectado a un acoplamiento de forma tal que se desplaza sobre un par de apoyos lineales de guía 20. Los cilindros de aire 19 tienen cada uno una conexión de aire 50 conectada a un cuadro de mando neumático 53 que se muestran en la FIG. 3.

30 **[0055]** El elemento fijo 17 y el elemento desplazable 18 del primer prensa 16 tiene una manta compresible resistente a las altas temperaturas 54 y 56 montada en las caras coincidentes opuestas. Este material compresible 54 y 56 se adaptará y cogerá apretadamente a un forro en curso de inversión con una correa de retención y un tubo flexible de tendido al pasar los mismos a través del primer prensa 16 durante la segunda mitad de la inversión. Por añadidura, el material compresible 54 y 56 formará un adecuado cierre hermético adaptado al ser el primer prensa 16 cerrado durante el curado con vapor.

35 **[0056]** Las caras rígidas opuestas de los elementos 22 y 23 del segundo prensa 21 que cooperan entre sí pueden ser planas. Puede añadirse una curvatura a las superficies coincidentes soldando un tubo de pequeño diámetro a las vigas 22 y 23 o bien usando tubos o caños para los elementos 22 y 23. Esta superficie curvada proporciona una superficie más lisa para coger el forro invertido.

40 **[0057]** El segundo prensa 21 forma el cierre hermético al aire durante la inversión por aire. Durante el comienzo y la primera mitad de la inversión, el segundo prensa 21 queda cerrado dejando una distancia de separación que es igual a aproximadamente cuatro veces el espesor del forro por medio del uso de un dispositivo de ajuste de la separación. Este dispositivo puede consistir en espaciadores adecuadamente dimensionados puestos en los apoyos de guía 20a y 20b. Una vez que la correa de retención y el tubo flexible de tendido han pasado a través del segundo prensa durante la segunda mitad de la inversión, la separación del segundo prensa 21 es reducida a aproximadamente dos veces el espesor de pared del forro.

50 **[0058]** Utilizando esta forma constructiva, un incremento de la presión de aire de inversión hará que el forro se invierta sin que sea necesario un incremento de la presión ejercida en el forro en el segundo prensa 21 por los elementos 22 y 23. La presión de aire aplicada a los cilindros 19 puede ser incrementada para impedir que el prensa 21 se abra hasta dejar una separación de más del doble del espesor del forro. El dispositivo de ajuste de la separación, tal como espaciadores puestos en los apoyos de guía o bien pernos roscados, impide una reducción de la separación hasta más allá de lo deseado.

55 **[0059]** El cierre hermético en torno al forro en inversión es creado por la parte seca del propio forro, con lo cual el cierre hermético tiene un perfil y unas dimensiones idénticos. Así, no es necesario preocuparse de formar un cierre hermético en los bordes del forro aplanado. La longitud del perímetro del bordo del forro aplanado es mínima en comparación con los lados mayores del forro aplanado, con lo cual los esfuerzos en los bordes son mínimos y no es necesario un cierre o soporte adicional en los bordes. Esto permite el uso de tubos o vigas rígidos rectos para formar el prensa y el cierre hermético. El procedimiento y el aparato que aquí se dan a conocer proporcionan una ventaja en comparación con los dispositivos de inversión del estado de la técnica. En estos dispositivos que se han mencionado en último lugar la formación de un cierre hermético en los bordes es difícil porque la inversión comienza más abajo del cierre hermético o

prensa. Aquí se da una ventaja debido al hecho de que la inversión del forro ha comenzado antes de que el forro pase a través de un prensa para formar un cierre hermético de inversión y curado.

5 **[0060]** La FIG. 3 muestra el aparato 11 con un forro invertido 101 sujetado a los ganchos 14 en la abertura de entrada 13 durante el paso de curado con vapor. El forro 101 se fabrica con una zona extrema seca 102 y es empapado empezando justo antes de donde el forro en inversión entra en el conducto a rehabilitar. Se forma una lumbrera de entrada de aire 106 en la zona seca 102b entre el segundo prensa 21 y el comienzo de la impregnación en la zona 103. Un tubo flexible de aire 107 queda conectado a la lumbrera de entrada de aire 106 y a una fuente de aire (no ilustrada).

10 **[0061]** También queda instalada una lumbrera de entrada de aire/vapor 108 en la zona 102a del forro entre el primer prensa 16 y el segundo prensa 21. Un tubo flexible de vapor 109 queda acoplado a la lumbrera de entrada de vapor 108 y a una caldera (no ilustrada).

15 **[0062]** En la representación del aparato 11 en la FIG. 3 se muestra una instalación y la posición del primer prensa 16 y del segundo prensa 21 tras haber quedado concluida la inversión y durante el curado con vapor. Aquí, el primer prensa 16 está cerrado formando así un cierre hermético al vapor encima de la lumbrera de entrada de vapor 108 por la que entra el vapor. El segundo prensa 21 está abierto, permitiendo así que el vapor pase al interior del forro invertido 101 a través del tubo flexible de tendido instalado con el forro 101 para efectuar el curado.

20 **[0063]** Se muestra esquemáticamente en secuencia en las FIGS. 4 a 13 la secuencia de pasos de inversión y de curado. Durante la primera mitad de la inversión en la FIG. 4, el primer prensa 16 está abierto y el segundo prensa 21 está cerrado hasta dejar una separación de 4T (cuatro veces el espesor del forro 101), habiéndose hecho ello usando los dispositivos de ajuste de la separación. El aire de inversión es aportado a la lumbrera de entrada de aire 106 desde un tubo flexible de entrada de aire 107 para hacer que el forro 101 se invierta dentro de la parte seca 102b del forro y al interior del conducto que se forra. En el punto que queda a medio camino de la inversión el primer prensa 16 es cerrado para que así queden cogidos la correa de retención 111 y el tubo flexible de tendido 112 como se muestra en la FIG. 5. El tubo flexible de tendido 112 tiene un extremo cerrado 112a. Entonces, durante la segunda mitad de la inversión como se muestra en la FIG. 6, el segundo prensa 21 es abierto y es aportado aire de inversión a la lumbrera de entrada 106 para la inversión con aire para consumir la inversión. En este punto en el tiempo es cerrado el segundo prensa 21 y es abierto el primer prensa 16, como se muestra en la FIG. 7.

35 **[0064]** En este punto en el tiempo cuando está abierto el primer prensa 16, el tubo flexible de tendido 112 es cortado encima del primer prensa 16 y se une un codo de vapor al extremo cortado. El codo de vapor 113 y el tubo flexible de tendido 112 sobrante son bajados al interior del almacén 12 por entre el primer prensa 16 y el segundo prensa 21 cerrado y el codo 113 es unido a la parte trasera de la lumbrera de aire/vapor 108. Como alternativa puede unirse un adaptador flexible de tendido al tubo flexible de tendido fuera de la zona invertida, pudiendo entonces el mismo ser introducido en la lumbrera de aire/vapor para facilitar la adición de vapor al tubo invertido. El adaptador de tendido puede ser un delgado manguito metálico tubular rígido doblable con un perfil abocinado que impide que el mismo pase al interior de la lumbrera de aire/vapor. La parte tubular del manguito es introducida en el extremo cortado del tubo flexible de tendido e introducido en la lumbrera de entrada. El tubo flexible de tendido queda entonces cogido entre la zona abocinada del manguito y la lumbrera. La parte floja del tubo flexible de tendido 112 caerá al interior de la parte invertida al estar el primer prensa 16 cerrado y el segundo prensa 21 abierto al comienzo del ciclo de vapor como se muestra en la FIG. 13.

45 **[0065]** En una realización de la invención, puede ponerse en la parte seca de entrada del forro un manguito 115 de mejoramiento de la inversión hecho de un material impregnable para facilitar la inversión a través del prensa. En este caso, un forro en inversión con una capa impermeable en la superficie exterior pasa fácilmente a través de la parte seca del forro sujetado en el bastidor. El manguito que queda encarado a la capa impermeable del forro en inversión puede ser lubricado para así facilitar adicionalmente la inversión a través del prensa.

50 **[0066]** Justo después de haber quedado consumada la inversión, se realizan lumbreras en el forro en inversión 101 en la abertura de acceso de abajo. Se forma una lumbrera de paso 130 en el extremo distal invertido del forro 101 como se muestra en la FIG. 10 sin dejar que se desinflen el forro 101. Se fija en el agujero de hombre de admisión un manguito flexible 117 de realización de lumbreras como se muestra en las FIGS. 9(a) y 9(b). El manguito 17, que puede ser rígido para los diámetros más pequeños, incluye un accesorio de mamparo de exhaustación 118 y un accesorio de mamparo de purga de condensado 119. La FIG. 10 muestra un accesorio 110 en sección fijado al manguito 117 por medio de una brida 121 y de pernos 122. El manguito 117 es fijado en el extremo de admisión del conducto existente y el forro 101 es invertido a través del manguito y retenido ahí. En este momento se forman una lumbrera de exhaustación 130 y una lumbrera de condensado 163 en el accesorio de mamparo 118 y 119 instalando un manguito de accesorio 139 en el manguito 117 de realización de lumbreras usando el procedimiento que se perfila en conexión con las FIGS. 11 y 12.

60 **[0067]** Se forma la lumbrera de exhaustación 130 en el extremo distal siguiendo los pasos que se muestran en las FIGS. 11(a)-11(g). El manguito 117 de realización de lumbreras puede estar hecho de un tramo de material de forro

CIPP provisto de un segundo accesorio de mamparo 119 para formar una segunda lumbrera 163 para una purga de condensado 164 como se muestra en las FIGS. 14(a) y 14(b).

[0068] Se quita una tapa 138 y se instala una válvula esférica 171 en el manguito de accesorio 139. La válvula esférica 171 es cerrada con un acoplador 172 instalado en la misma. Una sierra hueca 173 con un vástago de perforación 174 es introducida en el acoplador 172 y una guía roscada 176 del vástago de la sierra hueca es fijada al extremo del acoplador 172. Se une una taladradora 177 al vástago 174. Se abre la válvula esférica 171 sobre la lumbrera 130 o 163 y se pone en marcha la taladradora 177 para cortar un orificio 130 y 163 mientras se mantiene la presión de aire en el forro 101. Una vez totalmente cortadas las lumbreras 130 y 163, se cierra la válvula esférica 171 y se quitan del accesorio 131 la taladradora 177 y la sierra hueca 173. Entonces se une el tubo flexible de exhaustación 61 al acoplador 172.

[0069] La lumbrera de condensado 163 puede hacerse siguiendo los mismos pasos que se han ilustrado en las FIGS. 11(a) a 11(g). Tras haber retirado la taladradora 177 se pone un prensa 181 del tubo de condensado en el acoplador 172 y se pone un tubo flexible de purga de condensado 182 en el prensa 182 para llegar al fondo del forro 101. Se aprieta el prensa 181 para impedir el movimiento del tubo flexible 182. Para los forros de menor diámetro las lumbreras de exhaustación y de condensado pueden hacerse usando una herramienta de realización de lumbreras como se muestra en las FIGS. 14(a) y 14(b).

[0070] Haciendo ahora referencia a la FIG. 13, se introduce vapor en el tubo flexible perforado 86 que se ha unido para iniciar el curado de la resina en el forro invertido 101 con los prensas 16 y 21 en la posición que se muestra en la FIG. 3. En un ejemplo de realización de la invención, el tubo flexible de tendido 86 es un tubo de termoplástico resistente a las altas temperaturas que tiene 4 pulgadas de diámetro y está provisto de orificios de un octavo de pulgada. El tamaño y el espaciamiento pueden variar en dependencia de la caldera y del diámetro y la longitud del forro. Los orificios se crean a intervalos de un pie a casi media pulgada de los bordes plegados en los bordes opuestos. La distancia a los bordes puede variar en dependencia del diámetro y de la longitud.

[0071] La disposición de los orificios que se ha descrito proporciona más vapor en el extremo proximal del forro 101 y asegura una buena mezcla incluso si se retuerce el tubo flexible 112. Esto también asegura que sea inyectado vapor al interior de todo condensado que se forme en la parte interior del tubo para curar la parte de la resina que en el forro queda cubierta por el charco de condensado. El vapor es aportado desde un tubo flexible de entrada de vapor que es regulado por un distribuidor de válvula. El flujo de vapor se ajusta para mantener una presión de curado de aproximadamente 0,211 a 0,422 kg/cm² (3 - 6 psi) (psi = libras por pulgada cuadrada) hasta haber quedado concluido el ciclo de curado.

[0072] En una típica instalación, los orificios en el tubo flexible de tendido 112 se hacen con un distanciamiento de aproximadamente un pie al ser un tubo flexible de cuatro pulgadas plegado y cortado en una configuración alternante a aproximadamente media pulgada de las partes superior e inferior del tubo plegado. Así, en cada sitio se forman dos orificios, con lo cual los dos orificios quedan formados en una configuración alternante. El tubo flexible de tendido 86 tiene un extremo distal cerrado y puede tener un tamaño de aproximadamente 5,08 a 20,32 cm (de 2 a 8 pulgadas) de diámetro. El diámetro de los orificios va de aproximadamente 0,318 a 1,27 cm (de 1/8 a 1/2 pulgadas), y es preferiblemente de entre poco más o menos 0,476 y 0,953 cm (3/16 y 3/8 pulgadas). En dependencia de la resina que en particular se seleccione, una que presente una alta exoterma durante el curado puede requerir tan sólo orificios más pequeños, puesto que se requiere menos vapor para consumir el curado. En algunos sistemas puede usarse más de un tubo flexible perforado de tendido.

[0073] Al mismo tiempo que se instala la lumbrera de exhaustación 130, se une un codo de vapor o un adaptador flexible de tendido 113 al extremo proximal del tubo flexible de tendido 112 encima de la abertura de entrada 13. El codo 113 y el tubo flexible de tendido 112 sobrante se bajan a través del primer prensa 16 y se unen a la lumbrera de aire/vapor 108 tapada. Como se muestra en la FIG. 13, entonces se cierra firmemente el primer prensa 16 y se conecta el tubo flexible de suministro de aire/vapor 109 a la lumbrera de entrada de vapor 108 en el forro 101 y se abre el segundo prensa 21. En este punto en el tiempo se introducen aire y vapor en la lumbrera de entrada de aire/vapor 108 y se aportan a través del tubo flexible perforado de tendido para iniciar el calentamiento del forro 101. Una vez detectado en el extremo distal un incremento de la temperatura de 1,67°C (3°F), se aplica sólo vapor para efectuar el curado. El vapor de exhaustación sale por un tubo flexible de exhaustación conectado a la lumbrera de exhaustación 130 en el extremo distal del forro 101.

[0074] El procedimiento de instalación es como se describe a continuación.

[0075] 1. Un forro CIPP empapado y provisto de un primer extremo seco es vuelto del revés y aportado a través de una abertura de entrada y sujetado a ganchos. El forro es posicionado a través de ambos prensas al interior de la entrada de agujero de hombre del conducto. Se une un tubo flexible de aire a la entrada de aire en la parte seca del forro.

- [0076]** 2. Se conecta un tubo flexible de suministro de aire de 5,08 cm (2") desde el extremo de exhaustación del distribuidor de aire/vapor hasta la entrada de aire en la unidad de inversión. Se conectan a un distribuidor de aire/vapor medidores de la presión y temperatura del aire (1ea).
- 5 **[0077]** 3. Se unen al otro extremo del forro CIPP un cabo de retención y un tubo flexible perforado de tendido.
- [0078]** 4. Se pone un adecuado lubricante sobre las capas de fieltro absorbentes a la entrada en el manguito de mejoramiento puesto en la parte seca del forro.
- 10 **[0079]** Entonces se sigue la secuencia de instalación como se describe en conexión con las FIGS. 4 a 8.
- [0080]** Como se muestra en las FIGS. 14(a) y 14(b), se pone en el agujero de hombre distante un molde de muestra de tubo rígido o de PVC de metal con un conjunto de tubo de exhaustación 161 con un molde 162 y tubo de acero 63, y se le alinea para admitir a un tubo en inversión. Al acercarse el tubo en inversión al agujero de hombre distante, se enlentece la inversión para permitir que el forro entre en el molde de muestra 162 y el tubo de acero 163. Se detiene la inversión cuando la extremidad anterior del forro en inversión ha pasado en aproximadamente un diámetro el extremo del molde de muestra 162.
- 15 **[0081]** Se desata el cabo de retención y se realizan lumbreras en el forro invertido introduciendo un tubo de acero 164 para la realización de lumbreras que está provisto de una punta perforadora 166 en el extremo inferior y de una válvula 167 en el extremo superior. Se pone en un punto del tubo 164 de realización de lumbreras una brida o junta tórica 168 para impedir que el tubo 164 perfora el lado opuesto del forro.
- 20 **[0082]** Un miembro del equipo que es el responsable de la realización de las lumbreras les notifica a los del extremo de inversión que se dispone a realizar las lumbreras en el forro invertido, para que estén preparados para ajustar el aire de alimentación para mantener la presión en el forro invertido una vez que se ha dotado al mismo de las lumbreras.
- 25 **[0083]** Una vez realizadas exitosamente las lumbreras en el forro, se cierra la válvula 167 del tubo de realización de lumbreras y se une a la válvula 167 del tubo de realización de lumbreras un tubo flexible de exhaustación con una válvula en el extremo distante. El control de la exhaustación se hace ahora en el extremo distante del tubo flexible de exhaustación.
- 30 **[0084]** Al haber sido concluida la inversión el control de la exhaustación está ahora en el extremo distante del tubo flexible de exhaustación. La válvula de exhaustación y el regulador de la entrada de aire se ajustan según sea necesario para mantener un buen flujo y la recomendada presión de calentamiento y curado. Las lumbreras de exhaustación y de condensado se instalan como se muestra en las FIGS. 11(a) a 11(h).
- 35 **[0085]** Se cierra la potencia de vaporización de la caldera y se une el tubo flexible de suministro de vapor al distribuidor de aire y vapor. Entonces se inicia el calentamiento. Se supervisa la temperatura de la cara interior en la posición de las 6 h en el agujero de hombre distante. La mezcla de aire y vapor para el calentamiento deberá estar a aproximadamente 82,22°C (180°F) y deberá seguir así hasta que haya un incremento de 1,67°C (3°F) en la zona interfacial en el agujero de hombre distante. Una vez concluido el calentamiento, la cantidad de aire en la mezcla de aire y vapor se reduce lentamente hasta cero y se mantiene el flujo de todo vapor a una temperatura de 107,22 a 115,56°C (de 225 a 240°F) a la presión de curado recomendada. Se continúa con el curado sólo con vapor por espacio de un periodo de tiempo de entre 1 y 4 horas según sea necesario en dependencia de la longitud y del espesor del forro, así como del entorno circundante.
- 40 **[0086]** Una vez concluido el ciclo de curado, se desconecta lentamente el vapor y simultáneamente se añade aire para mantener la presión de curado recomendada. Entonces se enfría el forro por espacio de 15 minutos como mínimo o bien hasta que la temperatura de la zona interfacial sea de 54,44°C (130°F) en el extremo distante, según lo que lleve más tiempo.
- 45 **[0087]** Entonces se cierra el suministro de vapor en la caldera. Cuando la presión del tubo flexible de suministro de la caldera llega a ser cero, se desconecta el tubo flexible de suministro de vapor. Una vez concluido el enfriamiento, se desconecta el compresor de aire y se le da salida a la presión en el tubo flexible de aire y se desconecta el tubo flexible de suministro de aire.
- 50 **[0088]** Llegados a este punto, se retiran los extremos del tubo forrado y se instalan de nuevo los servicios usando procedimientos estándar.
- 55 **[0089]** El forro flexible curado in situ es del tipo que es en general del dominio público en la técnica. Dicho forro está hecho de al menos una capa de un material flexible impregnable con resina, tal como una capa de fieltro que tenga una capa pelicular exterior de polímero impermeable. La capa de fieltro y la capa pelicular se cosen a lo largo de una línea de costura para así formar un forro tubular. Una película de termoplástico compatible realizada en forma de una cinta o
- 60

de material extrusionado se pone o se extrusiona sobre la línea de costura a fin de asegurar la impermeabilidad del forro.

[0090] Para mayores diámetros de forro, pueden usarse varias capas de material de fieltro. Las capas de fieltro pueden ser de materiales flexibles naturales o sintéticos susceptibles de absorber resina, tales como fibras acrílicas o de poliéster. La capa exterior hecha de una película impermeable puede ser una adecuada poliolefina, tal como polipropileno u otro polímero de altas prestaciones que pueda resistir las temperaturas del vapor, como los que son perfectamente conocidos en la técnica. En el paso inicial en todas las instalaciones de rehabilitación sin apertura de zanjas, la canalización existente se prepara mediante limpieza y grabación de video en cinta.

[0091] Antes de comenzar la instalación de acuerdo con el método según la invención, se impregna con una resina termoendurente curable el fieltro de un forro mediante un procedimiento llamado "empapamiento". El procedimiento de empapamiento generalmente supone inyectar resina al interior de la capa de fieltro a través del extremo o de una abertura formada en la capa de película impermeable, crear un vacío y pasar el forro impregnado por rodillos de apriete como es perfectamente sabido en la técnica del revestimiento. Un procedimiento de este tipo para la realización de esta impregnación bajo vacío está descrito en la Patente N° 4.366.012 de Insituform. Pueden usarse las de una amplia variedad de resinas, tales como poliéster, ésteres vinílicos, resinas epoxi y resinas similares, que pueden modificarse como se desee. Es preferible utilizar una resina que sea relativamente estable a temperatura ambiente pero se cure fácilmente al ser calentada.

[0092] La instalación de forros de tubería curados in situ (CIPP) con inversión por aire y curado con vapor que aquí se describe es un método eficiente y rentable para instalar y curar forros de mediano a gran diámetro de 45,72 a 213,36 cm (de 18" a 84"). El uso de vapor para efectuar el curado sin desinflar el forro invertido requiere procedimientos que se diferencian en gran medida del más típico curado con agua caliente de estos forros CIPP del mismo diámetro. El uso del curado con vapor para forros CIPP de mediano y gran diámetro también requiere una tecnología distinta de la que se usa para el curado con vapor de forros CIPP de pequeño diámetro de 15,24 a 38,1 cm (de 6" a 15").

[0093] Si se le usa correctamente, el del curado con vapor es un método de curado que es mucho más compatible con la conservación del medio ambiente en comparación con el curado con agua por cuanto que en el mismo se usa tan sólo aproximadamente un 5% del agua y entre aproximadamente un 15 y un 30% de la energía que se usaría en un curado con agua caliente. Los anteriores intentos de extender el uso del curado con vapor de forros CIPP a diámetros de 45,78 cm (18") y más han redundado a menudo en un curado incompleto de la parte inferior del forro CIPP instalado. Los intentos de superar este problema de curado usando grandes volúmenes de vapor y/o vapor y aire han sido tan sólo marginalmente exitosos. Por añadidura, la introducción de grandes volúmenes de vapor tiende a prolongar el tiempo de ciclo de curado y a incrementar el gasto de energía. Incluso con el prolongado ciclo de curado y con la energía adicional, es difícil lograr un curado efectivo en ciertas condiciones in situ. Se cree que esto ha venido siendo debido a la estratificación térmica y a la presencia de zonas de condensación que se reúne en las partes bajas del tubo y del forro que se somete al curado. El condensado reunido hace de aislamiento e impide la transferencia de calor al laminado de resina desde la capa de vapor de encima.

[0094] El curado con agua caliente de forros CIPP de mediano a gran diámetro requiere entre aproximadamente 3489 y 5815 kJ/kg (1500 y 2500 BTUs por libra) de resina curada. Por contraste, los forros de pequeño diámetro curados con vapor de 15,24 a 30,48 cm (de 6" a 12") requieren una cantidad de energía de aproximadamente 1628,2 a 2326 kJ/kg (de 700 a 1000 BTUs por libra) de resina curada.

[0095] Los métodos que se han descrito logran consistentemente un completo curado in situ con una cantidad de energía de aproximadamente 697,8 a 1163 kJ/kg (de 300 a 500 BTUs por libra) de resina incluso cuando estén presentes en el fondo del forro CIPP zonas de condensado encharcado. Esto es posible debido al uso de un método de inyección de vapor que controla los puntos de inyección de vapor para eliminar la estratificación térmica y el desfavorable efecto que es ejercido en el curado por el condensado encharcado. El método también controla la cantidad de inyección de vapor y la ubicación de la misma a todo lo largo del forro CIPP para así maximizar la transferencia de calor de cada libra de vapor al laminado de fieltro y resina antes de que por el extremo distante del forro CIPP se le dé salida al vapor en forma de condensado o de vapor de agua.

[0096] Como aquí se ha descrito, se inyecta vapor al interior de un tubo flexible de extremo cerrado que está situado en la parte invertida del forro CIPP expandido. Se prevén una o varias aberturas independientes de exhaustación con válvula de control para controlar la exhaustación de vapor de agua y condensado por el extremo distal del forro CIPP. El tubo flexible contiene una serie de orificios cuyo tamaño y espaciamiento son los apropiados para el tamaño, el espesor y la longitud de la instalación a todo lo largo del tubo flexible. La situación de los orificios en torno a la circunferencia del tubo flexible se diseña de forma tal que independientemente de la orientación del tubo flexible durante su colocación en el forro CIPP los de una serie de orificios a lo largo del tubo flexible estén dirigidos hacia el fondo del forro CIPP. Esto crea una continua inyección de vapor al interior de todo condensado encharcado dentro de todo el ciclo de curado. El vapor que es inyectado al interior del condensado calienta al condensado hasta una temperatura superior a la necesaria para asegurar el curado.

5 **[0097]** El extremo cerrado del tubo flexible de inyección de vapor permite que la presión interior del tubo flexible de inyección sea más alta que la presión interior de curado del forro CIPP. Al desplazarse el vapor inyectado a lo largo del tubo flexible, es obligado a salir por los orificios y forma así una capa de vapor dentro del forro CIPP. La diferencia entre la presión interna del tubo flexible de inyección de vapor y la presión interna del forro CIPP disminuye a medida que el vapor se aleja del extremo de inyección del tubo flexible de inyección de vapor. Por consiguiente, el volumen de vapor inyectado desde cada orificio disminuye a lo largo del tubo flexible de inyección de vapor.

10 **[0098]** Esto logra tres cosas:
1. Un incremento del tiempo de permanencia durante el cual la mayor parte del vapor está disponible dentro del forro CIPP para maximizar la transferencia de energía al laminado de fieltro y resina.
2. Se añade continuamente energía adicional a la capa de vapor al desplazarse la misma hacia el extremo de exhaustación del forro CIPP, manteniéndose así más alta la tasa de transferencia de energía.
15 3. La inyección de vapor al interior de la capa de vapor también ocasiona turbulencia, lo cual elimina la estratificación térmica e incrementa la transferencia de energía.

20 **[0099]** El conocer las propiedades físicas del forro CIPP (diámetro, longitud, espesor, resina y sistema catalizador) y la potencia de vaporización de la caldera que está disponible en BTUs por hora permite el ajuste del tamaño de los orificios para que la potencia de vaporización de la caldera en libras de vapor por hora case con el recomendado tiempo de ciclo de curado.

25 **[0100]** Puede verse fácilmente que el procedimiento según la invención permite fácilmente lograr la ventaja de efectuar el curado de un forro de resina con vapor que circula a través del mismo. Al poner en práctica el procedimiento, un elemento tubular puede ser fácilmente invertido a través de una canalización existente. Al preverse un aparato que tiene dos prensas rígidas, ello permite que un forro en inversión sea instalado con una correa de retención y un tubo flexible de tendido. El uso de dispositivos de ajuste de la separación para mantener la separación en el segundo prensa permite aplicar una creciente presión de eversión a todo el perfil del forro sin incrementar la presión del prensa en el forro en inversión. Entonces se pasa vapor al interior del forro invertido para aprovechar la más alta energía que está disponible en el vapor y que acorta significativamente el ciclo de curado en comparación con el curado con agua caliente.
30

REIVINDICACIONES

1. Método para invertir un forro impregnado con resina y curado in situ (101) al interior de un conducto existente con un aparato de instalación (11) que tiene una abertura (13) y un primer prensa (16) y un segundo prensa (21) que está más abajo y distanciado del primer prensa y más abajo de la abertura; **caracterizado por** los pasos de: sujetar el extremo anterior del forro (101) a la abertura (13) del aparato más arriba del primer prensa (16); invertir el forro a través del aparato pasando al menos un prensa; instalar una lumbrera (108) de entrada de fluido en la parte invertida del forro (102a, 102b) más abajo del prensa que es al menos uno;
 - 5 10 instalar en el forro invertido una segunda lumbrera (106) de entrada de fluido posicionada más abajo del segundo prensa (21) con la primera lumbrera de entrada (108) posicionada entre los dos prensas (16, 21) del aparato;
 - 15 cerrar uno de los prensas (16, 21) con la lumbrera de entrada de fluido en el lado de más abajo del mismo;
 - 20 introducir un fluido de inversión a presión en la parte invertida del forro a través de la lumbrera de entrada de fluido;
 - 25 y
 - 30 dejar que el forro se invierta en respuesta al fluido introducido por la lumbrera de entrada de fluido.
2. El método de la reivindicación 1, en donde la lumbrera de entrada (108, 106) se instala antes de sujetar el forro al aparato.
3. El método de la reivindicación 1, en donde una parte del forro (102a, 102b) puesta en el aparato es invertida antes de ser sujeta al aparato y de ser puesta en el mismo.
4. El método de la reivindicación 1, **caracterizado además por** los pasos de:
 - 25 30 cerrar el segundo prensa (21) para coger y cerrar herméticamente la parte invertida del forro (102a, 102b);
 - 35 introducir fluido de curado por la segunda lumbrera (108) en el forro para curar la resina; y enfriar el forro curado.
5. El método de la reivindicación 4, que incluye los pasos de:
 - 30 35 unir una correa de retención (111) al extremo del forro en inversión y cuando el comienzo de la correa de retención está entre los prensas (16, 21), cerrar el primer prensa (16) y abrir el segundo prensa (21) para permitir que la correa (111) pase a su través; y
 - 40 al haber quedado concluida la inversión, introducir fluido de curado por una de las lumbreras de entrada (106, 108).
6. El método de la reivindicación 5, **caracterizado además por** el paso de:
 - 40 45 unir un tubo flexible de tendido (112) al extremo distal del forro con la correa de retención (111).
7. El método de la reivindicación 6, en donde el tubo flexible de tendido (112) está cerrado en el extremo distal unido al forro.
8. El método de la reivindicación 6, **caracterizado además por** los pasos de:
 - 45 50 unir el tubo flexible de tendido a la primera lumbrera de entrada (108);
 - 55 cerrar el primer prensa (16) y abrir el segundo prensa (21) y continuar con la inversión hasta que el tubo flexible de tendido (112) descanse en el fondo del forro.
9. El método de la reivindicación 8, en donde la operación de unir el tubo flexible de tendido a la lumbrera de entrada incluye los pasos de:
 - 50 55 cortar el tubo flexible de tendido (112) más arriba del primer prensa (16);
 - 60 unir un extremo de un codo (113) al extremo cortado del tubo flexible de tendido (112); y
 - 65 unir el otro extremo del codo (113) a la primera lumbrera de entrada (108).
10. El método de la reivindicación 8, en donde la operación de unir el tubo flexible de tendido a la lumbrera de entrada incluye los pasos de:
 - 55 60 cortar el tubo flexible de tendido (112) más arriba del primer prensa (16);
 - 65 pasar el extremo cortado del tubo flexible de tendido (112) por la primera lumbrera de entrada (108);
 - 70 introducir un manguito tubular rígido doblable con un extremo abocinado en el extremo cortado del tubo flexible de tendido;
 - 75 atar el tubo flexible de tendido (112) a la parte tubular del manguito; e
 - 80 introducir el tubo flexible de tendido (112) y la parte tubular del manguito en la lumbrera de entrada (108);
 - 85 con lo cual el extremo del tubo flexible de tendido (112) queda cogido entre la parte abocinada del manguito y la lumbrera de entrada (108) y se impide que el tubo flexible de tendido (112) se retuerza al formar el manguito una curvatura gradual hacia el segundo prensa (21).

11. El método de la reivindicación 6, en donde el tubo flexible de tendido (112) es perforado a lo largo del mismo para distribuir fluido de curado a lo largo del interior del forro invertido.
- 5 12. El método de la reivindicación 6, que incluye los pasos de cerrar el primer prensa (16) tras haber pasado a su través la conexión del tubo flexible de tendido (112) y de la correa de retención (111) y abrir el segundo prensa (21) para permitir que pase la conexión, y continuar para invertir el forro.
- 10 13. El método de la reivindicación 1, que incluye el paso de realizar lumbreras en el extremo de abajo del forro invertido tras haber sido concluida la inversión, sin permitir que se desinflen el forro invertido.
14. El método de la reivindicación 4, en donde el fluido de inversión es aire y el fluido de curado es vapor.
- 15 15. Aparato (11) de inversión por aire y curado con vapor que es para instalar un forro de tubería impregnado con resina y curado in situ (101) y tiene un armazón rígido (12) con una abertura (13) para pasar el forro (101) a su través y prensas primero y segundo montados en el armazón más abajo de la abertura; **caracterizado por** medios (17) para sujetar una parte invertida del forro en la abertura; teniendo cada prensa (16, 21) al menos un elemento de prensa rígido selectivamente desplazable (18, 23) para ajustar la separación del prensa para coger el forro invertido que se pasa a su través.
- 20 16. El aparato de la reivindicación 15, **caracterizado además por** motores (19, 24) acoplados a los elementos desplazables para ajustar la separación entre los elementos de las prensas.
- 25 17. El aparato de la reivindicación 15, que incluye al menos un motor (19, 24) montado en el armazón (12) y acoplado a los elementos móviles (18, 23) de las prensas.
- 30 18. El aparato de la reivindicación 16, que comprende además un motor (19, 24) montado en el armazón (12) en el extremo de cada elemento desplazable de las prensas (16, 21).
- 35 19. El aparato de la reivindicación 16, en donde los motores (19, 24) son cilindros neumáticos montados en el armazón rígido (12).
- 40 20. El aparato de la reivindicación 15, en donde los elementos móviles (18, 23) de las prensas son desplazados sobre apoyos lineales de guía montados en el armazón.
- 45 21. El aparato de la reivindicación 15, en donde la separación entre los elementos (22, 23) del segundo prensa (21) se fija a un mínimo por medio de un dispositivo de ajuste de la separación para así limitar el desplazamiento de los elementos móviles (18, 23).
- 50 22. El aparato de la reivindicación 21, en donde el dispositivo de ajuste de la separación es al menos un espaciador de un tamaño deseado que se pone en los apoyos de guía (21a) entre los elementos (22, 23) del prensa.
23. El aparato de la reivindicación 21, en donde el dispositivo de ajuste de la separación es un perno de ajuste que se ajusta para limitar el desplazamiento del elemento desplazable (23) del prensa.
24. El aparato de la reivindicación 15, **caracterizado además por** una pluralidad de ganchos (14) montados en el armazón (12) más arriba del primer prensa para montar el forro (101) a invertir.
25. El aparato de la reivindicación 15, en donde los elementos (17, 18, 22, 23) de las prensas son barras metálicas rígidas.
26. El aparato de la reivindicación 15, en donde los elementos (17, 18, 22, 23) de las prensas son tubos metálicos.

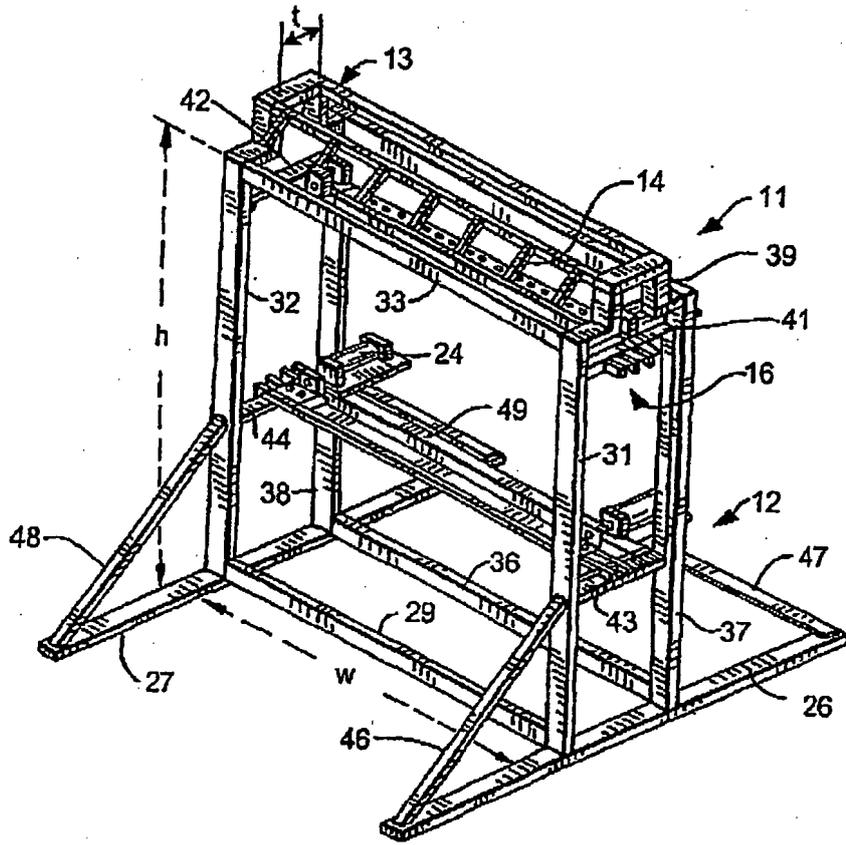


FIG. 1

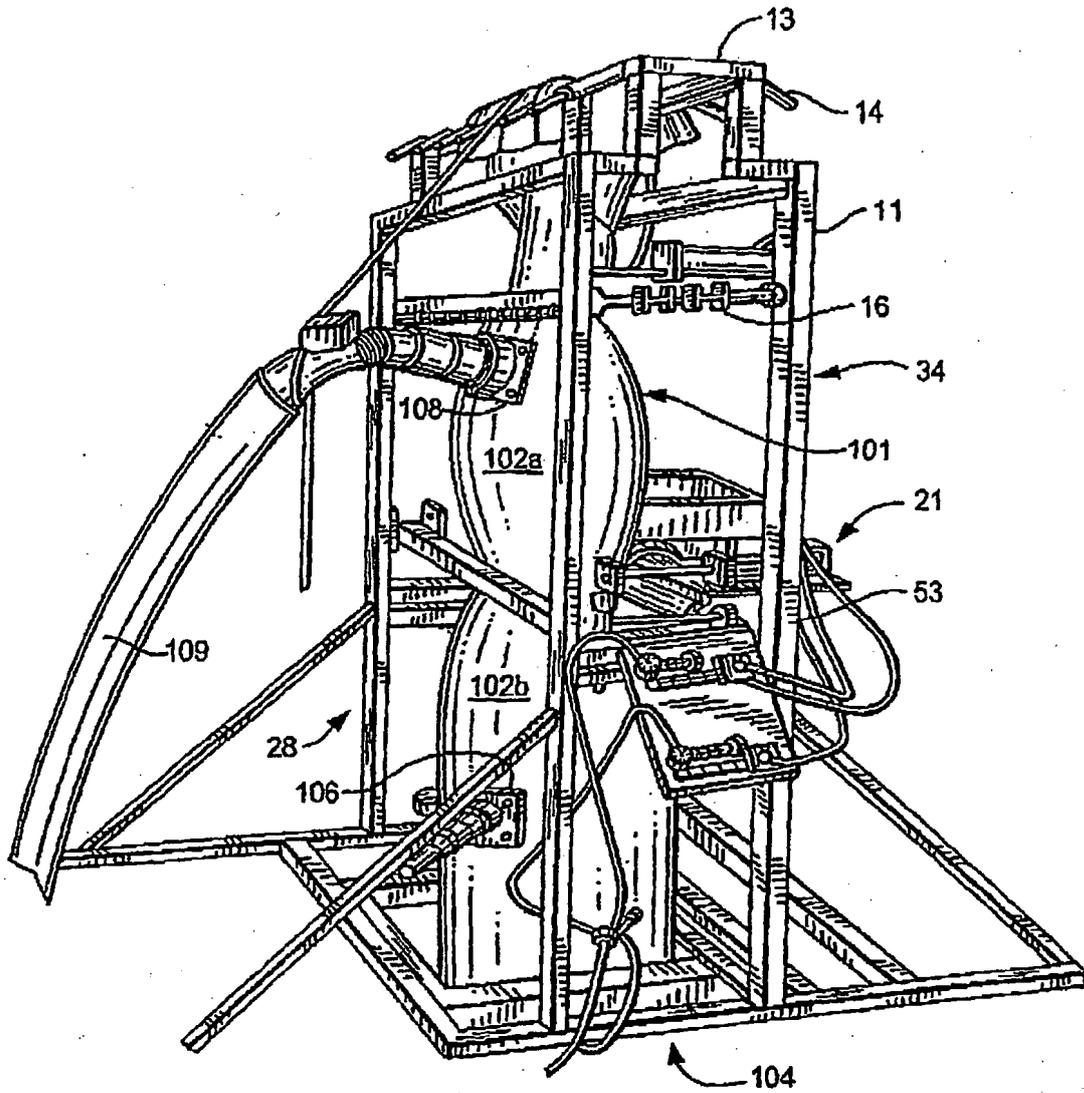


FIG. 3

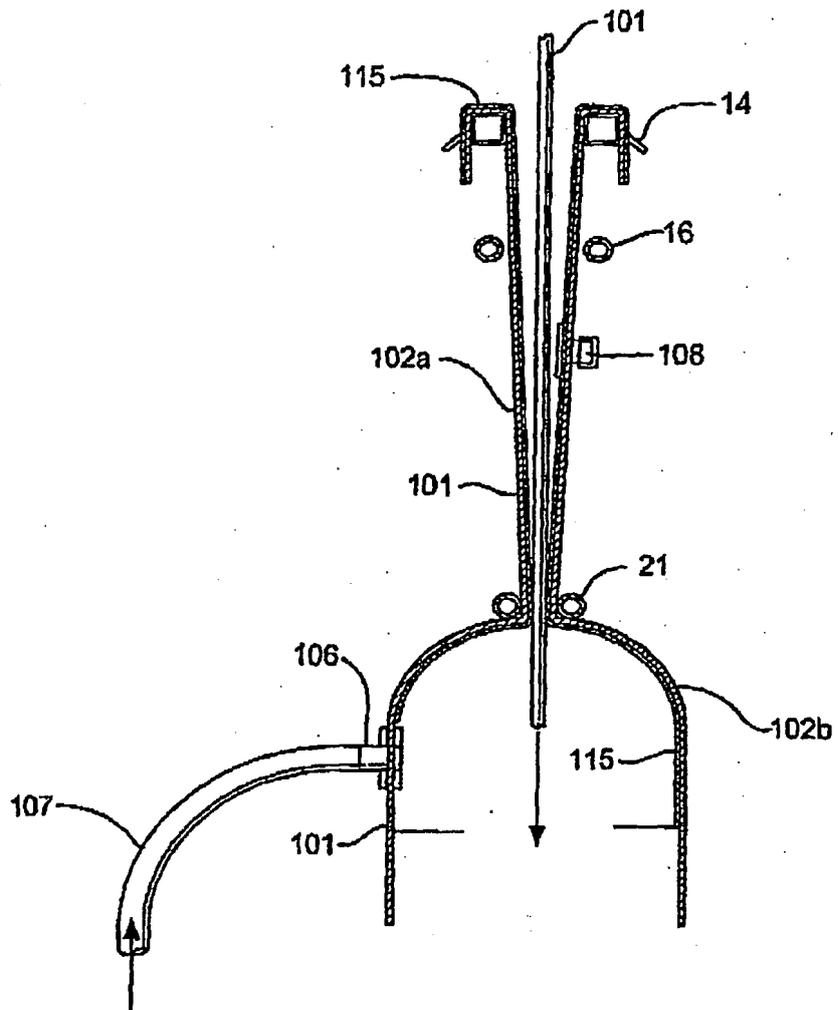


FIG. 4

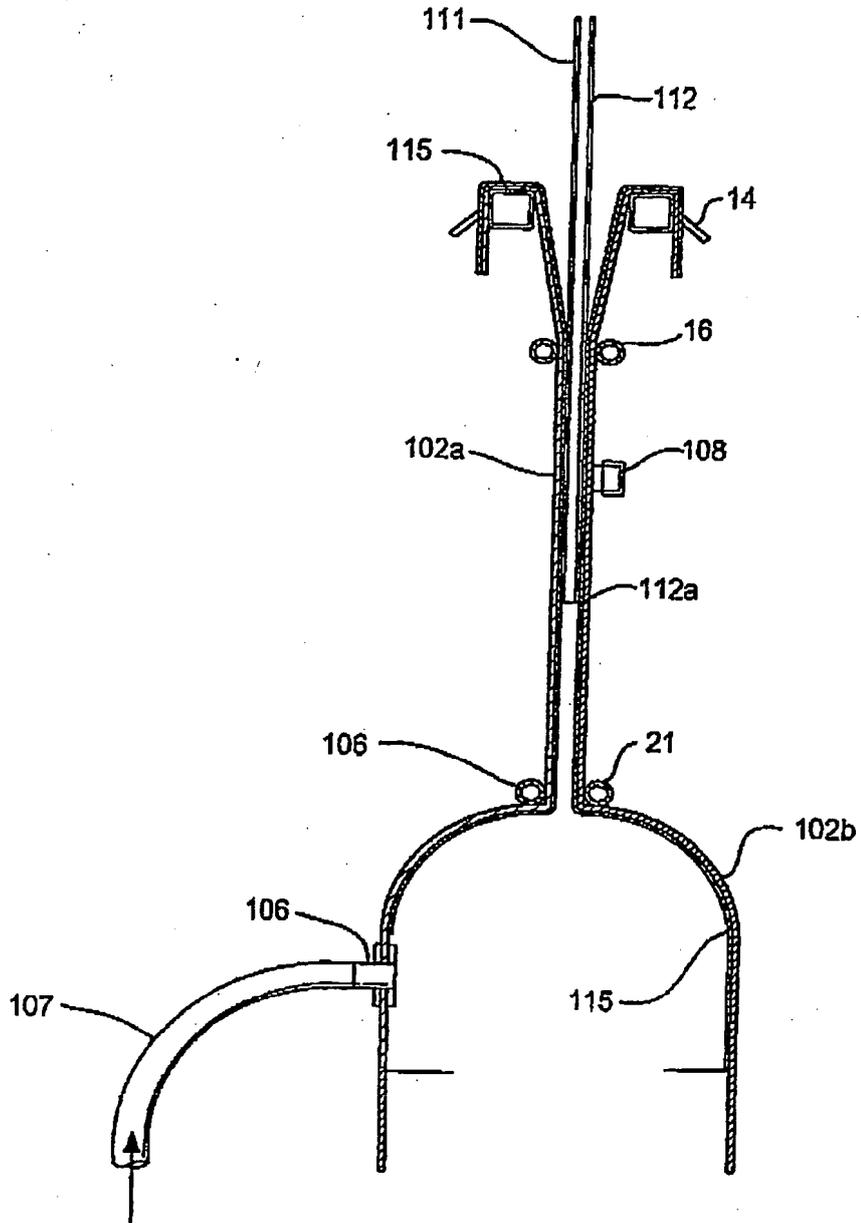


FIG. 5

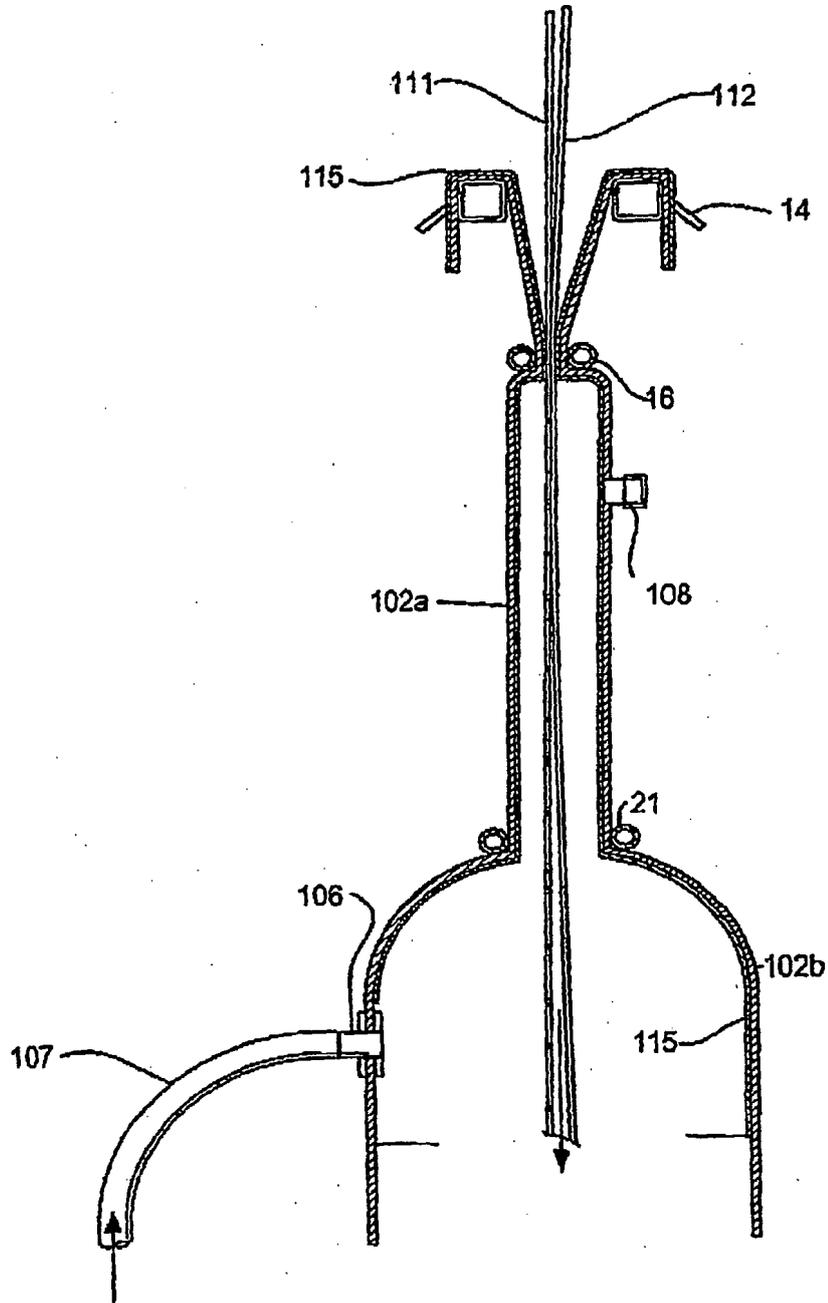


FIG. 6

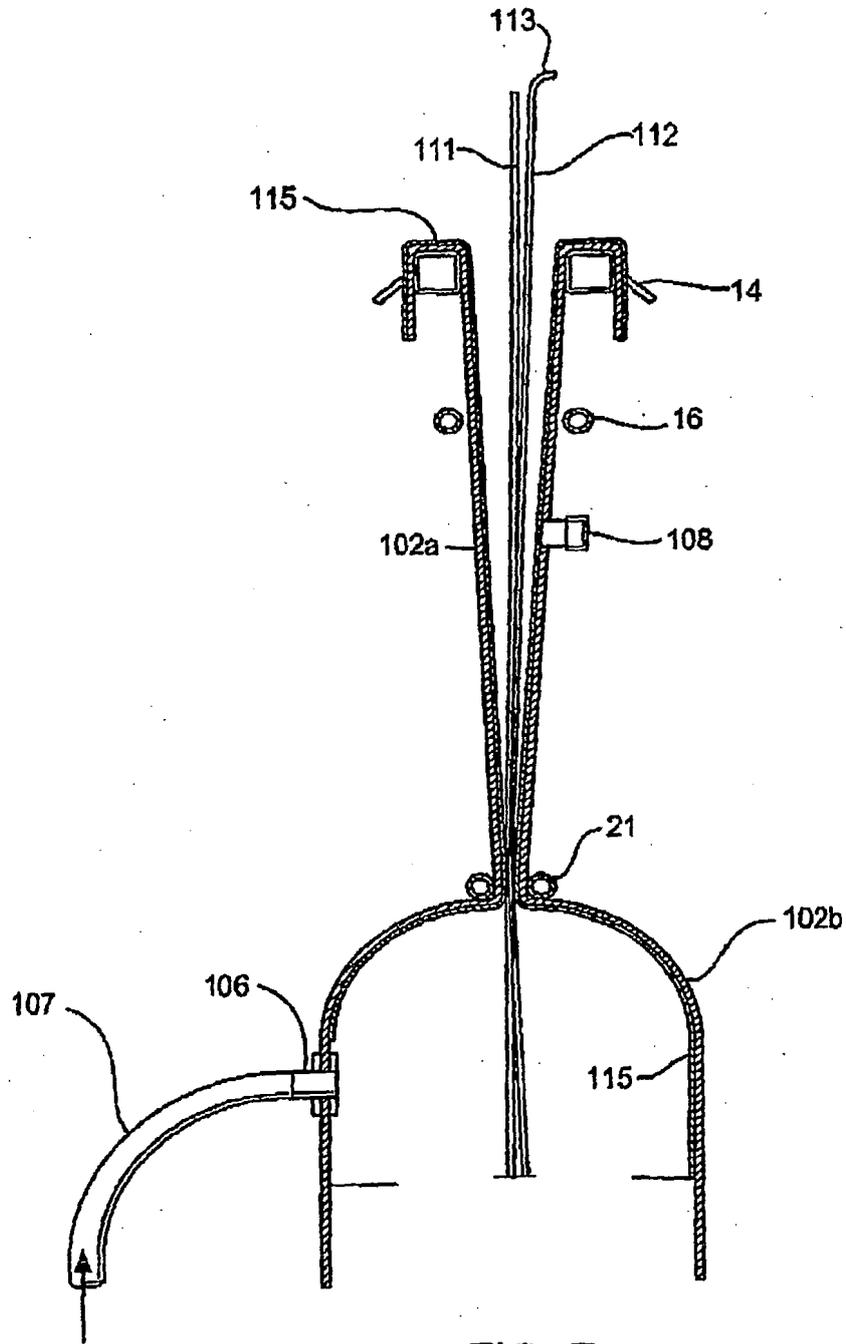


FIG. 7

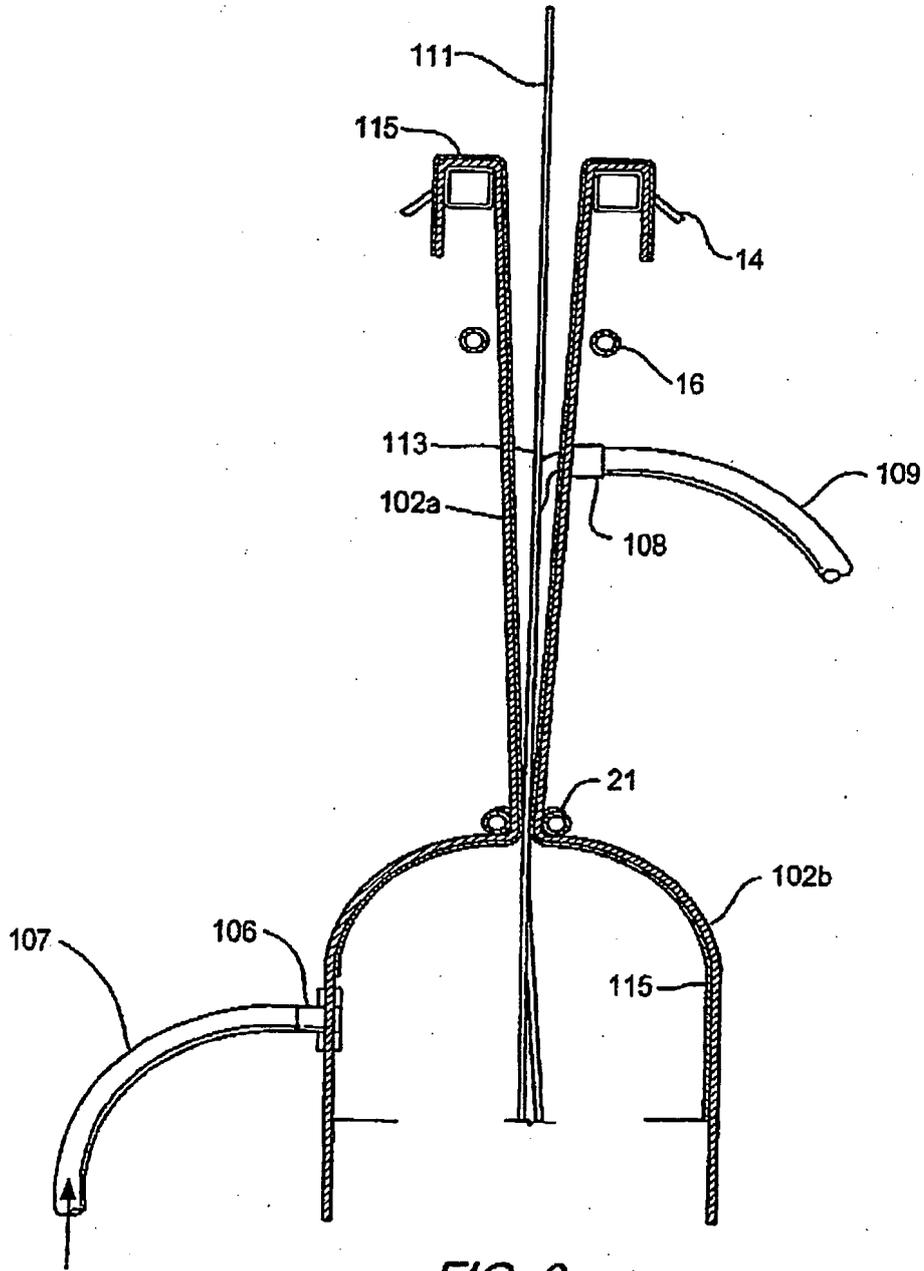


FIG. 8

FIG. 9(a)

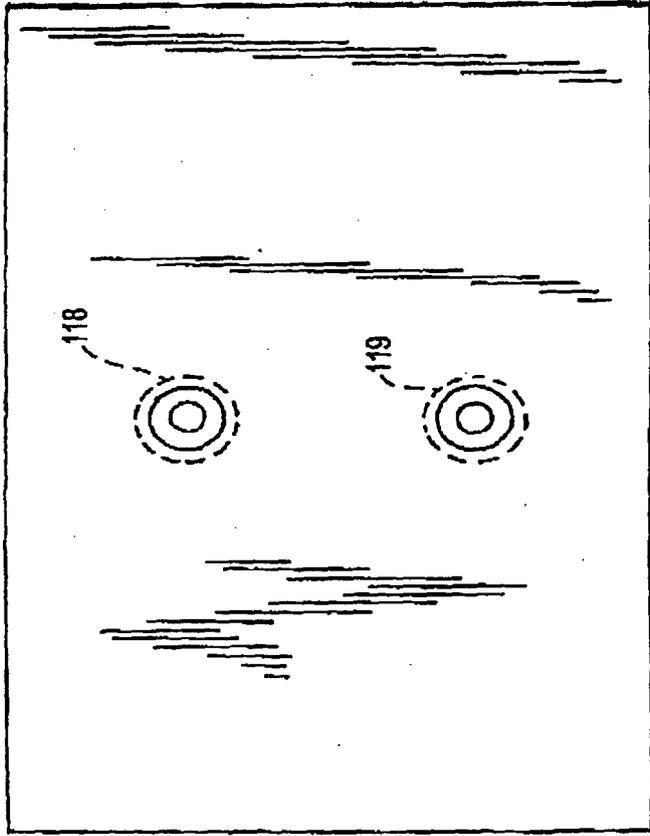
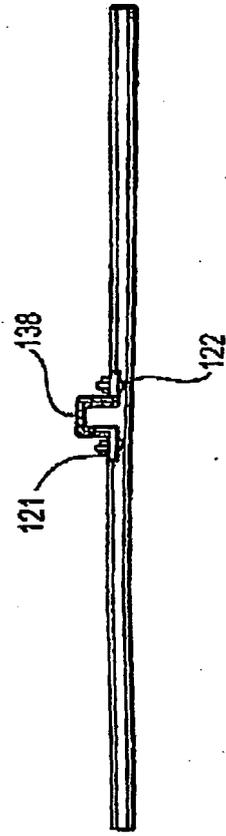
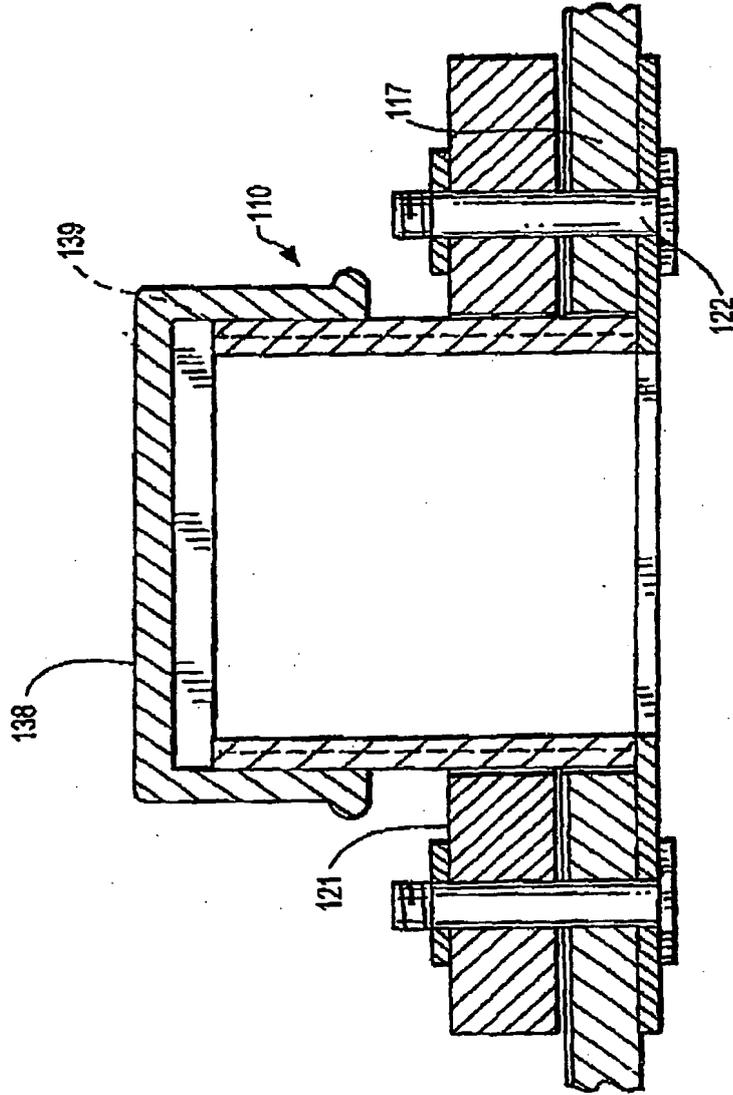


FIG. 9(b)





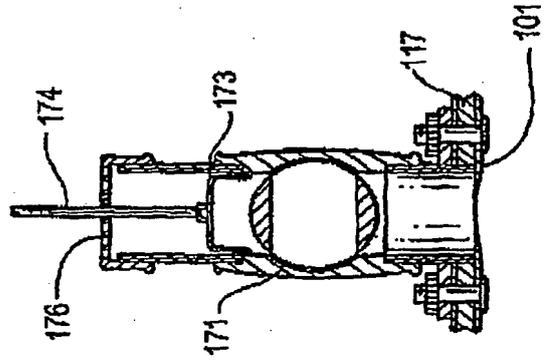


FIG. 11(b)

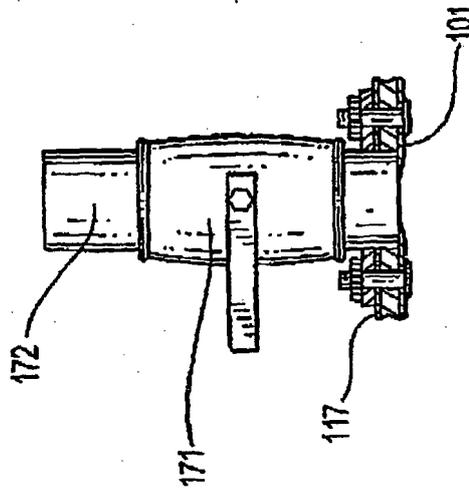
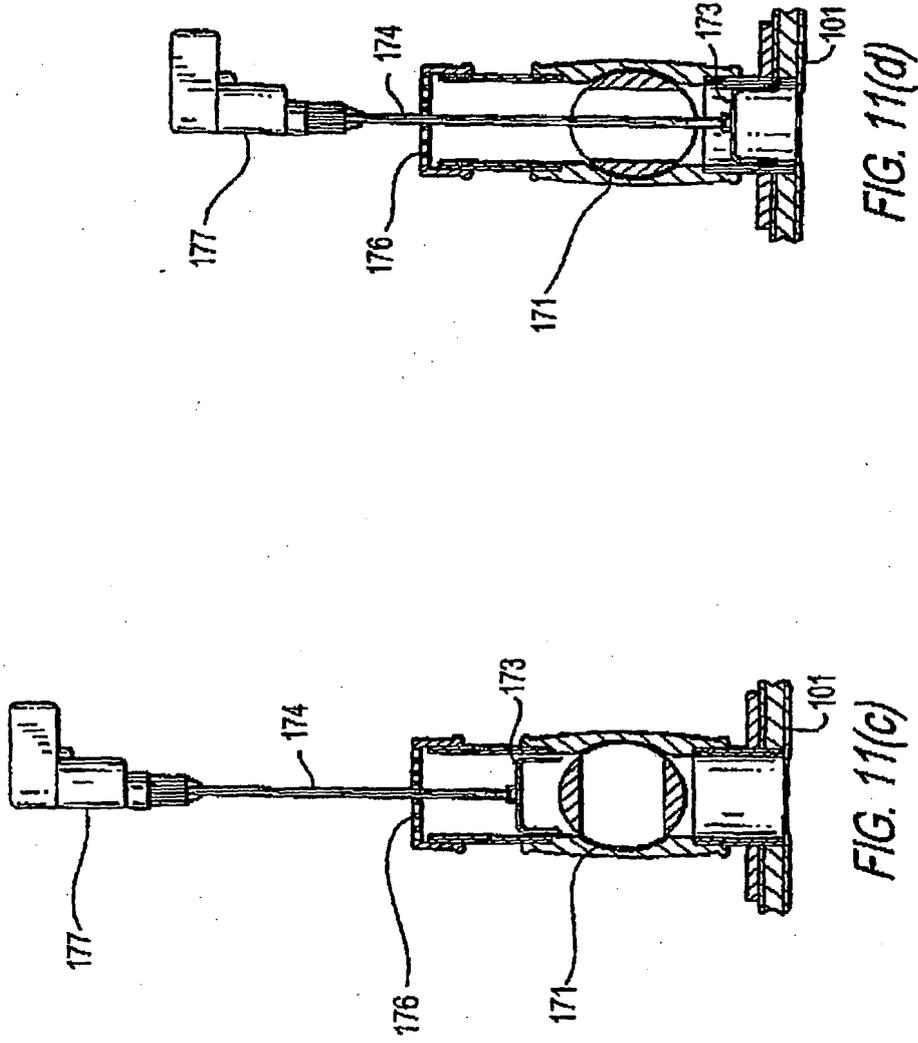


FIG. 11(a)



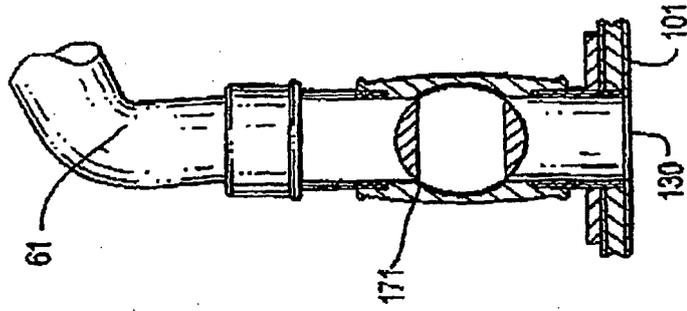


FIG. 11(g)

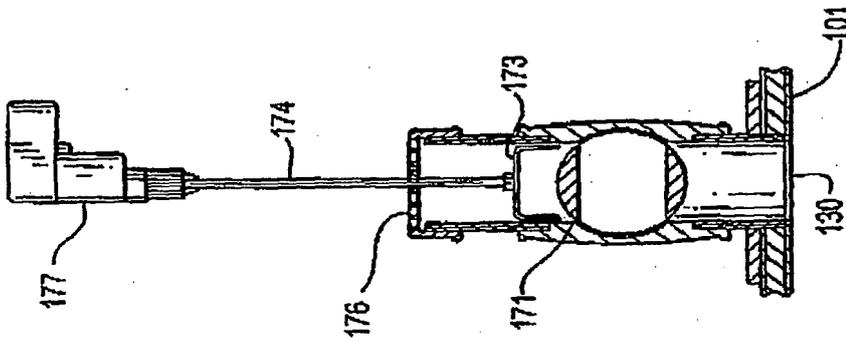


FIG. 11(f)

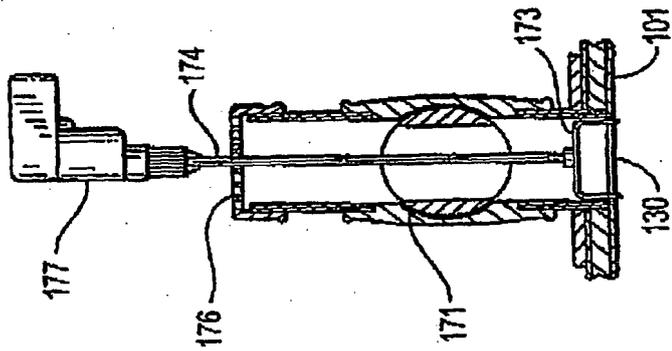


FIG. 11(e)

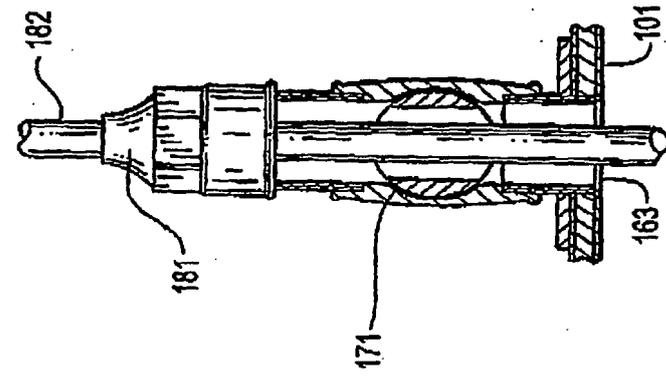


FIG. 12(b)

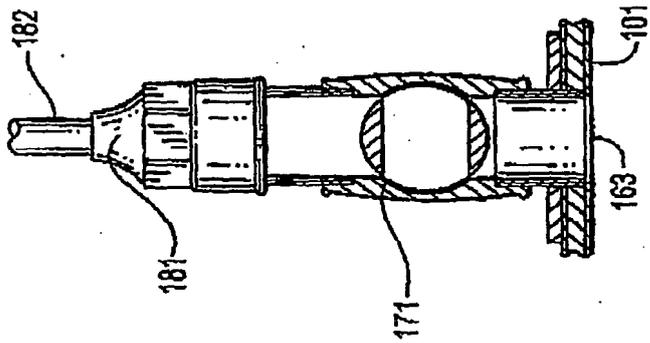


FIG. 12(a)

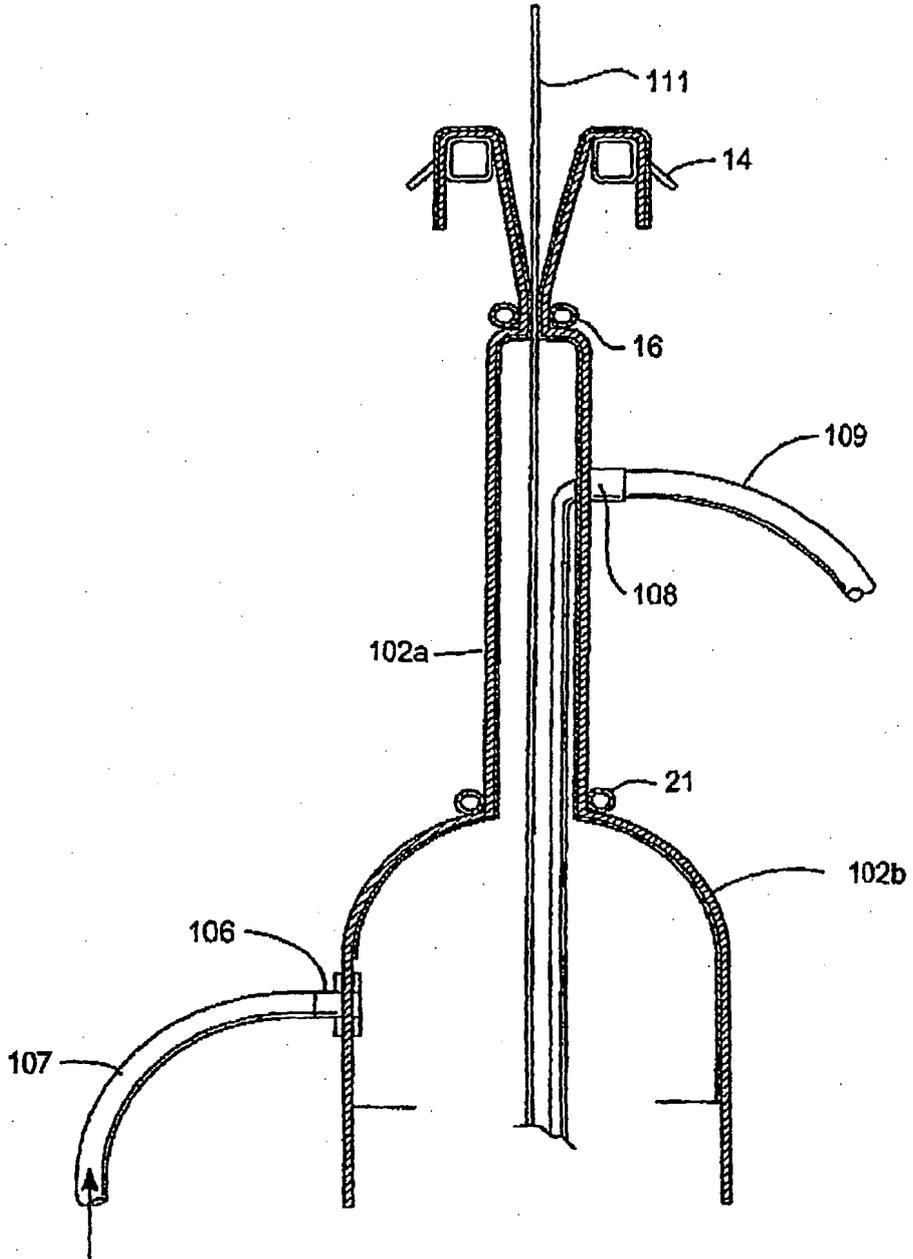


FIG. 13

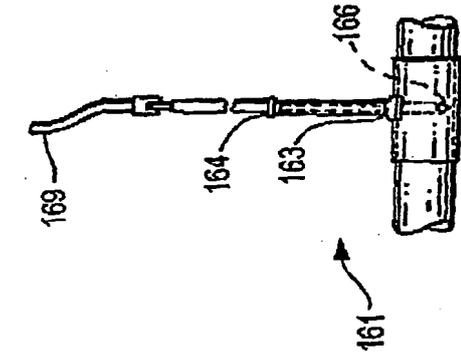


FIG. 14(a)

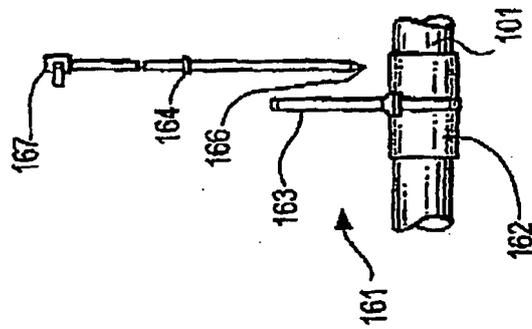


FIG. 14(b)