

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 908**

51 Int. Cl.:

H05B 3/06 (2006.01)

H05B 3/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2014 PCT/EP2014/053706**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.09.2014 WO14131788**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2014 E 14706621 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2962523**

54 Título: **Dispositivo para calentar una tubería**

30 Prioridad:

27.02.2013 EP 13156898

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.08.2017

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)
Carl-Bosch-Strasse 38
67056 Ludwigshafen am Rhein, DE**

72 Inventor/es:

**WORTMANN, JÜRGEN;
LUTZ, MICHAEL;
GÄRTNER, MARTIN;
SCHIERLE-ARNDT, KERSTIN;
MAURER, STEPHAN;
LADENBERGER, MICHAEL;
GEYER, KAROLIN y
GARLICH, FLORIAN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 629 908 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

Dispositivo para calentar una tubería

5 La presente invención hace referencia a un dispositivo para calentar una tubería, el cual comprende un elemento calentador de resistencia eléctrica que se extiende a lo largo de un tubo. El elemento calentador de resistencia eléctrica puede estar formado por la propia tubería, pero también puede contener elementos calentadores adicionales, por ejemplo en forma de un conductor de calentamiento interno, los cuales se encuentran conectados de forma eléctrica a una fuente de tensión. El documento FR 2 722 359 A1 describe un sistema de tubería con varias tuberías que respectivamente pueden ser calentadas con un elemento calentador de resistencia eléctrica.

10 Un dispositivo para calentar tuberías se necesita, por ejemplo, en centrales de energía solar que se concentran de forma lineal, en particular en centrales de energía solar de reflectores cilíndricos parabólicos, en donde sales fundidas circulan a través de las tuberías. En las centrales de energía solar de esa clase, las tuberías están conectadas formando redes que se utilizan para recolectar energía solar en la central de energía solar. En las redes de esa clase, la energía de la radiación del sol, es concentrada mediante reflectores en tuberías aisladas térmicamente de forma especial. Las tuberías están formadas por colectores conectados en serie. Un colector
15 comprende un sistema de reflectores que concentra la energía de radiación del sol en una sección de la tubería, en un así llamado receptor.

Otro ejemplo de aplicación para tuberías que son calentadas de forma ventajosa, son las redes de tubos a través de los cuales se transportan materiales fundidos a lo largo de extensos tramos, por ejemplo redes de tubos para azufre líquido.

20 En las centrales de energía solar, la energía de radiación recolectada por los receptores es transferida a un líquido de transferencia térmica. Actualmente, como líquido de transferencia térmica se utiliza en particular una mezcla de bifenilo/éter de difenilo, la cual sin embargo se encuentra limitada en su temperatura máxima de funcionamiento por su propia temperatura de descomposición de aproximadamente 400°C. Para obtener temperaturas de funcionamiento más elevadas que posibiliten un mayor grado de efectividad, se requieren otros líquidos de
25 transferencia térmica. Para ello se utilizan en particular sales fundidas, en particular sales fundidas de nitrato/nitrito, por ejemplo la así llamada sal solar 60, una mezcla de nitrato de sodio y nitrato de potasio en una relación de 60:40.

30 Sin embargo, una desventaja de las sales fundidas reside en su elevada temperatura de fusión. Una mezcla nitrato de sodio/nitrato de potasio se funde por ejemplo en el punto eutéctico, es decir, en una relación de la mezcla de 56:44 en el caso de una temperatura de 218°C. En redes de tuberías extensas, como las que se encuentran presentes en las centrales de energía solar, las sales fundidas con puntos de fusión elevados no pueden utilizarse fácilmente de forma segura. El enfriamiento de las sales fundidas en los sistemas de tubería puede causar grandes perjuicios económicos. Una causa de los perjuicios es, por ejemplo, la fuerte expansión del volumen de las sales
previamente fundidas durante la fusión. Existe el peligro de que válvulas de bloqueo y tuberías sufran presiones y resulten muy dañadas.

35 Para impedir un enfriamiento de las sales fundidas, actualmente es usual vaciar el sistema de tubería en el caso de una interrupción prolongada del funcionamiento de la central de energía solar. De manera alternativa, también es posible calentar el sistema de tubería de forma transitoria. Para ello, por ejemplo, puede utilizarse energía eléctrica o calor proveniente de acumuladores térmicos disponibles. Cuando se utiliza calor proveniente de acumuladores
40 térmicos disponibles usualmente un líquido térmico para la transferencia de calor, es bombeado generalmente a través del sistema de tubería. Este método presenta la desventaja de que para ello deben aplicarse cantidades considerables de energía en forma de energía eléctrica o en forma de energía térmica.

45 Si para las tuberías se proporciona un calentamiento eléctrico, entonces éste se realiza en la actualidad generalmente agregando conductores térmicos eléctricos con aislamiento de mineral, altamente resistentes a la temperatura. En los receptores solares, tal como se utilizan en las centrales de energía solar de reflectores
cilíndricos parabólicos, sin embargo, esa técnica no puede ser aplicada, ya que los receptores individuales, a través de una cubierta de vidrio, están muy bien aislados térmicamente con respecto al entorno y, con ello, también con respecto a un conductor térmico de alta temperatura agregado, con aislamiento de mineral. Actualmente, por ese motivo, los receptores son calentados eléctricamente, de manera que al sistema de tubería, aun en el caso de una
50 tensión reducida, se aplica una intensidad de corriente elevada. Este método se denomina también calentamiento por efecto Joule o calentamiento por impedancia. Sin embargo, esto presenta la desventaja de que en los conectores de las tuberías pueden presentarse una pluralidad de transiciones de resistencia elevadas o pérdidas térmicas. En los puntos con una resistencia elevada se produce un calentamiento más intenso. Existe el peligro de un calentamiento irregular y de que localmente se alcancen valores por debajo de la temperatura de fusión de la sal utilizada como portador térmico. Esas dificultades pueden solucionarse agregando un conductor de calentamiento
55 interno no aislado con respecto a la tubería envolvente, con una resistencia eléctrica constante sobre todo el tramo de calentamiento, el cual se encuentra conectado eléctricamente con la tubería en los dos extremos.

5 Si sobre un tramo de calentamiento por efecto Joule o sobre un conductor de calentamiento interno no aislado se aplica una tensión, entonces un conductor eléctrico separado debe tenderse paralelamente con respecto a la tubería, para cerrar el circuito. Una conducción de corriente posible sobre la superficie inferior, generalmente no puede soportar las intensidades de la corriente elevadas que se necesitan para el calentamiento. De acuerdo con lo previsto, las resistencias eléctricas a tierra son tan elevadas, que la intensidad de potencia de calentamiento en la tubería que debe ser calentada se va atenuando en su longitud hasta no funcionar por completo. Esto produce un efecto particularmente importante en el caso de tuberías extensas, con longitudes superiores a 100 m.

10 Una sección de la tubería en general forma parte de una red de tuberías de mayor tamaño. Esa red conectada se conecta naturalmente con un potencial próximo a tierra, denominado como potencial a tierra, ya que la red de tubería de una instalación de ingeniería de procesos usualmente dispone de muchas conexiones de baja impedancia con respecto al potencial del entorno. Para que no se produzcan flujos de corriente parásitas activas entre la red de tubería y la sección de tubería calentada, los dos extremos de la sección de tubería deben conectarse al potencial eléctrico de la red de tubería, en el potencial a tierra. Las sales fundidas presentan usualmente una buena conductividad eléctrica. Por ese motivo no es posible impedir un flujo de corriente parásita a través del aislamiento eléctrico recíproco de segmentos de la tubería. Las sales fundidas de transferencia térmica conducirían la corriente eléctrica más allá del aislamiento.

20 En las centrales de energía solar que se concentran de forma lineal es usual conformar las secciones de tubería de manera que éstas se encuentren dispuestas en forma de bucles situados unos junto a otros. De este modo, el cableado del elemento calentador eléctrico puede estar dispuesto de manera que la sección de tubería en forma de bucle se conecte al potencial a tierra en las conexiones hacia la red de tubería de la instalación, y que se encuentre conectada a un polo de una fuente de corriente en el lugar del reverso del bucle. El segundo polo de la fuente de tensión, mediante un tramo de retorno de baja impedancia, se encuentra conectado con el extremo conectado a tierra del elemento calentador. A través de la utilización de ese tramo de retorno se evita una descarga no controlada de corriente hacia el entorno, asegurándose el funcionamiento completo del conductor térmico.

25 Sin embargo, su aplicación en los bucles extensos de la tubería los tramos de retorno de esa clase se consideran desventajosos. Para alcanzar una conductividad lo suficientemente elevada del tramo de retorno se requieren líneas con una sección transversal de gran tamaño, por ejemplo cable de cobre grueso o barras de distribución de cobre.

30 El objeto de la presente invención consiste en reducir el consumo de recursos, en particular el consumo de cobre, al producir sistemas de calentamiento, de manera que pueda prescindirse completamente de un tramo de retorno, manteniendo por completo la función de calentamiento.

35 Dicho objeto se alcanzará a través de un dispositivo para calentar un sistema de tubería, el cual comprende al menos dos tuberías, a lo largo de las cuales se extiende respectivamente un elemento calentador de resistencia eléctrica, donde en cada elemento calentador de resistencia, en al menos un extremo, se regula un potencial próximo al potencial a tierra, y en una posición situada alejada de ese extremo, se encuentra conectado con un polo de una fuente de corriente continua o respectivamente con una fase de una fuente de corriente alterna de n fases, donde en el caso de la utilización de una fuente de corriente alterna de n fases n es un número entero igual o mayor que dos.

40 Si la diferencia de potencial generada por las fuentes de corriente es generada de forma flotante, el contacto con la instalación al inicio del bucle conduce allí a un potencial que corresponde casi a aquél de tierra. Las diferencias flotantes de potencial de las fuentes de corriente pueden formarse fácilmente por ejemplo mediante transformadores no conectados a tierra en el lado secundario.

45 Un potencial próximo al potencial a tierra, en el marco de la presente invención, significa un potencial que se regula cuando un conductor eléctrico se conecta a tierra o, de forma alternativa, un potencial que se regula cuando dos fases orientadas de forma opuesta, con la misma intensidad de corriente y tensión, convergen en un conductor eléctrico y, de ese modo, se compensan o cuando en un conductor eléctrico convergen una parte positiva y una parte negativa de una tensión continua con la misma cantidad de corriente y la misma intensidad de corriente, y de ese modo se compensan recíprocamente en un punto neutro. Por consiguiente, el circuito corresponde a una conexión en estrella doble. A modo de ejemplo, esto puede alcanzarse de manera que un elemento calentador de resistencia eléctrica se conecta con una fase de una fuente de corriente alterna y un segundo elemento calentador de resistencia eléctrica se conecta con una segunda fase de la fuente de corriente alterna, la cual está orientada de forma opuesta a la primera fase, y los dos elementos calentadores de resistencia eléctrica están conectados en sus extremos uno con otro de forma eléctrica. De manera alternativa, de forma correspondiente, también un elemento calentador de resistencia eléctrica puede conectarse al polo positivo de una fuente de tensión continua y el segundo elemento calentador de resistencia eléctrica puede conectarse al polo negativo de la fuente de tensión continua. En la conexión eléctrica de los elementos calentadores de resistencia eléctrica, en un extremo alejado de la toma de corriente, el circuito se cierra y en la conexión eléctrica de los extremos de los elementos calentadores de resistencia eléctrica se compensan los potenciales suministrados hacia los elementos calentadores de resistencia eléctrica.

De este modo, en un extremo de los elementos calentadores de resistencia eléctrica se regula un potencial próximo al potencial a tierra, sin que los elementos calentadores eléctricos de resistencia eléctrica se conecten a tierra.

La conexión del elemento calentador de resistencia eléctrica con una fase de una fuente de corriente alterna o con un polo de una fuente de corriente continua puede tener lugar en un extremo del elemento calentador de resistencia eléctrica o en cualquier posición entre los dos extremos del elemento calentador de resistencia eléctrica. Se considera preferente que en el elemento calentador de resistencia eléctrica, en ambos extremos, se regule un potencial próximo al potencial a tierra y que el elemento calentador de resistencia, entre los extremos, se encuentre conectado con el polo de la fuente de corriente continua o con la fase de la fuente de corriente alterna. La posición en la cual el elemento calentador de resistencia eléctrica se encuentra conectado con el polo de la fuente de corriente continua o con la fase de la fuente de corriente alterna depende de las resistencias del elemento calentador de resistencia eléctrica y de la función de calentamiento deseada. La resistencia del elemento calentador de resistencia eléctrica puede realizarse por ejemplo a través de la utilización de materiales que son eléctricamente conductores de distinto modo o a través de diferentes secciones transversales de la línea. Si debido a tolerancias de fabricación, sobre la longitud del elemento calentador de resistencia eléctrica resultan diferentes resistencias, pero en todas partes debe emitirse la misma potencia de calentamiento, entonces también debido a ello resulta una posición de la conexión que no se ubica en el centro del elemento calentador de resistencia eléctrica. De manera alternativa, una posición excéntrica de la conexión se selecciona por ejemplo cuando en un área de la tubería que debe ser calentada se requiere una potencia de calentamiento más elevada que en otra parte de la tubería, por ejemplo a consecuencia de un aislamiento más deficiente en un área. Un aumento de la potencia de calentamiento en el caso de una sección transversal constante de la línea se alcanza en ese caso a través de un acortamiento del recorrido entre la conexión del polo de la fuente de corriente continuo o de la fase de la fuente de corriente alterna y el extremo en el cual se regula un potencial próximo al potencial a tierra.

En una forma de ejecución preferente cada elemento calentador de resistencia eléctrica está dividido en al menos dos secciones, donde en los extremos de cada sección se regula un potencial próximo al potencial a tierra y entre los extremos se encuentra conectado un polo de una fuente de corriente continua o una fase de una fuente de corriente alterna, donde respectivamente los extremos de todas las secciones que son alimentadas desde una fuente de corriente continua o desde una fuente de corriente alterna de n - fases son de baja impedancia, es decir, con una resistencia que es marcadamente menor que la resistencia de la tubería, están conectados unos con otros. A través de la conexión eléctrica de los extremos de todas las secciones que son alimentadas desde una fuente de corriente continua o desde una fuente de corriente alterna, se logra que las corrientes individuales se compensen recíprocamente en los respectivos elementos calentadores de resistencia eléctrica. En particular en caso de utilizar una fuente de corriente alterna con una cantidad impar de fases, donde no es posible alimentar dos fases desplazadas en 180° en dos elementos calentadores de resistencia eléctrica conectados uno con otro en un extremo, a través de la conexión eléctrica de los extremos de los elementos calentadores de resistencia eléctrica, los cuales son alimentados por una fuente de corriente alterna, se logra que las fases de la fuente de corriente alterna se compensen recíprocamente a través de la conexión eléctrica y que, de ese modo, en los extremos de los elementos calentadores de resistencia eléctrica se regule un potencial próximo al potencial a tierra.

En una forma de ejecución de la invención cada sección es alimentada desde al menos dos fuentes de corriente, donde cada fuente de corriente puede ser una fuente de corriente continua o una fuente de corriente alterna y las fuentes de corriente respectivamente están conectadas en diferentes posiciones en el elemento calentador de resistencia eléctrica. Una ventaja de la utilización de varias fuentes de corriente, reside en el hecho de que entre las fuentes de corriente pueden realizarse diferentes longitudes del recorrido del elemento calentador de resistencia eléctrica y, con ello, pueden realizarse potencias de calentamiento individuales para las secciones de los recorridos individuales.

En una forma de ejecución de la invención, la fuente de corriente continua o la fase de una fuente de corriente alterna es generada de forma flotante, es decir, que en la fuente de tensión sólo se aplica una diferencia de presión pero no un potencial absoluto. Si el potencial propio de todas las fuentes de corrientes es flotante, en principio es posible operar al mismo tiempo fuentes de corriente conectadas unas con otras de forma eléctrica. En las tensiones alternas, sin embargo, son posibles acoplamientos perjudiciales, mediante la inductancia de los circuitos. En particular cuando deben regularse diferentes longitudes de los recorridos y potencias de calentamiento individuales es posible que al menos una fuente de corriente, desde la cual se alimenta la sección, sea una fuente de corriente continua y que al menos una fuente de corriente sea una fuente de corriente alterna. Esto ofrece la ventaja de que ambas fuentes de corriente pueden ser operadas de forma simultánea. En función de la posición de las fuentes de corriente, de este modo, pueden regularse potencias de calentamiento individuales en las respectivas secciones parciales entre las fuentes de corriente, así como entre un extremo en donde se regula un potencial próximo al potencial a tierra, y una fuente de corriente contigua. El riesgo de un acoplamiento perjudicial de los circuitos se reduce también cuando todas las fuentes de corriente son fuentes de corriente alterna, las cuales son operadas con diferentes frecuencias o con fases desplazadas unas con respecto a otras.

Junto con el funcionamiento simultáneo de las fuentes de corriente también es posible operar las fuentes de corriente de forma alternada. En ese caso, corriente es suministrada a la respectiva sección respectivamente sólo

5 desde una fuente de corriente. El funcionamiento alternado siempre es posible, aun cuando todas las fuentes de corriente sean fuentes de corriente alterna o todas las fuentes sean fuentes de corriente continua. Cuando todas las fuentes de corriente son fuentes de corriente alterna, en el caso de un funcionamiento alternado no es necesario prestar atención al hecho de si la corriente es suministrada con fases desplazadas unas con respecto a otra o con diferentes frecuencias. Puesto que respectivamente sólo una fuente de corriente suministra corriente, dentro de la sección tampoco pueden influenciarse recíprocamente las corrientes de diferentes fuentes de corriente. Naturalmente, en el caso de un funcionamiento alternado también es posible utilizar fuentes de corriente alterna que sean operadas con fases desplazadas unas con respecto a otras o con diferentes frecuencias.

10 Cuando la cantidad de tuberías que deben ser calentadas es mayor que la cantidad de polos de la fuente de corriente continua o que la cantidad de las fases de la fuente de tensión alterna, en caso de utilizar fuentes de corriente continua, en el caso de una cantidad de tuberías mayor que dos, es posible que respectivamente dos tuberías se concentren formando un grupo, cuyos elementos calentadores de resistencia eléctrica se conectan con los polos de una fuente de corriente continua o, en el caso de utilizar fuentes de corriente alterna de n-fases, donde una cantidad de tuberías es mayor que n, que respectivamente n tuberías se concentren formando un grupo, cuyos elementos calentadores de resistencia eléctrica se conectan con las fases de una fuente de corriente alterna.

15 Una fuente de corriente alterna de n-fases puede realizarse por ejemplo conformando las entradas de corriente de varios polos como circuitos del inversor o como circuitos del tiristor. Una adaptación a la resistencia de las tuberías es posibilitada por transformadores con una relación de transmisión adecuada.

20 Si un haz de tuberías presenta varias secciones de calentamiento, entonces con la ayuda de aparatos de conexión es posible aplicar diferentes patrones de presión a las secciones de calentamiento, donde el nivel de tensión, la duración de la tensión y la frecuencia pueden seleccionarse diferentes para cada sección de calentamiento.

25 El elemento calentador de resistencia eléctrica utilizado para calentar tuberías, a modo de ejemplo, puede ser un conductor de calentamiento guiado en la tubería. De manera alternativa también es posible que la pared de la tubería, al menos de forma parcial, sea eléctricamente conductora, y que el elemento calentador de resistencia eléctrica, esté formado por la pared de la tubería.

Un conductor de calentamiento conducido en la tubería, en particular en tuberías que son conducidas a través de sales fundidas, ofrece la ventaja de que en el caso de una solidificación de la sal, la sal se funde de modo uniforme y a lo largo del conductor de calentamiento se forma un canal a través del cual puede salir la sal, cuyo volumen aumenta durante la fusión.

30 Si el elemento calentador de resistencia eléctrica es formado por la pared de la tubería, entonces se considera preferente que para la introducción de corriente una barra metálica revestida con una capa de un material eléctricamente buen conductor sea fijada radialmente en la pared de la tubería y que la barra metálica presente una lengüeta que se separa de la tubería, a la cual puede conectarse una fuente de corriente. A través del conductor de calentamiento fijado radialmente en la tubería la corriente puede ser suministrada de modo uniforme sobre la circunferencia de la tubería.

40 Preferentemente, la barra metálica está realizada del mismo material que la tubería. En particular cuando la tubería y, con ello, también la barra metálica, está realizada de un material que no es eléctricamente buen conductor, el revestimiento con el material que es eléctricamente buen conductor se encarga también de una resistencia lo suficientemente reducida para la introducción de corriente, para mantener lo más reducido posible el calentamiento de la barra metálica.

45 Puesto que los materiales se expanden de modo diferente en función de la temperatura, en particular en el caso de tuberías extensas, se considera ventajoso dividir la tubería en secciones que se encuentran conectadas unas con otras a través de compensadores. Los compensadores de esa clase se realizan de manera que son compensadas fuerzas mecánicas debido a la extensión longitudinal de la tubería. Si la tubería es utilizada como elemento calentador de resistencia eléctrica es necesario entonces conectar eléctricamente unas con otras las secciones individuales de la tubería. Por ejemplo, para ello es posible poner en contacto eléctrico unas con otras las secciones de la tubería a través de al menos un conductor adaptador conducido a través del compensador. De manera especialmente preferente, el conductor adaptador es un conductor de calentamiento, el cual puede estar estructurado del modo que se describe a continuación.

50 Las sales fundidas se utilizan como portadores térmicos en particular en centrales de energía solar, por ejemplo en centrales eléctricas de reflectores cilíndricos parabólicos o en centrales eléctricas del tipo Fresnel. Las tuberías en las centrales eléctricas de esa clase presentan respectivamente recorridos sin curvaturas, con una longitud de al menos hasta 100 m, usualmente de hasta 600 m. A través de los recorridos rectos de gran tamaño es posible colocar un conductor de calentamiento en el tubo, sin que éste deba ser guiado alrededor de las curvas del tubo.

5 En una forma de ejecución preferente, el conductor de calentamiento está dispuesto de forma acéntrica en el tubo, donde la distancia del conductor de calentamiento, en el caso de una sección del tubo que se extiende con una pendiente máxima de 45°, es mayor hacia abajo que hacia arriba. A través de la colocación acéntrica del conductor de calentamiento en el tubo se evita que, en el caso de una extensión de la longitud condicionada por la temperatura, áreas que se curvan del conductor de calentamiento, las cuales se producen entre dos puntos de fijación, conduzcan a que el conductor de calentamiento toque la pared interna de la tubería. También en el caso de una curvatura es necesario que el conductor de calentamiento no presente ningún contacto directo suelto con respecto a la pared interna de la tubería. Para fijar el conductor calentador es posible por ejemplo conducir el mismo en ojales, hacia la tubería en la cual circulan las sales fundidas.

10 En el caso de una pendiente superior a 45°, en particular en el caso de secciones de la tubería que se extienden de forma vertical, se considera preferente que el conductor de calentamiento se extienda de forma central en la tubería.

15 Junto con las tuberías, en las centrales de energía solar el dispositivo de acuerdo con la invención es adecuado sin embargo también para otros sistemas de tuberías con al menos dos tuberías que deben ser calentadas. A modo de ejemplo, un portador térmico puede circular a través de las tuberías de esa clase. El dispositivo de acuerdo con la invención es adecuado también por ejemplo para tuberías a través de las cuales es transportado petróleo. En particular en el caso de temperaturas externas reducidas puede evitarse de este modo que el petróleo se solidifique en la tubería, bloqueando la misma. Además, el dispositivo de acuerdo con la invención, adicionalmente con respecto a un aislamiento, puede utilizarse también para mantener estable la temperatura de un medio que circula a través de la tubería, para evitar de ese modo que se enfríe el medio que circula a través de la tubería. Naturalmente, el dispositivo de acuerdo con la invención puede utilizarse también para calentar aún más un medio que circula a través de la tubería.

20 Sin embargo, se considera especialmente preferente la utilización del dispositivo de acuerdo con la invención en centrales de energía solar, en particular para fundir nuevamente un portador térmico enfriado, por ejemplo sal solar, después de un enfriamiento como la que puede producirse en el caso de una detención de la central de energía solar. En ese caso, la tubería forma por ejemplo un bucle térmico en la central de energía solar.

25 De manera alternativa con respecto a un conductor de calentamiento colocado en la tubería, el elemento calentador puede asumir también cualquier otra forma con la cual sea posible un calentamiento de la tubería. De este modo, por ejemplo es posible proporcionar un conductor de calentamiento externo que se coloca externamente en la pared del tubo. También es posible que la tubería se encuentre provista de una cubierta interna o de una cubierta externa eléctricamente conductora, la cual actúa como elemento de calentamiento. De manera especialmente preferente, sin embargo, el elemento calentador eléctrico es un conductor de calentamiento que está colocado en la tubería.

30 En función del medio que es transportado a través de la tubería, el conductor de calentamiento eléctrico puede estar realizado de forma aislada o no aislada. En particular en el caso del transporte de un medio eléctricamente conductor en la tubería se considera preferente realizar el conductor de calentamiento de forma eléctricamente aislada. En ese caso debe considerarse también la temperatura del medio que es conducido en la tubería. El material para el aislamiento eléctrico del conductor de calentamiento debe seleccionarse de manera que éste sea estable con respecto a las temperaturas que se presentan en la tubería y en particular con respecto a la temperatura del conductor de calentamiento eléctrico.

35 En el caso de un conductor de calentamiento eléctrico que es conducido en una tubería que conduce sales fundidas se considera preferente diseñar el conductor de calentamiento en forma de un tubo o de un canal con cualquier sección transversal y proporcionar aberturas en la pared del tubo o del canal, a través de las cuales sal fundida pueda circular hacia el interior del conductor de calentamiento diseñado en forma de un tubo o de un canal, donde dicha sal pueda ser transportada hacia el interior del conductor de calentamiento, para formar rápidamente un canal al fundirse la sal, a través del cual pueda circular la sal fundida.

40 Junto con una pared externa maciza provista de aberturas, de manera alternativa también es posible realizar el conductor de calentamiento por ejemplo como tejido o tela anular. Para ello, también en el interior del tejido o de la tela se forma una cavidad a través de la cual puede circular la sal ya fundida.

45 De manera alternativa con respecto a la realización del conductor de calentamiento como cuerpo hueco, en cuyo interior se forma un canal a través del cual pueden circular las sales fundidas, también es posible que el conductor de calentamiento presente una cavidad en forma de u o en forma de v que se extiende en dirección axial. En la cavidad la sal se fundirá primero, de manera que la cavidad forma un canal a través del cual puede circular la sal fundida. Un conductor de calentamiento con más de una cavidad en forma de u o con más de una cavidad en forma de v puede presentar por ejemplo una sección transversal en forma de una estrella. También es posible que un conductor de calentamiento de esa clase esté realizado por ejemplo en forma de un canal con una sección transversal en forma de u.

Junto con un cuerpo hueco o con un conductor de calentamiento que presente al menos una cavidad en forma de u o en forma de v, también es posible asimismo proporcionar por ejemplo un conductor eléctrico macizo recubierto con una malla metálica. En ese caso, la sal fundida puede circular primero en la malla metálica, antes de que por fuera de la malla metálica se haya conformado un canal que rodee el conductor de calentamiento.

5 Junto con las posibilidades antes mencionadas, naturalmente también es posible que el conductor de calentamiento esté diseñado como un alambre macizo o en forma de un cable de hilo trenzado. El conductor de calentamiento también puede estar realizado en base a un material eléctricamente buen conductor, por ejemplo cobre o aluminio, el cual se encuentra rodeado por una cubierta resistente a la corrosión. Gracias a ello se evita que el material eléctricamente buen conductor se corra en presencia de la sal que circula a través de la tubería, debido a lo cual la sal portadora térmica se ensucia, perdiendo su estabilidad térmica.

10 Es posible además utilizar como conductor calentador interno un conductor convencional, por ejemplo con un interior conductor de corriente y con aislamiento eléctrico, donde sobre el aislamiento eléctrico se aplica adicionalmente una cubierta resistente a la corrosión. Una cubierta metálica protectora como cubierta resistente a la corrosión puede servir en este caso también como conductor de retorno para la corriente. De manera alternativa puede utilizarse también una disposición con dos interiores, con una cubierta externa aislada de acero inoxidable. Los conductores de calentamiento aislados de esa clase pueden colocarse también en la pared de la tubería.

15 El conductor de calentamiento puede estar estructurado también a partir de segmentos, en centrales de energía solar por ejemplo un segmento por receptor, los cuales se unen unos con otros de forma eléctricamente conductora durante el montaje, por ejemplo a través de atornilladura, de soldadura o de adhesión. La estructura de segmentos ofrece también una posibilidad en caso de cambiar un receptor dentro de una serie, a través de un corte y de una nueva unión. Las uniones deben diseñarse de manera que se realicen resistencias de paso lo suficientemente reducidas de manera permanente.

20 Si el conductor de calentamiento está realizado en forma de un cable de hilo trenzado, uno o varios hilos trenzados son torcidos formando un cable de hilo trenzado. Preferentemente, el cable de hilo trenzado presenta varios hilos trenzados. A través de la torsión de los hilos trenzados para formar un cable de hilo trenzado, en el centro del cable de hilo trenzado se produce un canal en forma de cuña, a través del cual puede circular la sal ya fundida, compensando de ese modo la presión. A través de la torsión de un cable de hilo trenzado con un hilo trenzado puede realizarse un bobinado en espiral que posee en su centro un canal en forma de cuña. Otra ventaja de la utilización de un cable de hilo trenzado es que puede facilitarse la compensación horizontal de la expansión térmica.

25 Además, a través de la forma del cableado es posible regular la rigidez del conductor, de manera en el caso de una torsión correspondiente el cable de hilo trenzado presente una estabilidad que se aproxima a la estabilidad de un conductor rígido. Esto permite proporcionar una menor cantidad de sujetadores que aseguren el cable de hilo trenzado en contra de un desplazamiento en la dirección de circulación.

30 Los hilos trenzados, a partir de los cuales se torsiona el cable de hilo trenzado, pueden estar realizados en forma de alambres, es decir macizos, o también pueden estar realizados como tubos. Cuando los hilos trenzados están realizados en forma de tubos y no están llenados con un material muy eléctricamente conductor o con un portador térmico circulante, entonces éstos, respectivamente en los extremos, de manera preferente, están cerrados a través de soldadura. Los tubos individuales preferentemente están llenados con un gas, preferentemente con aire. A través del gas en los hilos trenzados tubulares aumenta la sustentación en las sales fundidas. Esto permite una reducción de la fuerza de sujeción de los resortes requeridos para la fijación cerca del centro del tubo. Los hilos trenzados tubulares pueden presentar una sección transversal circular o una sección transversal no circular. Una sección transversal no circular es por ejemplo una sección transversal ovalada o elíptica. En el caso de una sección transversal no circular es posible que al fundirse la sal las presiones aumentadas que se producen en el lugar puedan ser mejor amortiguadas de forma elástica. Además, a través de las secciones transversales no circulares se agranda la sección transversal en forma de cuña y, debido a ello, se facilita la circulación para la compensación de presión en el canal en forma de cuña. Para obtener una sección transversal no circular, por ejemplo es posible producir tubos para formar los hilos trenzados y aplanarlos, por ejemplo a través de cilindros. Otra posibilidad para conformar un hilo trenzado con un tubo no circular, consiste en una sección transversal reniforme. A través de la sección transversal reniforme, la cual se produce por ejemplo en el caso de un trenzado por aplastamiento mediante un mandril de moldeo, entre los hilos trenzados se crea un canal en forma de cuña particularmente grande. Puesto que los hilos trenzados están alojados en sales fundidas, se considera ventajoso recocer sin tensión las piezas conformadas mecánicamente, para reducir al mínimo el peligro de ataques corrosivos.

35 En el caso de una realización tubular de los hilos trenzados, de manera adicional con respecto al calentamiento eléctrico, para el calentamiento es posible utilizar también un portador térmico líquido o gaseoso, el cual circula a través de las líneas tubulares.

40 Cuando la tubería es usada como tubería en un campo solar de una central de energía solar de reflectores cilíndricos parabólicos o una central eléctrica de tipo Fresnel, la tubería comprende usualmente un tubo situado en el

interior, a través del cual circulan las sales fundidas, y una cubierta de vidrio situada en el exterior. El espacio intermedio entre el tubo situado en el interior y la cubierta de vidrio situada en el exterior está evacuado. La superficie del tubo situado en el interior usualmente está realizada de manera que la misma absorbe la radiación solar, calentando de ese modo. El calor es transferido desde el tubo situado en el interior hacia el portador térmico que circula a través de los tubos. Esas áreas se conocen en general también como receptores.

En las centrales de energía solar mencionadas las tuberías usualmente se extienden en forma de u, donde una cara de la tubería se encuentra conectada a una entrada y una segunda cara se encuentra conectada a una salida. Las caras de la tubería se extienden sin curvaturas sobre un recorrido de usualmente al menos 100 m, preferentemente sobre al menos 300 m. En el lado situado de forma opuesta a la entrada y a la salida las dos caras están unidas una con otra mediante una pieza tubular que se extiende de forma transversal. Las sales fundidas circulan entonces sobre un arco hacia la pieza transversal y, desde el arco, hacia la segunda tubería que forma la segunda cara, situada de forma paralela. En una forma de ejecución preferente, las curvas del tubo, para la desviación del flujo, presentan respectivamente una sección de la tubería que continúa en la dirección de la tubería, donde la sección de la tubería está cerrada con un cierre y el conductor de calentamiento es conducido a través del cierre de la sección de la tubería. Para que durante el funcionamiento del conductor de calentamiento aislado no se transfiera ninguna tensión a la tubería, usualmente el conductor de calentamiento es guiado con un aislamiento a través del cierre de la tubería. El aislamiento sirve al mismo tiempo para hermetizar.

El cierre de la sección de la tubería puede estar realizado por ejemplo como brida ciega. Puede utilizarse también cualquier tapa que resista la presión que se produce en las tuberías. Sin embargo, se considera preferente una brida ciega.

Independientemente del tipo y la forma del conductor de calentamiento, preferentemente en el extremo del conductor de calentamiento está colocada una barra redonda. Por ejemplo, esta puede estar unida con el conductor de calentamiento a través de una unión por soldadura, una unión por tornillos o una unión por apriete, y puede estar unida de forma aislante o no aislante con la tubería. De este modo, la unión debe realizarse de manera que la barra redonda se encuentre conectada de forma bien eléctricamente conductora con el conductor de calentamiento. Cuando el cierre de la sección de la tubería es una brida ciega, entonces la barra redonda para la fijación es guiada y fijada por ejemplo de forma eléctricamente aislante o no aislante en una construcción de prensaestopas. En el caso del conductor de calentamiento aislado, para impedir que corriente eléctrica sea conducida hacia los tubos, la empaquetadura de la construcción de prensaestopas se realiza de forma eléctricamente aislante. A través de la empaquetadura se obtiene una abertura entre la barra redonda y el pasaje del conductor de calentamiento hacia la tubería. Sobre la abertura puede aplicarse una tensión reducida de hasta 0,7 V. A pesar de la tensión reducida, en la abertura y en las proximidades de la abertura reina una intensidad del campo eléctrica elevada. Esa intensidad del campo eléctrica elevada provoca un flujo de corriente hacia y sobre la pared de la tubería cuando el sistema de tubería está llenado con sales fundidas eléctricamente conductoras.

Un aislamiento eléctrico completo del conductor interno en el interior de la tubería cerca de su introducción, por ejemplo mediante la brida ciega, impide un flujo de corriente no deseado. El aislamiento eléctrico puede colocarse por ejemplo en el área de un prensaestopas o en el área de una junta plana. Cuando se utiliza una junta plana pueden utilizarse además atornilladuras eléctricamente aisladas.

Puesto que los materiales utilizados para el aislamiento eléctrico usualmente no son resistentes con respecto a las temperaturas que reinan en el interior de las tuberías debido a las sales fundidas, a través de materiales de aislamiento térmicos adecuados, es posible generar un gradiente de temperatura. De este modo, en el área de la brida ciega en la tubería es posible por ejemplo alojar un material de fibras para el aislamiento térmico. Como material de fibras puede utilizarse por ejemplo un tejido de fibras de cuarzo. La barra redonda en la cual está fijado el conductor de calentamiento es conducida a través de un manguito eléctricamente aislante y resistente a temperaturas elevadas, por ejemplo de cerámica o de carburo de silicio. Al primer manguito de cerámica o de carburo de silicio le sigue un segundo manguito eléctricamente aislante, el cual ya no debe ser tan resistente a las temperaturas elevadas. Como material para el segundo manguito es adecuado por ejemplo el politetrafluoroetileno (PTFE) u otro material plástico de alta temperatura. Los dos manguitos eléctricamente aislantes están rodeados por otro manguito que termina en una brida. La brida está cerrada con un aislamiento eléctrico, con una segunda brida. Para conducir la barra redonda a través de la brida que puede ser cerrada se utiliza un prensaestopas que está hermetizado con una junta. A través de los materiales aislantes utilizados, la temperatura en el área del prensaestopas es tan reducida que la junta puede realizarse de un material estándar.

Si la sal solidificada en la tubería debe ser fundida, entonces el conductor de calentamiento, en el área de la introducción, sólo puede generar una cantidad de calor reducida para no poner en riesgo la formación de un gradiente de temperatura. Por ejemplo, esto puede lograrse debido a que el conductor de calentamiento, en el área de su introducción en la tubería, presenta una resistencia eléctrica más reducida que en la zona de calentamiento propiamente dicha. La resistencia eléctrica más reducida puede lograrse por ejemplo debido a que la barra redonda en la cual desemboca el conductor de calentamiento está realizada con un diámetro más grande que el conductor de calentamiento en la zona de calentamiento. De manera alternativa y adicional, el conductor de calentamiento en el

5 área de la introducción en la tubería puede contener un material eléctricamente en particular muy buen conductor, para evitar un calentamiento del conductor de calentamiento en el área de la introducción hacia la tubería. Un material eléctricamente en particular muy buen conductor es por ejemplo el cobre o el aluminio. De este modo, el conductor de calentamiento en el área de la introducción puede estar realizado completamente o parcialmente del material eléctricamente muy buen conductor. De esta manera es posible por ejemplo construir el conductor de calentamiento en el área de la introducción de manera que éste contenga un centro de cobre macizo.

De manera alternativa con respecto a una barra redonda puede utilizarse también una barra con cualquier otra sección transversal. Sin embargo, se considera preferente una barra redonda.

10 El conductor interno también puede estar instalado en el sistema de tubería sin aislamiento. En ese caso, la introducción se realiza sin ninguna medida de aislamiento. Esto se considera ventajoso en particular cuando por ejemplo secciones individuales de la tubería de un bucle solar no deben unirse unas con otras a través de uniones de brida, sino que se encuentran soldadas unas con otras. De este modo ya no es posible controlar la resistencia eléctrica de toda la tubería a través del aislamiento de las secciones individuales de la tubería. Cuando el conductor de calentamiento no se encuentra aislado eléctricamente con respecto a las secciones de la tubería soldadas unas con otras, al aplicar una tensión a través de las secciones individuales de la tubería y de los conductores internos, circulan corrientes cuya relación es proporcional a la relación de la conductividad de la tubería con respecto a la conductividad del conductor de calentamiento. En correspondencia con la relación se genera calor en la tubería, así como en el conductor de calentamiento. A través de la selección de una sección transversal suficiente del conductor de calentamiento y de la selección de un material eléctricamente muy buen conductor para el conductor de calentamiento, por ejemplo cobre o aluminio, la resistencia del conductor de calentamiento puede reducirse en tal medida y la conductividad puede aumentarse en tal medida, de manera que la corriente es conducida de modo suficientemente intenso en el conductor de calentamiento, y el desarrollo del calor en el conductor de calentamiento conducido en el interior de la tubería es concentrado en una magnitud tal que el conductor de calentamiento se calienta más rápido que la tubería. Para un calentamiento más rápido del conductor interno es necesario que la tubería presente en general una masa marcadamente mayor y, con ello, una capacidad térmica más elevada que el conductor interno.

En el caso de una disposición de esa clase con conductores de calentamiento no aislados, sobre toda la longitud, en un caso ideal, no se producen diferencias de potencial entre los conductores de calentamiento y la tubería. La tubería debe aislarse eléctricamente con respecto al armazón del aparato que soporta la tubería.

30 Para que el conductor de calentamiento no resulte dañado a través de las sales fundidas que circulan por la tubería, de manera preferente, éste se encuentra realizado de un material resistente a la corrosión con respecto a la sal utilizada, en particular con respecto al nitrato. De manera alternativa - del modo antes descrito - es posible que el conductor de calentamiento se encuentre provisto de una cubierta resistente a la corrosión. Si el conductor de calentamiento está realizado de un material resistente a la corrosión, entonces en función de la temperatura son adecuados en particular los aceros del tipo St 1.4571 y St 1.4541, pero también St 1.4301 o aceros a base de níquel, como St 2. 4856.

40 Si se utiliza un acero inoxidable, por ejemplo St 1.4571, en el conductor de calentamiento se forma primero una capa de óxido metálico/nitruro de pasivación, de aproximadamente 15 mm de espesor, que inhibe la corrosión, la cual opone al flujo de corriente una resistencia perceptible. La resistencia de la capa protectora ayuda a controlar el potencial del sistema de conductor de calentamiento. También tensiones eléctricas reducidas pueden activar procesos de electrodos en sales conductoras, donde dichos procesos conducen a deterioros corrosivos. Los procesos de electrodos pueden utilizarse a partir de una tensión límite determinada. La capa protectora que inhibe la corrosión produce una protección a través de sobretensión, aumentando así la tensión de descomposición del sistema.

45 La utilización del conductor de calentamiento en el interior de la tubería permite dominar puntos de fusión elevados del portador térmico utilizado en la tubería. Esto hace posible utilizar también mezclas de sales que presentan un punto de fusión más elevado que las mezclas de sales planteadas hasta el momento. De este modo, pueden utilizarse por ejemplo mezclas de nitratos que contienen nitrato de sodio como componente principal. Lo mencionado ofrece la ventaja de que pueden preservarse en mayor medida yacimientos de potasio que se pueden utilizarse para la producción de fertilizantes de potasio. Actualmente, una así llamada "sal solar 60" contiene 60 % en peso de nitrato de sodio y 40 % en peso de nitrato de potasio. La proporción de nitrato de sodio en la sal puede aumentarse a 80 % en peso, inclusive a más de 90 % en peso y más. El punto de fusión de la sal aumenta correspondientemente desde 235°C en el caso de una mezcla de 40 % en peso de nitrato de potasio y 60 % en peso de nitrato de sodio a 273°C en el caso de una mezcla de 80 % en peso de nitrato de sodio y 20 % en peso de nitrato de potasio y a 293° en el caso de una mezcla de 90 % en peso y 10 % en peso de nitrato de potasio. Al utilizar nitrato de sodio puro el punto de fusión se ubica en 306°C.

En las figuras se representan ejemplos de ejecución de la presente invención, los cuales se explican en detalle en la siguiente descripción.

Las figuras muestran:

Figura 1: varias tuberías con una alimentación de corriente central;

5 Figura 2: varias tuberías que están divididas en secciones y donde cada sección está conectada a una alimentación de corriente;

Figura 3: un bucle de la tubería en una central de energía solar, el cual está dividido en dos secciones y donde en cada sección se suministra corriente en dos posiciones;

Figura 4: una alimentación de corriente central en una tubería con conductor de calentamiento interno;

10 Figura 5: una disposición para el suministro de intensidades de corriente elevadas en una pieza tubular, en una representación en sección;

Figura 6: una disposición según la figura 5 en una disposición tridimensional;

Figura 7: una conexión de dos elementos de la tubería, los cuales se utilizan como elementos calentadores de resistencia.

15 La figura 1, a modo de ejemplo, muestra varias tuberías que se extienden paralelamente una con respecto a otra, con una alimentación de corriente central.

Para el calentamiento, una tubería 1 está provista de un elemento calentador de resistencia eléctrica. El elemento calentador de resistencia eléctrica puede ser por ejemplo una pared eléctricamente conductora de la tubería, en la cual se aplica una tensión. De manera alternativa, sin embargo, el conductor calentador puede utilizarse como elemento calentador de resistencia eléctrica. Un conductor calentador de esa clase puede extenderse situado en el interior de la tubería 1 o puede situarse en el exterior, de forma adyacente con respecto a la pared de la tubería 1.

20 Cada tubería 1 presenta un primer extremo 3 y un segundo extremo 5. A través del primer extremo 3 puede ingresar a la tubería 1 por ejemplo un fluido, por ejemplo sales fundidas, en una central eléctrica solar, o también aceite u otro líquido. En el segundo extremo 5 el fluido abandona nuevamente la tubería. Para ello, por ejemplo es posible conectar respectivamente el primer extremo 3 de varias tuberías 1 con un distribuidor, no representado aquí, y conectar respectivamente el segundo extremo 5 de varias tuberías 1 con un colector, el cual no se encuentra representado en este caso. Preferentemente, respectivamente los primeros extremos 3 de todas las tuberías 1 están conectados con el distribuidor y los segundos extremos 5 de todas las tuberías 1 están conectados con el colector. El colector y el distribuidor pueden estar realizados igualmente en forma de tubería, donde las tuberías 1 respectivamente derivan desde el colector o desde el distribuidor.

25 En la forma de ejecución representada en la figura 1, cada tubería comprende un elemento calentador de resistencia eléctrica que se extiende desde el primer extremo 3 hasta el segundo extremo 5. En el primer extremo 3 y en el segundo extremo 5, en el elemento calentador de resistencia eléctrica se regula un potencial próximo al potencial a tierra. Para ello, los elementos calentadores de resistencia eléctrica están todos conectados eléctricamente unos con otros. De manera adicional es posible, pero no necesario, conectar a tierra los elementos calentadores de resistencia eléctrica en la posición en la cual se regula un potencial en el elemento calentador de resistencia eléctrica, próximo al potencial a tierra, por ejemplo guiando un conductor eléctrico en el suelo.

30 Entre las posiciones en las cuales se regula un potencial próximo al potencial a tierra, los elementos calentadores de resistencia eléctrica están conectados respectivamente con una fase 7 de una fuente de corriente alterna 9. La cantidad de fases de la fuente de energía alterna 9 corresponde a la cantidad de tuberías 1 de la forma de ejecución representada en la figura 1. Si la cantidad de las fases 7 es menor que la cantidad de las tuberías 1, entonces respectivamente tantas tuberías 1 son concentradas formando un grupo, como las fases 7 que presenta la fuente de corriente alterna 9. De este modo, cada tubería 1 de un grupo puede estar conectada con una fase 7 de la fuente de corriente alterna 9. Para cada otro grupo de tuberías 1 se utiliza entonces otra fuente de corriente alterna 9.

35 En la figura 2 se representan varias tuberías que respectivamente están divididas en varias secciones, y en donde cada sección está conectada a una alimentación de corriente.

En el caso de una gran longitud de las tuberías 1 puede ser necesario utilizar varias fuentes de corriente alterna 9 para el calentamiento, ya que la longitud del elemento calentador de resistencia eléctrica de lo contrario es

demasiado grande debido a la longitud de la tubería. En ese caso, las tuberías 1 y, con ello, también los elementos calentadores de resistencia eléctrica, son divididos en secciones individuales. En el extremo de cada sección los elementos calentadores de resistencia eléctrica están conectados unos con otros de forma eléctrica, de manera que puede regularse un potencial próximo al potencial a tierra. Entre dos posiciones en las cuales se regula un potencial próximo al potencial a tierra, el elemento calentador de resistencia eléctrica está conectado a una fase 7 de una fuente de corriente alterna 9. A través de esa conformación cada sección está estructurada como la interconexión representada en la figura 1. Las posiciones en las cuales los elementos calentadores de resistencia eléctrica están conectados unos con otros de forma eléctrica para que se regule un potencial próximo al potencial a tierra, describen de este modo respectivamente el extremo de una sección y al mismo tiempo el inicio de una sección consecutiva. No es necesario conectar dos veces de forma eléctricamente conductora los elementos calentadores de resistencia eléctrica directamente de forma contigua para definir una vez el extremo de una sección y directamente al lado el inicio de una nueva sección. Para la alimentación de corriente a modo de secciones se alternan respectivamente una con otra una posición en la cual se alimenta un potencial próximo al potencial a tierra y una posición en la cual se suministra corriente.

Tanto en la figura 1 como también en la figura 2 es posible proporcionar la alimentación de corriente en el centro entre dos posiciones en las cuales se regula un potencial próximo al potencial a tierra. De manera alternativa, sin embargo, la alimentación de corriente puede tener lugar también por fuera del centro, entre dos posiciones en las cuales se regula un potencial próximo al potencial a tierra. La posición en la cual se suministra la corriente depende por ejemplo de la resistencia del elemento calentador de resistencia eléctrica y también de la potencia de calentamiento deseada. Cuando tiene que calentarse de forma no homogénea, la corriente es suministrada por ejemplo de forma excéntrica. A través de las diferentes longitudes del elemento calentador de resistencia eléctrica entre la alimentación de corriente y la posición en la cual se regula un potencial próximo al potencial a tierra, resultan diferentes resistencias y, con ello, también diferentes potencias de calentamiento.

De manera alternativa con respecto a la forma de ejecución representada en las figuras 1 y 2 con varias tuberías rectas que se extienden de forma paralela, las tuberías pueden adoptar también cualquier otra forma. De este modo, por ejemplo en las centrales eléctricas solares es usual que las tuberías se extiendan en forma de u. En ese caso, por ejemplo es posible conectar respectivamente en el centro en cada cara el elemento calentador de resistencia eléctrica que se extiende a través de la tubería 1, con una fuente de corriente, y conectar eléctricamente los elementos calentadores de resistencia eléctrica tanto en los extremos superiores de las caras como también en el área de la base de la tubería en forma de u, de manera que tanto en los extremos conectados unos con otros como también en la base del centro de la tubería que forma una "U", se regula un potencial próximo al potencial a tierra. Sin embargo, de manera alternativa también sería posible conectar eléctricamente unos con otros los extremos de las caras y proporcionar la alimentación de corriente en la base de la "U", formada por la tubería 1.

Junto con la fuente de corriente de energía alterna 9 aquí representada puede utilizarse también una fuente de corriente continua. En ese caso, sin embargo, sólo dos elementos calentadores de resistencia eléctrica pueden conectarse con los respectivos polos de la fuente de corriente continua. Un elemento calentador de resistencia eléctrica se conecta con el polo positivo de la fuente de corriente continua y un elemento calentador de resistencia eléctrica se conecta con el polo negativo de la fuente de corriente continua.

En la figura 3 se representa un bucle de la tubería en una central de energía solar, el cual está dividido en dos secciones y donde en cada sección se suministra corriente en dos posiciones.

En una central eléctrica solar cada tubería 1 está realizada en forma de un bucle de la tubería 11 en forma de u. El primer extremo 3 del bucle de la tubería 11 está conectado a un colector 13 y el segundo extremo 5 del bucle de la tubería está conectado a un distribuidor 15. En la forma de ejecución aquí representada, respectivamente hacia la cara 17 del bucle de la tubería 11 se suministra corriente y, tanto en los extremos de la cara 17, en los cuales éstos se encuentran conectados con el colector 13 o con el distribuidor 15, como también en el extremo opuesto de la cara 17 en los cuales éstos forman la base de la "U", los elementos calentadores de resistencia eléctrica están conectados eléctricamente unos con otros con baja impedancia, para que se regule un potencial próximo al potencial a tierra.

En la forma de ejecución representada en la figura 3, cada cara 17 de la tubería en forma de u forma una sección 19 que a su vez está dividida en tres secciones parciales, una primera sección parcial 21 con una primera resistencia R1, una segunda sección parcial 23 con una segunda resistencia R2 y una tercera sección parcial 25 con una tercera resistencia R3.

Respectivamente entre la primera sección parcial 21 y la segunda sección parcial 23, así como entre la segunda sección parcial 23 y la tercera sección parcial 25 se proporciona una alimentación de corriente 27. Para ello se utiliza una fuente de corriente alterna 9 que está conectada a un transformador 29. Al transformador 29 le siguen un primer aparato de conexión 31, por ejemplo un aparato de conexión del tiristor, y un segundo aparato de conexión 33, que a su vez están conectados entre sí con un conmutador 35, de manera que mediante el primer aparato de conmutación

ES 2 629 908 T3

31 es suministrada corriente hacia los elementos calentadores de resistencia eléctrica entre las primeras secciones parciales 21 y las segundas secciones parciales 23, o mediante el segundo aparato de conexión 33 es suministrada corriente entre las segundas secciones parciales 23 y las terceras secciones parciales 25.

5 Las respectivas resistencias eléctricas R1 en las primeras secciones parciales 21, las respectivas resistencias eléctricas R2 en las segundas secciones parciales 23 y las respectivas resistencias eléctricas R3 en las terceras secciones parciales 24 preferentemente son del mismo tamaño para que se compensen las fases en los extremos conectados de forma eléctricamente conductora con baja impedancia y se regule un potencial próximo al potencial a tierra. Las resistencias R1, R2 y R3 pueden ser de diferente tamaño.

10 Junto con el circuito del tiristor aquí representado es posible también un circuito del inversor. A través del transformador 29 no conectado a tierra del lado secundario, por una parte, se genera una diferencia de potencial flotante y por otra parte, a través del mismo, es posible una adecuación con respecto a las resistencias de los elementos calentadores de resistencia eléctrica.

El funcionamiento del circuito representado en la figura 3 se describirá a continuación a modo de ejemplo.

15 El bucle solar representado en la figura 3 posee seis secciones de resistencia en una disposición en forma de pares, con las resistencias R1, R2 y R3. R1 posee por ejemplo un aislamiento marcadamente peor en las áreas R2 y R3.

Si en la fase 1 es válido $R1+R2=R3$ y si se aplica una tensión entre R2 y R3, entonces el bucle solar es calentado de forma homogénea en todas partes, con la misma cantidad de calor.

20 Cuando en la fase 2 se aplica una tensión entre R1 y R2, entonces el calentamiento es heterogéneo y se concentra en el área de R1. Con esa medida puede compensarse técnicamente en cuanto al circuito el mal aislamiento supuesto de R1 y puede alcanzarse una distribución homogénea de la temperatura sobre el bucle solar.

Con este fin, por ejemplo, el conmutador en la figura 3 puede conectarse a un regulador de temperatura que regula la temperatura deseada a través de la variación de los tiempos de conexión de la fase 1 y la fase 2.

25 De manera correspondiente, también en las mismas resistencias R1, R2, R3 de las secciones parciales 21, 23, 25; en función de la alimentación de corriente, podría realizarse una potencia de calentamiento diferente en las secciones parciales 21, 23, 25; por ejemplo cuando el líquido se calienta de forma no homogénea en la tubería.

En la figura 4 se representa una ejecución a modo de ejemplo de una alimentación de corriente central en un conductor de calentamiento de una tubería, situado en el interior.

30 La alimentación de corriente en un conductor de calentamiento 37 situado en el interior tiene lugar mediante dos entradas 39, las cuales por ejemplo están realizadas en forma de una empaquetadura 41. Para poder resistir fuerzas de flujo que se presentan en la tubería es necesario que las entradas estén provistas por ejemplo de dispositivos adicionales de descarga de tracción, por ejemplo en forma de ganchos y ojales en el área del punto de alimentación.

En las figuras 5 y 6 se representa una disposición con la cual pueden suministrarse a una pieza tubular intensidades de corriente elevadas, de modo uniforme sobre la circunferencia. En esa forma de ejecución, la pared de la tubería forma el elemento calentador de resistencia eléctrica.

35 La disposición para el suministro de intensidades de corriente elevadas comprende una barra metálica 43 que está soldada en una pieza tubular 45. Preferentemente, la barra metálica 43 y la pieza tubular 45 están realizadas del mismo material. La barra metálica 43 presenta una longitud dimensionada de manera que después del soldado una lengüeta 47 se separa lateralmente del tubo. En el extremo 49 libre de la lengüeta, por ejemplo mediante un dispositivo de apriete o atornilladura no representados aquí, puede establecerse una conexión eléctrica. Esta disposición ofrece la ventaja de que la conexión eléctrica tan sólo es exigida térmicamente de forma reducida. Una carga térmica reducida se alcanza en particular debido a que la longitud de la lengüeta 47 y, con ello, la distancia con respecto a la tubería 1, son seleccionadas lo suficientemente grandes.

40 Para generar un buen contacto térmico y eléctrico, la barra metálica 43 es extendida del modo lo más posiblemente estrecho sobre la pieza tubular 45 y es soldada con la pieza tubular 45. Otra mejora del contacto puede lograrse por ejemplo colocando materiales que mejoran el contacto, por ejemplo materiales de soldadura entre la pieza metálica 45 y la barra metálica 43.

Si la barra metálica 43 está realizada del mismo material que la tubería, por ejemplo de acero inoxidable, entonces ésta posee una conductividad eléctrica comparativamente mala. Para mejorar la conductividad es posible por ejemplo aplicar sobre la barra metálica 43 una capa 51 de un material eléctricamente buen conductor, por ejemplo

5 de cobre. El procedimiento para aplicar la capa 51 debe ser adecuado para aplicar una capa gruesa eléctricamente conductora. La capa 51 puede aplicarse sobre la barra metálica por ejemplo a través de plaqueado, en particular plaqueado por explosión. El grosor de la barra metálica y de la capa 51 de material eléctricamente buen conductor depende en particular de las intensidades de corriente eléctricas requeridas. De este modo, por ejemplo para suministrar una corriente eléctrica de 1000 A es adecuada una barra metálica 43 de aproximadamente 20 mm de ancho, con un grosor de 3 mm, la cual está revestida con una capa 51 de cobre de 3 mm de espesor.

10 A través de la colocación de la barra metálica 43 se introducen fuerzas en la pieza tubular 45. Para excluir una deformación no admisible, por tanto, es necesario realizar la pieza tubular 45 con una estabilidad suficiente, es decir, con un grosor de la pared suficientemente grande. En el caso de piezas tubulares de paredes delgadas la estabilidad puede alcanzarse colocando una cinta de acero para conformar un área 53 reforzada.

Si la disposición aquí representada para alimentación de corriente es operada en un calentamiento por efecto Joule, puede observarse que ésta presenta una temperatura más reducida que la tubería calentada. A través de una disminución 55 de la barra metálica en las proximidades de la tubería 1, de manera selectiva, puede generarse un punto caliente que puede calentar el área de la alimentación de corriente a través de conducción térmica.

15 En la figura 7 se representa una conexión de dos elementos de la tubería, los cuales se utilizan como elementos calentadores de resistencia.

20 Para compensar movimientos de la tubería condicionados térmicamente, en tuberías 1 extensas, es necesario instalar compensadores 57, con los cuales pueden desacoplarse secciones de la tubería 59 que están conectadas a través de los compensadores 57, con respecto a las fuerzas mecánicas. Cuando las secciones de la tubería 59 son calentadas a través de un calentamiento por efecto Joule, las corrientes elevadas necesarias para ello son conducidas mediante los compensadores 57. Para que en el compensador 57 no se formen puntos calientes o fríos, la resistencia eléctrica específica del compensador 57 debe ser tan grande como aquella del resto de la tubería 1. Además, la capacidad térmica específica del compensador debe corresponder también a aquella del resto de la tubería. En caso contrario, existe el riesgo de que temporariamente durante la fase de calentamiento puedan formarse puntos fríos o calientes.

30 Una buena aproximación a esas condiciones se alcanza cuando se utiliza un compensador 57 en forma de un tubo ondulado y en éste el grosor de la pared del fuelle del compensador 61 corresponde a aquél de la tubería. De este modo, debe considerarse además el hecho de que a través de la ondulación del fuelle del compensador 61 aumenta tendencialmente la resistencia eléctrica del compensador 57. Los compensadores que no se basan en tubos ondulados eventualmente no pueden conectarse en absoluto al sistema de calentamiento por efecto Joule. También exigencias mecánicas en el compensador 57 pueden dificultar en gran medida la regulación de una resistencia eléctrica adecuada.

35 Para prevenir esas dificultades es posible proporcionar un conductor adaptador 63 flexible dentro o fuera del compensador 57. Con el conductor adaptador 63, la resistencia eléctrica del compensador 57 puede regularse sin modificar esencialmente sus propiedades mecánicas al valor del resto de la tubería. Parámetros de adaptación posibles son por ejemplo el grosor, la longitud y el material del conductor adaptador 63. A través de la utilización del conductor adaptador 63 pueden incluirse en un circuito de calentamiento por efecto Joule todos los compensadores, aun aquellos que no se basan en tubos ondulados. Junto con un conductor adaptador 63 es posible también utilizar varios conductores adaptadores 63.

40 Las corrientes eléctricas provenientes de los conductores adaptadores son introducidas en un punto en la tubería. Para distribuir desde allí las corrientes de forma regular sobre la circunferencia de la tubería pueden utilizarse barras metálicas 65 con una resistencia eléctrica reducida, las cuales son extendidas y soldadas alrededor de la tubería 1. Para ello pueden utilizarse por ejemplo barras de acero inoxidable platinado con cobre.

45 Se considera preferente que como conductores se utilicen conductores de calentamiento internos que están colocados en el interior del compensador, tal como se representa en la figura 7. Se consideran preferentes en particular aquellos conductores de calentamiento internos que desarrollan calor y que pueden concentrar un canal de fundición que se extiende en el interior. Los conductores de calentamiento interno de esa clase presentan una ranura o están diseñados en forma de un tubo con aberturas distribuidas sobre la circunferencia. Pueden utilizarse también conductores de calentamiento que comprenden varias líneas que están torsionadas formando un cable de hilo trenzado. A través de la utilización de un conductor de calentamiento que puede conformar canales de fundición que se extienden en el interior, masa fundida puede ser descargada más allá del compensador a través de los canales de fundición. Gracias a ello puede contrarrestarse un daño del compensador a través del aumento del volumen durante la fundición.

	Lista de referencias
	1 tubería
	3 primer extremo
	5 segundo extremo
	7 fase
5	9 fuente de corriente alterna
	11 bucle de la tubería
	13 colector
	15 distribuidor
	17 cara
10	19 sección
	21 primera sección parcial
	23 segunda sección parcial
	25 tercera sección parcial
	27 alimentación de corriente
15	29 transformador
	31 primer aparato de conexión
	33 segundo aparato de conexión
	35 conmutador
	37 conductor de calentamiento situado en el interior
20	39 entrada
	41 empaquetadura
	43 barra metálica
	45 pieza tubular
	47 lengüeta
25	49 extremo libre
	51 capa de material eléctricamente buen conductor
	53 área reforzada
	55 disminución
	57 compensador
30	59 sección de la tubería
	61 fuelle del compensador

ES 2 629 908 T3

63 conductor adaptador

65 barra metálica

R1 primera resistencia

R2 segunda resistencia

5 R3 tercera resistencia

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para calentar un sistema de tubería, el cual comprende al menos dos tuberías (1), a lo largo de las cuales se extiende respectivamente un elemento calentador de resistencia (37) eléctrica, caracterizado porque en cada elemento calentador de resistencia (37) eléctrica, en al menos un extremo (3, 5) se regula un potencial próximo al potencial a tierra y respectivamente un elemento calentador de resistencia (37) eléctrica, en una posición ubicada distanciada de ese extremo (3, 5), se encuentra conectado respectivamente con un polo de una fuente de corriente continua o respectivamente con una fase (7) de una fuente de corriente alterna (9) de n- fases, donde en caso de utilizar una fuente de energía alterna (9) de n- fases n es un número entero es igual o mayor que 2.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque en el elemento calentador de resistencia (37) eléctrica, en ambos extremos, se regula un potencial próximo al potencial a tierra y el elemento calentador de resistencia (37) eléctrica, entre los extremos, se encuentra conectado al polo de la fuente de corriente continua o a la fase de la fuente de corriente alterna (9).
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 2, caracterizado porque la fuente de corriente continua o la fase de una fuente de corriente alterna son generadas de manera flotante, donde en la fuente de tensión sólo se aplica una diferencia de tensión pero ningún potencial absoluto.
- 20 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque cada elemento calentador de resistencia (37) eléctrica está dividido en al menos dos secciones (19), donde en los extremos de cada sección (19) se regula un potencial próximo al potencial a tierra y entre los extremos se encuentra conectada una fuente de corriente continua o una fase de una fuente de corriente alterna (9), donde respectivamente los extremos de todas las secciones (19) que son alimentadas desde una fuente de corriente continua o desde una fuente de corriente alterna (9) de n- fases, están conectados eléctricamente unos con otros.
- 25 5. Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque cada sección (19) es alimentada desde al menos dos fuentes de corriente (9), donde cada fuente de corriente puede ser una fuente de corriente continua o una fuente de corriente alterna (9) y las fuentes de corriente respectivamente están conectadas en diferentes posiciones en el elemento calentador de resistencia (37) eléctrica.
- 30 6. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque al menos una fuente de corriente (9), desde la cual es alimentada la sección (19), es una fuente de corriente continua y al menos una fuente de corriente es una fuente de corriente alterna.
- 35 7. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque todas las fuentes de corriente (9) son fuentes de corriente alterna o todas las fuentes de corriente son fuentes de corriente continua, donde las fuentes de corriente son operadas de forma alternada, de manera que respectivamente sólo una fuente de corriente suministra corriente a la sección.
- 40 8. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque todas las fuentes de corriente (9) son fuentes de corriente alterna, las cuales son operadas con diferentes frecuencias o en fases desplazadas unas con respecto a otras, donde las fuentes de corriente suministran corriente al mismo tiempo o de forma alternada.
- 45 9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque en caso de la utilización de fuentes de corriente continua en el caso de una cantidad de tuberías (1) mayor que dos, respectivamente dos tuberías son combinadas formando un grupo, cuyos elementos calentadores de resistencia (37) eléctricas se conectan a los polos de una fuente de corriente continua, o en el caso de la utilización de fuentes de corriente alterna (9) de n- fases en el caso de una cantidad de tuberías (1) mayor que n, tuberías (1) son combinadas formando un grupo cuyos elementos calentadores de resistencia (37) eléctricas se conectan con las fases de una fuente de corriente alterna (9).
- 50 10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el elemento calentador de resistencia (37) eléctrica es un conductor de calor guiado en la tubería (1).
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la pared de la tubería (1) es eléctricamente conductora al menos de forma parcial y el elemento calentador de resistencia eléctrica está formado por la pared de la tubería (1).
12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque para la introducción de corriente una barra metálica (43) revestida con una capa (51) de un material eléctricamente buen conductor es fijada radialmente en la pared de la tubería (1) y la barra metálica (43) presenta una lengüeta (47) que se separa de la tubería, a la cual puede conectarse una fuente de corriente.

13. Dispositivo según la reivindicación 11 ó 12, caracterizado porque en la tubería (1) están alojados compensadores (57), donde las secciones de la tubería (59) que están conectadas a través de un compensador (57), se encuentran en contacto eléctrico unas con otras a través de al menos un conductor adaptador (61) que atraviesa el compensador.
- 5 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque un portador térmico que circula a través de las tuberías (1).
15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque las tuberías (1) son bucles térmicos en una central solar.

FIG.1

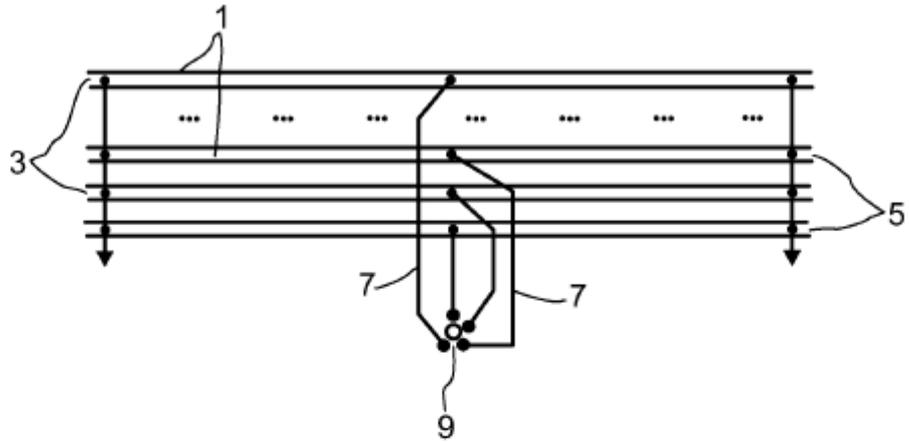


FIG.2

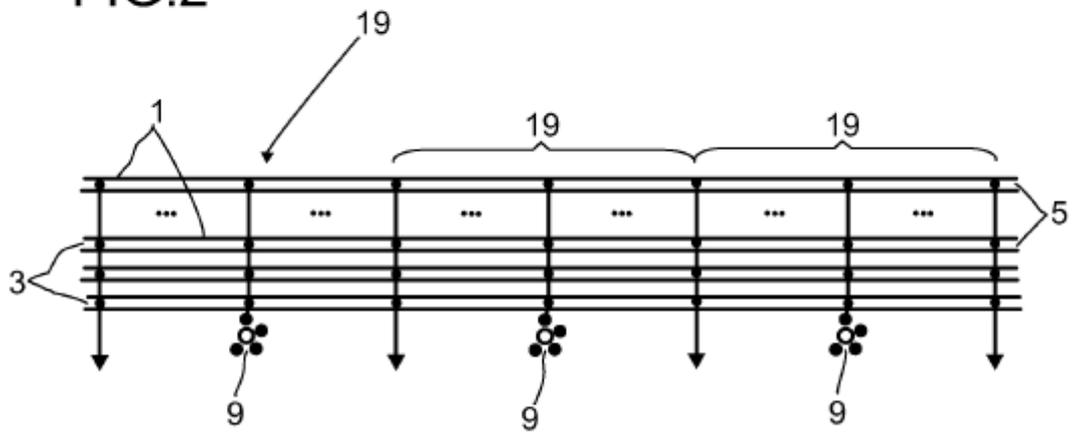


FIG.4

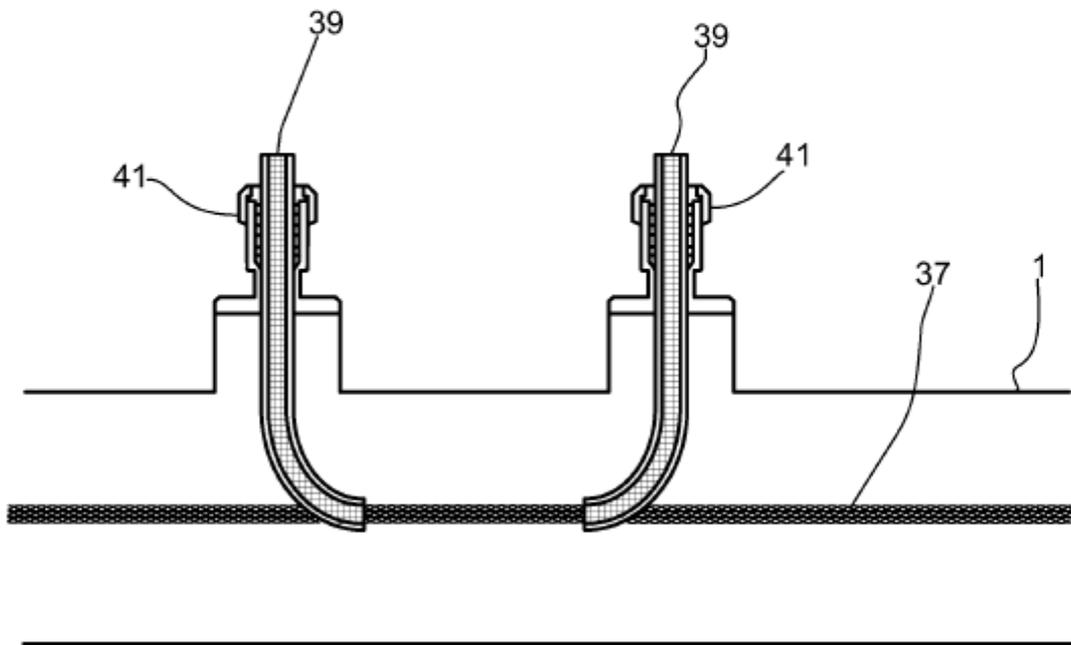


FIG.5

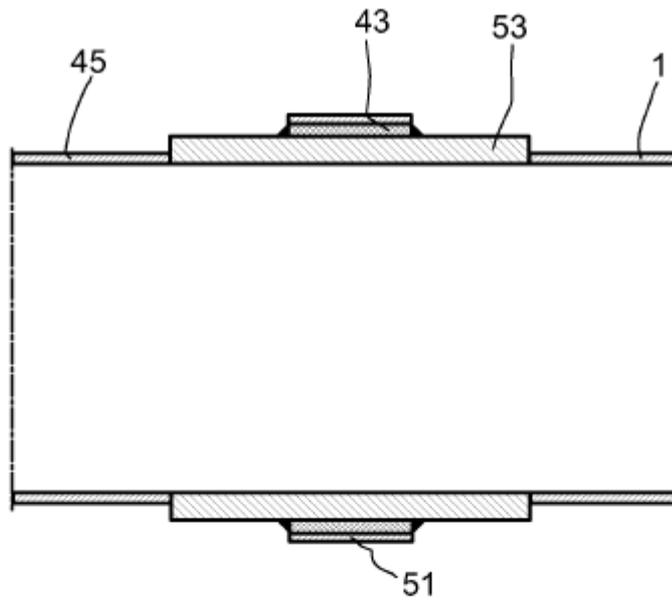


FIG.6

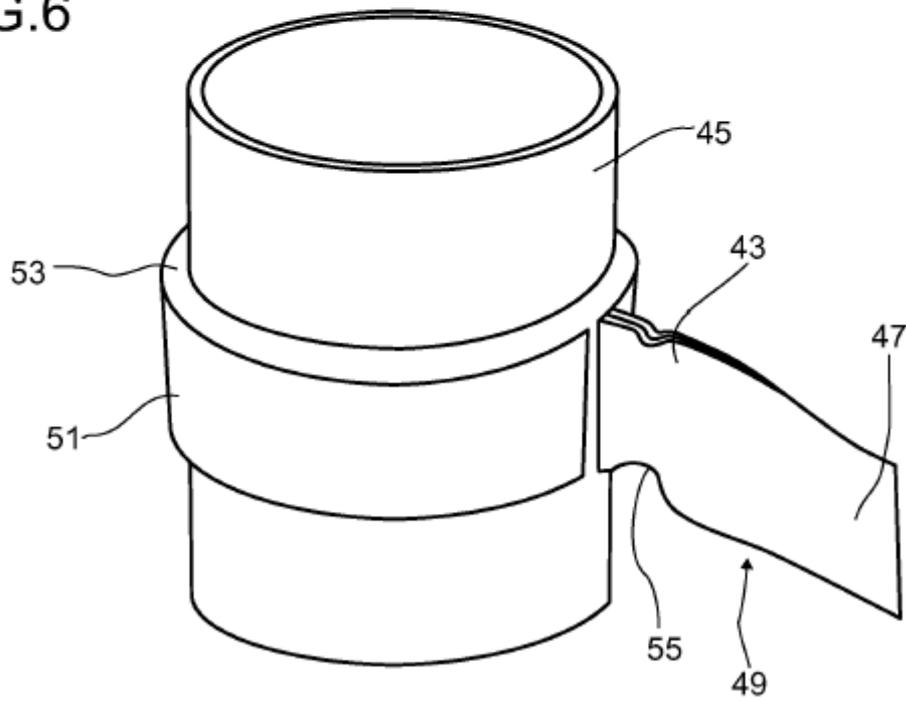


FIG.7

