

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 520 643**

51 Int. Cl.:

F28D 15/02 (2006.01)

B01D 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2011 E 11718763 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.08.2014 EP 2556323**

54 Título: **Un procedimiento y un aparato de construcción de una tubería de calor**

30 Prioridad:

08.04.2010 GB 201005861

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

11.11.2014

73 Titular/es:

**S & P COIL PRODUCTS LTD (100.0%)
SPC House Evington Valley Road
Leicester LE5 5LU, GB**

72 Inventor/es:

**JOUHARA, HUSSAM y
MESKIMMON, RICHARD, IAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 520 643 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

Un procedimiento y un aparato de construcción de una tubería de calor

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de construcción de una tubería de calor y a un aparato de fabricación de una tubería de calor de este tipo. El documento US 2006/000581 desvela un procedimiento y un aparato como se define en los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 8. Las tuberías de calor son un medio eficaz para transferir calor desde una ubicación a otra.

10 Una tubería de calor convencional comprende un tubo hueco sellado formado a partir de un material que tiene una alta conductividad térmica, tal como cobre o una aleación de aluminio, y parcialmente lleno con un fluido de trabajo. La tubería de calor opera por medio del fluido de trabajo que se mantiene en sus estados líquido y vapor en su punto de saturación en aire en reposo. Esto se consigue asegurando que la tubería de calor funcione a las condiciones de presión y temperatura apropiadas.

15 La aplicación de calor a un extremo de la tubería de calor hace que el líquido hierva y entre en el estado de vapor. Al hacerlo, el líquido adquiere su calor latente de vaporización. El vapor formado en el extremo caliente está a una presión más alta que la del vapor en el extremo frío de la tubería, y se mueve a lo largo de la tubería hasta la ubicación más fría donde se condensa y cede su calor latente de vaporización. El líquido condensado fluye después de vuelta al extremo caliente de la tubería de calor. Por lo tanto, el calor se transfiere desde una sección de evaporación caliente a una sección de condensación fría.

20 El flujo del fluido de trabajo condensado del extremo frío al extremo caliente se produce normalmente bajo la influencia de la gravedad. Esto requiere que la tubería de calor se oriente generalmente de tal manera que el extremo frío esté a un nivel sustancialmente más alto que el extremo caliente.

Sin embargo, una estructura de mecha interior opcional se utiliza a menudo para ayudar al retorno del fluido condensado del extremo frío de nuevo al extremo caliente de la tubería de calor, por acción capilar. El uso de una estructura de mecha hace posible que la tubería de calor se oriente de tal modo que el extremo frío está ya sea a nivel o más alto que el extremo caliente.

25 Las tuberías de calor sin mecha que dependen del retorno por gravedad son capaces de transferir tasas mucho más altas de fluidos que las tuberías de calor con mecha. También son significativamente más simples y menos costosos de fabricar. La elección del fluido de trabajo viene dictada en gran medida por las condiciones de temperatura bajo las que la tubería de calor se tiene que operar. Por ejemplo, las aplicaciones de muy baja temperatura pueden emplear helio líquido, mientras que para temperaturas muy altas, se pueden elegir fluidos tales como mercurio o sodio. Sin embargo, para la mayoría de aplicaciones de tuberías de calor convencionales, el fluido de trabajo será refrigerante, amoníaco, alcohol o agua.

30

El agua se prefiere a menudo como un fluido de trabajo, ya que es ecológicamente responsable y, generalmente, presenta pocos peligros. También tiene propiedades térmicas más atractivas que los fluidos competitivos, permitiendo que cada caudal másico unitario transfiera más calor.

35 Una tubería de calor convencional se fabrica mediante la formación de un tubo en una configuración deseada, tal como una tubería recta o un bucle, y el sellado de un extremo. La tubería se llena después con un volumen predeterminado de fluido de trabajo.

40 Una vez que la tubería de calor se ha llenado parcialmente con el fluido de trabajo, es necesario purgar de la tubería todos los gases no condensables. Si no se extraen estos gases no condensables, los mismos se acumulan en la parte superior de la tubería de calor y pueden causar corrosión en combinación con el fluido de trabajo. Esto tiene el efecto de reducir la longitud efectiva de la tubería de calor dado que los gases no condensables bloquean el extremo superior de la tubería de calor, y reducen el área superficial de la sección del condensador y la velocidad a la que los vapores se pueden condensar. En consecuencia, se reduce la eficacia de la tubería de calor.

45 Una técnica para extraer todos los gases no condensables desde una tubería de calor cargada es calentar el conjunto hasta que el fluido de trabajo hierva. El vapor resultante purga los gases no condensables de la tubería de calor, punto en el que la tubería de calor está cerrada y sellada.

50 Aunque esta técnica se puede aplicar fácilmente a conjuntos de tuberías de calor de tamaños pequeño a mediano, que se pueden calentar fácilmente de forma individual, no es práctico para conjuntos de tuberías de calor grandes o con forma irregular. La técnica no es capaz de extraer todos los gases no condensables de la tubería dado que nunca se puede lograr una purga completa.

En la técnica descrita anteriormente, la tubería de calor se llena de un fluido de trabajo antes de que se purgue para extraer los gases no condensables.

En otra técnica conocida, una tubería de calor se evacúa inicialmente utilizando una bomba conectada a la tubería de calor por medio de, por ejemplo, una válvula. Después de la evacuación por la bomba, la bomba se cierra desde

5 la tubería de calor por medio de la válvula. El fluido de trabajo se inyecta después en la tubería de calor. Sin embargo, es posible inyectar el fluido de trabajo en la tubería de calor solo rompiendo el vacío creado en la tubería de calor con el fin de cargar el fluido de trabajo. Además, dado que la etapa de purga se realiza antes de que el fluido de trabajo se inyecte en la tubería de calor, no se extraen los gases no condensables contenidos en el fluido de trabajo.

Esta técnica, que se conoce comúnmente como el procedimiento Faghri es, por tanto, incapaz de extraer completamente todos los gases no condensables.

10 Los procedimientos y técnicas convencionales para producir y llenar tuberías de calor no pueden, por tanto, extraer todos los gases no condensables, particularmente para tuberías de calor que son grandes o tienen una configuración compleja o irregular.

15 Para muchos fluidos de trabajo, la presencia de gases no condensables es aceptable para ciertas aplicaciones, particularmente si el fluido de trabajo opera a presiones positivas. Sin embargo, cuando se utiliza agua como fluido de trabajo, la misma opera a una presión sub-atmosférica. Esto significa que los gases no condensables restantes en la tubería de calor ocupan un volumen significativamente mayor de la tubería de calor que lo hacen con un fluido de trabajo que opera a una presión positiva.

Un problema adicional que se encuentra con las tuberías de calor convencionales es el de la "desgasificación". La desgasificación es un fenómeno por el que el gas que queda atrapado en la solución en el material de la tubería se difunde lentamente en el fluido de trabajo a lo largo del tiempo. Esto da como resultado una acumulación de gases no condensables en la tubería de calor lo que reduce su eficacia por las razones expuestas anteriormente.

20 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de construcción de una tubería de calor, de acuerdo con la reivindicación 1.

Se ha de entender que la etapa de evacuar el tubo para extraer los gases no condensables del tubo incluye la extracción de gases no condensables del fluido de trabajo dentro del tubo y el material del que se fabrica el tubo.

25 La extracción de los gases no condensables desde la tubería de calor mejora su eficacia y longevidad por las razones expuestas anteriormente.

Opcionalmente, el fluido de trabajo es agua.

30 Se puede utilizar agua como fluido de trabajo en algunas realizaciones de la invención por diversas razones. En primer lugar, el agua es ecológicamente responsable y, por lo general, no representa ningún riesgo si la tubería de calor desarrolla una fuga. En segundo lugar, no existen riesgos de seguridad asociados con el uso de agua durante el proceso de llenado. En tercer lugar, hay ventajas significativas de coste para su uso de agua en lugar de, por ejemplo, amoníaco o refrigerantes comerciales.

35 Los fluidos que tienen propiedades similares al agua se pueden utilizar también como fluido de trabajo en algunas realizaciones de la invención. Dentro de esta memoria descriptiva se considera un fluido que tiene propiedades similares a las del agua si el fluido en cuestión se expone a temperaturas por debajo de su punto de ebullición a la presión atmosférica durante su uso como fluido de trabajo dentro de una tubería de calor. Un fluido de este tipo se describe en el presente documento como un fluido similar al agua.

40 Debido a que la tubería de calor no contiene aire y solo una mezcla de fluido de trabajo en su fase líquida y vapor, la presión no es la atmosférica, pero es igual a la presión de vapor del líquido a la temperatura a la que se expone. Si una tubería de calor llena de agua se somete a temperaturas exteriores inferiores a 100° entonces la presión de vapor saturado estará por debajo de la presión atmosférica y, por tanto, las presiones dentro de la tubería serán inferiores a la atmosférica.

Ejemplos de fluidos de trabajo adecuados son, por ejemplo, etanol, metanol, acetona, amoníaco y una gama de fluidos de transferencia de calor a base de agua apropiados para su uso a temperaturas de operación bajo cero.

45 Refrigerantes comunes tales como el refrigerante R134a tienden a no ser adecuados para su uso como fluido de trabajo en relación con la invención como se reivindica, porque, *inter alia*, se utilizan a presiones muy por encima de la presión atmosférica.

50 El procedimiento de acuerdo con un primer aspecto de la invención es, por tanto, particularmente aplicable a la construcción de una tubería de calor en la que el fluido de trabajo es agua o un fluido similar, ya que como se ha mencionado anteriormente, debido a que el agua opera a una presión inferior a la atmosférica, la presencia de gases no condensables dentro de la tubería/fluido no es aceptable.

La etapa de evacuar los gases no condensables del tubo maximiza la eficacia de la tubería de calor mediante la extracción o la reducción de la presencia de gases no condensables acumulados, que pueden restringir su longitud efectiva.

Adicionalmente, una tubería de calor producida por la invención no sufre el problema de “desgasificación” ya que estos gases se extraen de la solución durante el proceso de fabricación.

La invención se puede aplicar en tuberías de calor de cualquier tamaño y/o configuración y puede extraer de forma fiable sustancialmente todos los gases no condensables.

- 5 Opcionalmente, la etapa de evacuar el tubo para extraer los gases no condensables del tubo comprende la etapa de aplicar un vacío al extremo abierto de la tubería.

10 El período de tiempo predeterminado durante el que se evacua el tubo es suficiente para extraer sustancialmente todos los gases no condensables de la tubería de calor y puede variar dependiendo del volumen interior y de la configuración geométrica de la tubería de calor, junto con la temperatura ambiente y el procedimiento de evacuación.

El período de tiempo predeterminado se puede determinar para cualquier tubería de calor dada, teniendo en cuenta el entorno en el que se carga y el fluido de trabajo que se utiliza.

15 El período de tiempo predeterminado se puede determinar, por tanto, mediante medios empíricos a través de la experimentación con fluidos cuya idoneidad para su uso como fluido de trabajo está siendo investigada. Gráficos de presión frente a tiempo se pueden preparar, por tanto, para identificar las etapas en el proceso de evacuación.

Las mediciones de presión se pueden tomar en la misma tubería de calor y reflejan, por tanto, la suma de las presiones parciales ejercidas por el vapor de fluido de trabajo más la de los gases no condensables que permanecen dentro de la tubería de calor. De esta manera el tiempo necesario para permitir que la bomba extraiga todos los gases no condensables se puede determinar.

20 La extracción de fluidos no condensables se indica mediante la presión dentro de la tubería de calor que se vuelve constante. Esto ocurre cuando la tubería de calor se llena sustancialmente con el fluido de trabajo en forma líquida y de vapor. La presión constante es igual a la presión de vapor del fluido de trabajo a la temperatura prevaleciente de la tubería de calor.

25 Por lo tanto, la invención puede comprender la etapa de determinar el período de tiempo predeterminado, antes de realizar la etapa de evacuar el tubo.

Esta etapa se puede realizar en cualquier momento conveniente, y puede por ejemplo realizarse como una etapa separada antes de realizar la construcción de la tubería de calor. Por ejemplo, la etapa de determinar el período de tiempo predeterminado se puede realizar en un lugar diferente, tal como un laboratorio para ello en el que se realiza la invención.

30 El período de tiempo predeterminado se puede determinar por cualquier procedimiento conveniente, y puede incluir la etapa de medir la presión del fluido de trabajo dentro del tubo, y determinar cuando la presión del fluido de trabajo se vuelve constante.

35 El tiempo necesario para alcanzar esta presión constante varía con el fluido de trabajo que está investigando, y la temperatura de operación, y también las dimensiones de la tubería de calor tales como la longitud, y la masa del fluido de trabajo que se utiliza.

Para una tubería de calor de un metro de longitud llena de agua, el tiempo requerido para alcanzar una presión constante es de aproximadamente 30 minutos. La presión constante final medida en, o hacia la parte superior de la tubería de calor está cerca de 0,7 kPa.

40 Para una tubería de calor de 2 metros de longitud llena de agua, es probable que el tiempo esté alrededor de 35 minutos.

La presión constante final alcanzada a una temperatura de operación constante es constante para un fluido de trabajo particular, pero se incrementará con la longitud de la tubería de calor y la masa del fluido de trabajo.

45 Cualquier manómetro de presión adecuado se puede utilizar para medir la presión, por ejemplo, el manómetro electrónico de tipo Pirani se puede utilizar para medir la presión con suficiente exactitud para permitir la identificación de la aparición del régimen final de presión constante.

Por tanto, por medio de las realizaciones de la invención, es posible optimizar la longitud de tiempo durante el que se aplica vacío a la tubería de calor. Esto supera los problemas que se pueden asociar cuando se aplica vacío durante un periodo de tiempo demasiado largo o demasiado corto.

50 Por ejemplo, si se aplica vacío a la tubería de calor durante un período de tiempo demasiado corto, algunos de los gases no condensables pueden permanecer en la tubería de calor.

Por el contrario, si se aplica vacío durante un período de tiempo demasiado largo, no solo todos los gases no

condensables se podrán extraer de la tubería de calor, sino que un exceso del fluido de trabajo vaporizado se puede extraer también. Esto puede afectar negativamente al rendimiento de la tubería de calor. Debido a que el fluido de trabajo ya está dentro de la tubería de calor cuando se realiza el proceso de evacuación, algo del fluido se puede vaporizar durante el proceso de evacuación y sacar de la tubería de calor.

- 5 Para una tubería de calor de un metro llena de agua, es probable que la pérdida de agua durante un proceso de evacuación de 30 minutos sea aproximadamente el 10% de la masa inicial del fluido de trabajo.

10 La masa de fluido de trabajo extraída se debe calcular para que la tubería de calor se llene correctamente, y se puede deducir pesando la tubería de calor antes y después del proceso de evacuación, y registrar la pérdida de masa.

El procedimiento de acuerdo con la invención comprende la etapa adicional de pesar el tubo después de la etapa de llenar el tubo con el volumen predeterminado de fluido de trabajo, y antes de la etapa de evacuar el tubo; volver a pesar el tubo después de la etapa de evacuar el tubo; y registrar la masa de fluido de trabajo vaporizado perdida durante la etapa de evacuar el tubo.

- 15 Opcionalmente, la etapa de aplicar un vacío al extremo abierto de la tubería comprende la etapa de conectar una bomba de vacío al extremo abierto de la tubería de tal manera que la trampa de vapor se interponga entre la bomba de vacío y el extremo abierto del tubo.

20 Aunque se conoce el uso de una bomba de vacío para extraer los gases no condensables del volumen interior de la tubería de calor antes del sellado, el uso de una técnica de este tipo con una tubería de calor llena de agua o un fluido similar no ha sido factible previamente debido al vapor de agua que se está introduciendo en la bomba de vacío. Esto reduce la eficacia de los sellos de la bomba de vacío e impide la consecución de un vacío en la tubería de calor. Esto a su vez da como resultado la tubería de calor con un bajo rendimiento.

25 Mediante la conexión de la bomba de vacío al volumen interior de la tubería de calor a través de una trampa de vapor es posible extraer el vapor de agua residual del gas antes de que el gas se extraiga a través de la bomba de vacío. Esto evita que el vapor de agua afecte adversamente el nivel de vacío que se puede crear en la tubería de calor.

Si la invención se realiza con un fluido de trabajo que no es agua, la inclusión de la trampa de vapor no solo asegurará de que se consiga el vacío necesario, sino que también atraparará los vapores de fluidos que de lo contrario pueden dañar de manera catastrófica la bomba de vacío.

- 30 El procedimiento puede comprender la etapa inicial adicional de limpiar la superficie interior de la tubería de calor.

Esta etapa significa que los desechos y los contaminantes se eliminarán antes de que la tubería de calor se llene con el fluido de trabajo. Esto es ventajoso ya que tales desechos y contaminantes pueden dar como resultado la generación gases no condensables. Además los desechos revestirán la superficie interior de los tubos reduciendo la eficacia de la evaporación y la condensación y reduciendo, por tanto, la eficacia de la tubería de calor.

- 35 La etapa de sellar el tubo puede comprender la etapa de cerrar el extremo abierto para formar una tubería de calor sellada.

La tubería de calor se puede sellar por presando mecánicamente el extremo abierto de el tubo, tapando el extremo abierto o por cualquier otra técnica de sellado mecánico.

- 40 El proceso de sellado puede dar como resultado una tubería de calor herméticamente sellada. Una ventaja de sellar herméticamente la tubería de calor es que se impide que los gases condensables vuelvan a entrar en la tubería y se reduce la eficacia de la tubería de calor.

45 En una realización de la invención, la tubería de calor comprende una matriz de tubos rectos unidos entre sí para formar bucles. En esta disposición, un extremo del tubo está sellado y el otro extremo se deja abierto para proporcionar acceso al volumen interior de la tubería de calor. Esta tomará la forma de una matriz de tubos unidos por, por ejemplo, curvas de 180° para formar un solo tubo construido a partir de una pluralidad de pasadas individuales en bucle.

En las realizaciones alternativas de la invención, la tubería de calor puede comprender una pluralidad de elementos tubulares que se conectan cada uno en sus respectivos extremos a un colector. Los colectores están después provistos de una sola abertura que proporciona acceso al volumen interior de la tubería de calor.

- 50 De acuerdo con una segunda realización de la invención, se proporciona un aparato de fabricación de una tubería de calor, de acuerdo con la reivindicación 8.

En algunas realizaciones, el aparato se puede llenar con un volumen predeterminado de líquido, que puede ser agua, o un fluido con propiedades similares.

El aparato puede comprender un manómetro conectado operativamente al aparato, manómetro que está adaptado para medir la presión dentro del tubo.

El manómetro puede ser cualquier manómetro adecuado, y puede comprender por ejemplo un manómetro electrónico de tipo Pirani.

- 5 A continuación sigue una descripción de una realización de la invención, a modo de ejemplo no limitativo, haciendo referencia al dibujo adjunto en el que:

La Figura 1 es una disposición esquemática de un aparato de producción de una tubería de calor de acuerdo con una realización de la invención; y

- 10 Haciendo referencia a la Figura 1, un aparato de producción de una tubería 20 de calor de acuerdo con una realización de la invención se designa generalmente mediante el número de referencia 10.

La tubería 20 de calor se puede fabricar para tener cualquier tamaño y/o configuración. Una configuración típica es una disposición de bucle como se ilustra esquemáticamente en la Figura 1. La disposición de bucle de la tubería 20 de calor, que se muestra en la Figura 1, tiene típicamente aproximadamente 0,2m de longitud y 2m de largo.

- 15 En las realizaciones alternativas, la tubería de calor se puede formar, por ejemplo, como un tubo lineal, un tubo de múltiples pasadas en bucle, una pluralidad de tubos paralelos que se interconectan por colectores, o en alguna otra configuración.

La tubería 20 de calor tiene un solo punto 30 de carga que proporciona acceso al volumen interior de la tubería 20 de calor.

- 20 Después de la fabricación inicial, la tubería 20 de calor se vacía para extraer cualquier residuo restante del proceso de fabricación y para limpiar a fondo las superficies interiores del tubo.

Después de la limpieza, la tubería 20 de calor se llena parcialmente con un volumen predeterminado de agua. El volumen predeterminado se determina en base al volumen interior y a la configuración de la tubería 20 de calor. Esto asegura que el extremo de la evaporación de la tubería de calor tiene una película continua de líquido en su superficie interior durante su operación.

- 25 La tubería 20 de calor se conecta, después, a través del punto 30 de carga, a una trampa 40 de vapor y de allí a una bomba 50 de vacío.

- 30 La trampa 40 de vapor se utiliza para extraer cualquier vapor de agua residual del gas que se extrae de la tubería 20 de calor. La trampa 40 de vapor utiliza nitrógeno 60 líquido para congelar el vapor de agua antes de que el gas se introduzca a través de la bomba 50 de vacío. Como alternativa, se puede utilizar hielo seco en la trampa 40 de vapor o, como alternativa, una trampa de refrigeración mecánica disponible comercialmente. Esto evita que cualquier vapor de agua residual llegue a la bomba 50 de vacío.

La bomba 50 de vacío se hace operar después durante un periodo de tiempo predeterminado. El tiempo predeterminado se determina por análisis empírico como se ha explicado anteriormente en el presente documento.

Al final del periodo de tiempo predeterminado, la bomba 50 de vacío se apaga y la tubería 20 de calor se sella.

- 35 El procedimiento anterior se describe en relación con una tubería 20 de calor que contiene agua como fluido de trabajo. Sin embargo, se debe apreciar que el procedimiento de la invención es igualmente aplicable a tuberías 20 de calor que utilizan líquidos alternativos como su fluido de trabajo.

- 40 Para evitar cualquier duda, se debe entender que el proceso de evacuación de la tubería de calor de acuerdo con los aspectos de la presente invención implica la extracción de gases no condensables contenidos tanto en el material de la tubería que forma la tubería de calor, como en el fluido de trabajo contenido en el tubo.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de construcción de una tubería (10) de calor sin mecha, que comprende las etapas de:
proporcionar un tubo (20) que tiene un extremo abierto y un extremo cerrado opuesto;
llenar el tubo (20) con un volumen predeterminado de fluido de trabajo;
- 5 conectar una trampa (40) de vapor al extremo abierto del tubo;
aplicar un vacío al extremo abierto del el tubo (20) durante un período de tiempo predeterminado para extraer los gases no condensables del tubo (20); y
- 10 sellar el tubo (20), **caracterizado porque** el procedimiento comprende la etapa adicional de pesar el tubo (20) después de la etapa de llenar el tubo con un volumen predeterminado de fluido de trabajo y antes de la etapa de evacuar el tubo (20);
volver a pesar el tubo después de la etapa de evacuar el tubo, y registrar la masa de fluido de trabajo vaporizado perdida durante la etapa de evacuación del tubo (20).
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de, antes de la evacuación del tubo (20), determinar el período de tiempo predeterminado con respecto a la etapa de evacuación.
- 15 3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el procedimiento de determinar el período de tiempo predeterminado incluye la etapa de medir la presión del fluido de trabajo dentro del tubo, (20) y determinar cuando la presión del fluido de trabajo se vuelve constante.
4. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de aplicar un vacío al extremo abierto del tubo comprende la etapa de:
- 20 conectar una bomba de vacío al extremo abierto del tubo, de tal manera que la trampa (40) de vapor se interponga entre la bomba de vacío y el extremo abierto del tubo.
5. El procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el fluido es agua.
6. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa inicial adicional de:
- 25 limpiar la superficie interior del tubo (20).
7. El procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de sellar el tubo (20), comprende la etapa de:
cerrar el extremo abierto para formar una tubería (10) de calor sellada.
- 30 8. Un aparato de fabricación de una tubería (10) de calor sin mecha mediante la realización de un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, comprendiendo el aparato un tubo (20) que tiene un extremo abierto y un extremo cerrado opuesto, una bomba de vacío conectada al extremo abierto del tubo, y una trampa (40) de vapor interpuesta entre la bomba de vacío y el extremo abierto del tubo, y un medio de pesaje, en el que la tubería de calor se llena con un volumen predeterminado de fluido de trabajo y **caracterizado porque** el medio de pesaje está adaptado para pesar el tubo después del llenado del tubo con el volumen predeterminado de fluido de trabajo, y para volver a pesar el tubo después de que el tubo haya sido evacuado.
- 35 9. Un aparato de fabricación de una tubería (10) de calor de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el fluido es agua.
10. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9, que comprende además un manómetro conectado operativamente al aparato y adaptado para medir la presión dentro del tubo (20).

40

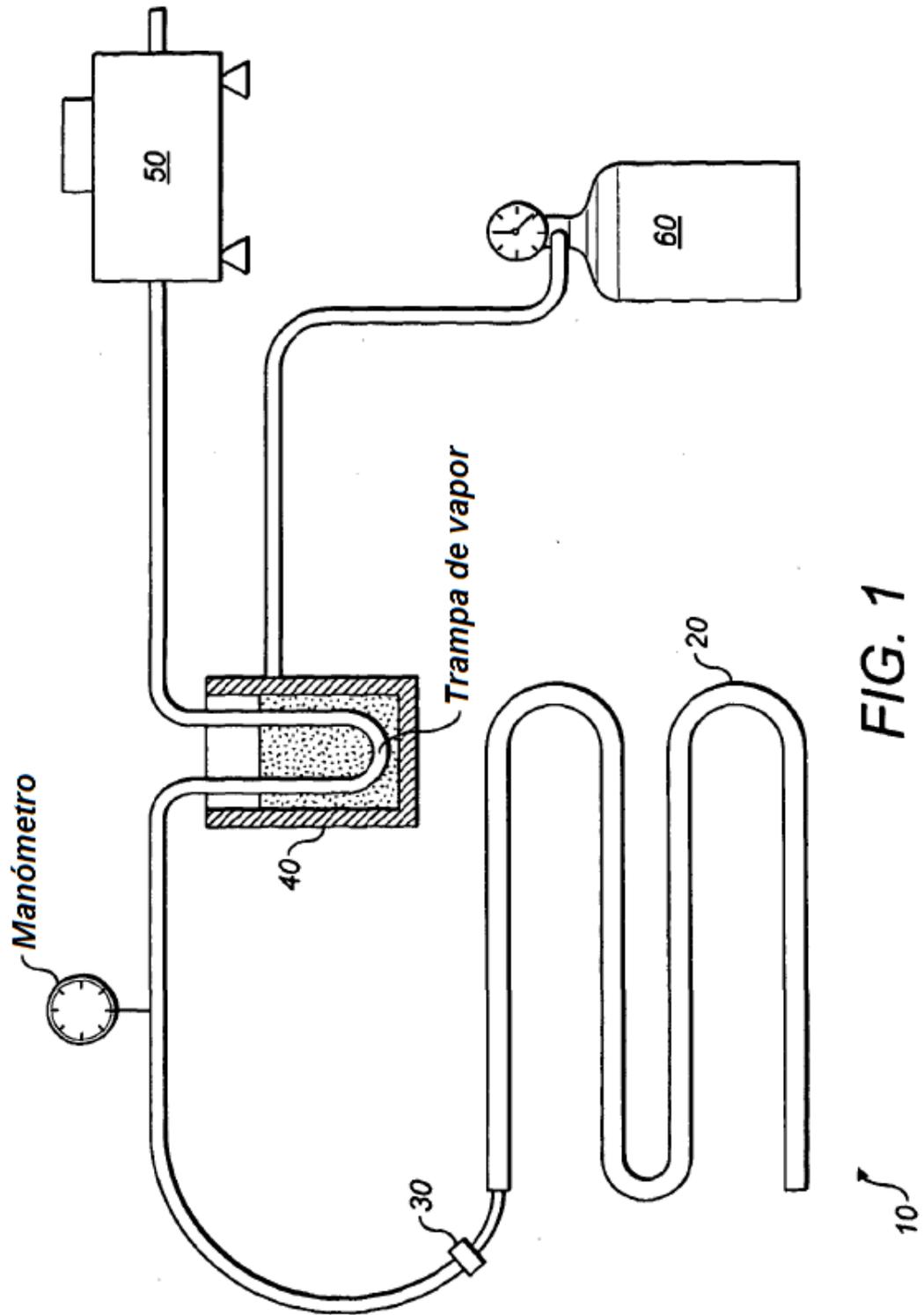


FIG. 1