

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 362**

51 Int. Cl.:

**F28G 1/08** (2006.01)

**F28G 1/00** (2006.01)

**F28G 1/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2015 PCT/EP2015/056734**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15144889**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2015 E 15713189 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3123096**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para limpiar haces de tubos**

30 Prioridad:

**28.03.2014 DE 102014104356**

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

**22.04.2020**

73 Titular/es:

**LOBBE INDUSTRIESERVICE GMBH & CO. KG  
(100.0%)**

**Stenglingser Weg 4-12  
58642 Iserlohn , DE**

72 Inventor/es:

**EISERMANN, REINHARD y  
SKALETZ, BODO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 755 362 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**

Procedimiento y dispositivo para limpiar haces de tubos

5 La invención se refiere a un procedimiento para limpiar haces de tubos con extremos abiertos en el lado frontal, en particular haces de tubos de intercambiadores de calor, enfriadores de aire o condensadores, en el que un dispositivo de limpieza que presenta al menos un equipo de limpieza está colocado adyacente a los extremos abiertos del haz de tubos y a continuación el al menos un equipo de limpieza que presenta una manguera de alta presión se dispone mediante un equipo de control alineado sucesivamente con el tubo respectivo del haz de tubos y el equipo de limpieza se inserta en el tubo respectivo y se solicita con líquido a alta presión.

10 Además, la invención se refiere a un dispositivo para limpiar haces de tubos con extremos abiertos en el lado frontal, en particular de haces de tubos de intercambiadores de calor, enfriadores de aire o condensadores de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8. Un dispositivo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8 se conoce por el documento US 6.681.839.

15 Los haces de tubos se utilizan en varias aplicaciones, por ejemplo en intercambiadores de calor, condensadores, enfriadores de aire, etc. en aplicaciones industriales. Dependiendo del medio de transferencia de calor, no se puede evitar que los tubos de los haces de tubos se obstruyan o se incrusten durante un período de uso más prolongado con suciedad o similares, con el resultado de que los tubos individuales incluso fallen por completo. Por lo tanto, es necesario limpiar el interior de los tubos de tales haces de tubos y dado el caso el espejo del haz de tubos de vez en cuando.

20 Actualmente, esto sucede generalmente de tal manera que los haces de tubos se abren y se acercan manualmente y una manguera de alta presión provista con boquilla de rociado en su extremo anterior se empuja a través de los tubos individuales, de modo que el agua que sale a chorro desde la boquilla de rociado o similar, que puede presentar una presión de 25 a 3000 bar, elimina las incrustaciones en las paredes internas de los tubos. A este respecto, el operador está expuesto a diversos peligros, según el entorno en el que esté dispuesto el haz de tubos y según el tipo y la naturaleza de la suciedad en los tubos. Además, la limpieza manual realizada por un operador no evita de manera confiable que durante la limpieza varios tubos se omitan involuntariamente y no se limpien.

25 Por el documento DE 34 18 835 C2 se conoce un procedimiento para limpiar haces de tubos. Este dispositivo conocido se usa en particular para poder limpiar haces de tubos contaminados por radiactividad de una manera simple y esencialmente sin trabajo manual en sus inmediaciones. Para este propósito, en el dispositivo conocido una cámara de vídeo y lámparas están dispuestas en un carro de limpieza y está previsto un aparato de control dispuesto en remoto con palancas manuales y con un monitor para la cámara de vídeo, que controla los movimientos del carro de limpieza y la manguera de alta presión.

30 Sin embargo, esta solución semiautomática por así decirlo aún requiere personal operativo que controle el aparato de control remoto con palancas manuales mientras rastrea la actividad a través de las imágenes de la cámara de vídeo. Todavía no se excluyen los errores de funcionamiento, es decir, no se puede garantizar que se limpien todas los tubos del haz de tubos respectivo.

35 El documento US 6.681.839 desvela un procedimiento para limpiar haces de tubos con extremos abiertos en el lado frontal, en particular haces de tubos de intercambiadores de calor, enfriadores de aire o condensadores, en el que un dispositivo de limpieza que presenta al menos un equipo de limpieza está colocado adyacente a los extremos abiertos del haz de tubos y a continuación el al menos un equipo de limpieza que presenta una manguera de alta presión se dispone mediante un equipo de control alineado sucesivamente con el tubo respectivo del haz de tubos y el equipo de limpieza se inserta en el tubo respectivo y se presuriza con líquido a alta presión. El documento US 6.681.839 desvela un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

40 El objetivo de la invención es mejorar un procedimiento y un dispositivo del tipo descrito al principio para que tenga lugar una limpieza rápida y confiable sin errores de manejo.

45 El objetivo se consigue con un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo con las características de la reivindicación 8.

50 En el procedimiento del tipo descrito anteriormente, está previsto de acuerdo con la invención que durante la inserción del al menos un dispositivo de limpieza en el tubo respectivo, el equipo de control mida y monitorice la profundidad de inserción.

55 La monitorización de la profundidad de inserción incluye preferentemente una observación, medición y/o control continuos de la profundidad de inserción para poder documentar el progreso de la limpieza. También es posible fijar adicionalmente o exclusivamente las profundidades de inserción máximas logradas. El término inserción significa tanto la introducción de la manguera de alta presión en el tubo como el paso de la manguera de alta presión a través del tubo respectivo.

Se pone a disposición un procedimiento de limpieza automatizado en el que la profundidad de inserción del equipo de limpieza se mide y monitoriza durante cada proceso de inserción (dado el caso intentado) del al menos un equipo de limpieza en el tubo respectivo. Si el equipo de control constata que el equipo de limpieza o la manguera de alta presión no se pudieron insertar o no se insertaron completamente en el tubo respectivo, entonces dado el caso. Se genera un mensaje de error que, por ejemplo, puede dar como resultado una limpieza manual posterior del tubo en cuestión. Los errores de manejo se excluyen en gran medida debido a que el equipo de control de cada tubo del haz de tubos se pone en marcha con al menos un equipo de limpieza, se constata una limpieza no completa de un tubo al constatar la profundidad de inserción respectiva.

De acuerdo con la invención está previsto que la profundidad de inserción respectiva se almacena en el equipo de control o en un equipo de almacenamiento y documentación conectado al equipo de control y se documenta para el proceso de limpieza respectivo. El equipo de almacenamiento y documentación también puede estar integrado en el equipo de control. La documentación comprende preferentemente la asignación de la profundidad de inserción medida en cada caso con respecto al tubo relevante, por ejemplo, al número de tubo o al lugar del tubo, que se define, por ejemplo, a través de las correspondientes coordenadas X e Y. Además, la documentación comprende preferentemente información sobre si cada tubo se acercó y si cada tubo pudo limpiarse parcial o completamente. Mediante el almacenamiento de estos datos, se documenta el estado completo de la limpieza.

El resultado de la limpieza se documenta para cada tubo de modo que se crea un perfil de ensuciamiento tridimensional del haz de tubos en conexión con las profundidades de inserción. Tal perfil de ensuciamiento presenta la ventaja de que de este se pueden derivar puntos débiles constructivos, por ejemplo un intercambiador de calor, de modo que se pueden efectuar cambios estructurales específicos en el intercambiador de calor para reducir el ensuciamiento y el grado de ensuciamiento de un haz de tubos en el futuro.

De esta manera, es posible documentar completamente el resultado de la limpieza, es decir, es comprensible para el usuario, si se ha realizado una limpieza completa de todos los tubos del haz de tubos o no. En caso de una limpieza incompleta, por lo que la eficiencia del haz de tubos se ve afectada, dado el caso, puede tener lugar de manera dirigida una limpieza posterior (también manualmente).

Para reducir el tiempo de limpieza, está previsto preferentemente que se use un dispositivo de limpieza con varios equipos de limpieza paralelos, que se insertan simultáneamente en tubos adyacentes y cuya profundidad de inserción se mide y monitoriza de manera independiente.

En una configuración particularmente preferida, está previsto que la disposición respectiva y el movimiento de inserción del equipo de limpieza respectivo se lleve a cabo automática o semiautomáticamente por el equipo de control con ayuda de los datos de geometría almacenados de los tubos del haz de tubos. Por los datos de geometría de los tubos se entienden preferentemente las coordenadas de lugar de los tubos. Los datos de geometría también pueden comprender distancias entre tubos y/o el diámetro y/o la longitud de los tubos y/o el número de los tubos.

Después de colocar el dispositivo de limpieza en el extremo frontal del haz de tubos respectivo, el proceso de limpieza se puede realizar de forma totalmente automática.

En una realización semiautomática del proceso de limpieza, un operador asume algunas tareas. Por esto se entiende el acercamiento manual de puntos de referencia, tubos de referencia o filas de tubos, como filas de tubos o columnas de tubos. En el acercamiento manual o desplazamiento manual del equipo de limpieza, el operador introduce los comandos de control correspondientes en el equipo de control, preferentemente por medio de un control remoto. El control remoto puede estar conectado mediante cable o radio al equipo de control.

La limpieza total o semiautomática de los tubos tiene la ventaja de que el operador puede mantenerse alejado del haz de tubos que ha de limpiarse, intercambiadores de calor, etc. El operador puede encontrarse fuera de la zona de peligro y, por lo tanto, no entra en contacto con la suciedad del tubo durante el proceso de limpieza. No se requiere un contacto visual con la superficie frontal del haz de tubos porque la liberación para acercarse a la siguiente posición se realiza a través de la retroalimentación de los servomotores para el accionamiento de la manguera. Por ejemplo, se puede dar la orden de continuar y guardar los datos.

Además de los beneficios en términos de seguridad laboral, también hay beneficios económicos.

Si bien, por ejemplo, en la limpieza manual de un haz de tubos que comprende 6000 tubos hasta el momento se requerían dos personas durante 10 días en la operación de dos turnos, este trabajo se puede hacer según el procedimiento de acuerdo con la invención en un cuarto a un tercio del tiempo requerido.

Si los datos geométricos del haz de tubos respectivo no están disponibles, está previsto de acuerdo con una realización adicional preferida que se registren los datos geométricos de los tubos del haz de tubos mediante el acercamiento manual de los tubos con el al menos un equipo de limpieza. Luego, el operador coloca sucesivamente el al menos un equipo de limpieza mediante intervención manual en el equipo de control en todos los tubos del haz de tubos sin que

el equipo de limpieza o la manguera de alta presión se inserte en los tubos.

Si no se trata solo de registrar los datos del tubo, la manguera de alta presión o las mangueras de alta presión también se pueden insertar en los tubos durante esta salida inicial y el proceso de limpieza se puede llevar a cabo de inmediato.

5 La posición geométrica de todos los tubos del haz de tubos se registra y almacena, de modo que los datos de geometría se almacenan para el proceso de limpieza o los procesos de limpieza posteriores en el futuro. Cada proceso de limpieza siguiente como tal se puede llevar a cabo de manera completamente automática o semiautomática sobre la base de los datos geométricos así registrados.

10 La profundidad de inserción se mide preferentemente mediante un servomotor de un equipo de avance para la manguera de alta presión de un dispositivo de limpieza. Por servomotor se entienden motores eléctricos que permiten el control de la posición angular del árbol del motor y la velocidad de rotación y la aceleración. Los servomotores suelen presentar un sensor para determinar la posición del eje del motor. La posición de rotación del eje del motor determinada por el sensor se transmite a una electrónica de control, que se conoce como servoregulador.

15 La medición de la profundidad de inserción se determina mediante la evaluación, por ejemplo del número de revoluciones del eje impulsor, teniendo en cuenta el alcance de un rodillo impulsor para la manguera de alta presión. La profundidad de inserción se puede determinar de esta manera con alta precisión.

20 Preferiblemente, el par del servomotor durante la inserción de la manguera de alta presión en el tubo se mide de forma continua o discontinua, y los datos de par se almacenan junto con la profundidad de inserción respectiva en el equipo de control en un equipo de almacenamiento y documentación conectado al equipo de control. Mediante los valores de par puede deducirse el grado de ensuciamiento del tubo en cuestión.

25 Preferentemente, durante la inserción con un aumento en el par del servomotor sobre un valor predeterminado el servomotor por ejemplo se apaga, se cambia a un modo de lavado, al retorno o a un modo de vibración. Si el par aumenta durante la inserción por encima de un valor predeterminado y no baja al nivel normal el obstáculo no puede eliminarse o no puede eliminarse fácilmente y el proceso de limpieza debería interrumpirse en este punto inicialmente para no dañar al servomotor y/o la boquilla de salida dispuesta en el extremo anterior de la manguera de alta presión.

30 Alternativamente, el servomotor puede cambiarse a un modo de lavado en el que la punta de la manguera se detiene durante un tiempo predeterminado frente al obstáculo, el obstáculo se rocía con el fluido de limpieza presurizado y, después del periodo de tiempo, la manguera de alta presión avanza aún más. Con esta medida, el obstáculo puede eliminarse eventualmente, de modo que el proceso de limpieza se puede realizar de acuerdo con el plan en este tubo hasta el final.

35 El servomotor también puede cambiarse inmediatamente al retorno en tales casos, para expulsar la manguera de alta presión del tubo.

40 También es posible cambiar el servo-motor a un modo de vibración, de modo que la manguera se mueve hacia adelante y hacia atrás varias veces, por lo que el obstáculo puede procesarse mecánicamente y, si es necesario, triturarse para que el avance pueda continuar.

45 También estos datos se almacenan preferentemente en el equipo de control o en el equipo de almacenamiento y documentación.

50 Preferiblemente, el deslizamiento del equipo de avance se monitoriza durante la inserción de la manguera de alta presión. Por "deslizamiento" se entiende generalmente la desviación de las velocidades de los elementos mecánicos en contacto por fricción entre sí. En una medición de deslizamiento se determina la diferencia de velocidad de giro por ejemplo entre dos rodillos.

55 Si el equipo de avance dispone, por ejemplo, de un rodillo impulsor y un rodillo de presión, el deslizamiento puede determinarse mediante la diferencia de velocidad de giro de estos dos rodillos. La ventaja del control de deslizamiento es que se puede detectar a tiempo un obstáculo dentro del tubo. Además, la medición de deslizamiento se puede utilizar para corregir la profundidad de inserción medida. La precisión de la determinación de la profundidad de inserción se mejora así.

60 Preferiblemente, de acuerdo con otra forma de realización, la profundidad de inserción se puede medir escaneando marcas aplicadas sobre o en la manguera de alta presión.

65 Preferentemente el dispositivo de limpieza está fijado al haz de tubos. Dado que el dispositivo de limpieza presenta preferentemente un equipo de desplazamiento en el que está dispuesto el equipo de limpieza, el equipo de desplazamiento está sujeto al haz de tubos.

Preferiblemente, el equipo de desplazamiento se sujeta exclusivamente en el haz de tubos, preferentemente en una

brida del haz de tubos.

Tal brida está prevista en el lado frontal de un haz de tubos para sujetar una tapa allí. Después de retirar la tapa, esta brida puede usarse para sujetar el equipo de desplazamiento.

5 Esta colocación presenta la ventaja de que es posible prescindir completamente del chasis o carro de limpieza, lo que simplifica el montaje del dispositivo de limpieza en el haz que se va a limpiar. Además, el espacio requerido para el dispositivo de limpieza es significativamente menor que en los equipos de limpieza convencionales.

10 Preferiblemente, antes de la primera inserción de al menos una manguera de alta presión en los tubos, se determina la alineación del dispositivo de limpieza con respecto al haz de tubos y los datos determinados se almacenan en el equipo de control y se tienen en cuenta en la corrección del recorrido del equipo de limpieza. Se puede omitir un ajuste mecánico del equipo de desplazamiento.

15 La orientación del dispositivo de limpieza se refiere preferentemente a la orientación del equipo de desplazamiento con respecto a las filas de tubos, es decir, las líneas de tubos o columnas de tubos, en donde puede producirse una llamado desfase angular. Al tener en cuenta el desfase angular, la precisión de acercamiento y, por lo tanto, la fiabilidad del dispositivo de limpieza aumentan aún más.

20 Para resolver el objetivo establecido al principio, la invención también prevé un dispositivo con las características de la reivindicación 8. En el dispositivo de acuerdo con la invención, está previsto que el equipo de avance y/o el equipo de limpieza esté equipado con un equipo de medición para medir la profundidad de inserción respectiva del equipo de limpieza en el tubo respectivo, estando conectado el equipo de medición al equipo de control.

25 El dispositivo de acuerdo con otra forma de realización prevé un equipo de desplazamiento que presenta al menos un primer elemento de marco y al menos un segundo elemento de marco, en el que el primer elemento de marco y el segundo elemento de marco están dispuestos perpendiculares entre sí. Además, está previsto al menos un equipo de limpieza dispuesto en el equipo de desplazamiento que presenta al menos una manguera de alta presión y al menos un equipo de avance, en el que la manguera de alta presión se puede insertar en los tubos por medio del equipo de  
30 avance.

Un dispositivo de limpieza puede presentar al menos un equipo de limpieza. Un equipo de limpieza puede presentar al menos un equipo de avance, en donde cada equipo de avance transporta una manguera de alta presión.

35 Por una manguera de alta presión se entiende una manguera que puede exponerse a una presión de 25 bar a 3000 bar. En el extremo frontal, que puede introducirse en los tubos, la manguera de alta presión puede equiparse con una boquilla de salida o una lanza. Una lanza es una pieza de tubo en cuyo extremo frontal está dispuesta o integrada una boquilla de salida.

40 Además, está previsto un equipo de control, que está conectado al menos al equipo de desplazamiento y al equipo de avance.

El equipo de limpieza presenta un equipo de medición para medir y monitorizar la profundidad de inserción respectiva Z de la manguera de alta presión, en donde el equipo de medición está conectado al equipo de control. El equipo de  
45 control presenta un equipo de almacenamiento y documentación o está conectado a un equipo de almacenamiento y documentación en el que puede almacenarse al menos la profundidad de inserción medida en cada caso.

Preferentemente, el equipo de desplazamiento presenta medios para sujetarse al haz de tubos. Preferiblemente, estos medios están diseñados para que el equipo de desplazamiento se pueda sujetar exclusivamente al haz de tubos.

50 Esto presenta la ventaja de que el equipo de desplazamiento no requiere bastidores adicionales o similares o un carro de limpieza en el que está montado el equipo de desplazamiento. El equipo de desplazamiento y, por lo tanto, todo el dispositivo de limpieza es, por consiguiente, compacto y solo requiere una demanda de espacio reducida. Además, el dispositivo se puede montar en poco tiempo en el haz de tubos que se va a limpiar.

55 Otra ventaja de esta forma de realización es que los pocos componentes del equipo de desplazamiento facilitan el transporte de todo el dispositivo. La posición del haz de tubos o del intercambiador de calor que va a limpiarse puede ser arbitraria. La ventaja del equipo de desplazamiento es que se puede fijar fácilmente tanto a haces de tubos horizontales como a verticales. Por lo tanto, la limpieza del haz de tubos no depende de la posición del haz de tubos.

60 Dado que las coordenadas de lugar de los tubos se conocen durante el proceso de limpieza, la denominada imagen reflejada, es decir, la disposición que puede distinguirse en la superficie frontal del haz de tubos de los tubos puede ser diferente. Es posible que los tubos del haz de tubos estén reunidos en grupos en los cuales las distancias entre tubos, por ejemplo, pueden ser diferentes, como es el caso, por ejemplo, con intercambiadores de calor divididos.

65 De acuerdo con una forma de realización preferida, se prevé que el primer elemento de marco presente los medios

5 para sujetarse al haz de tubos y que el segundo elemento de marco esté dispuesto de manera que puede desplazarse en el primer elemento de marco a lo largo del primer elemento de marco. Por consiguiente, el primer elemento del marco está sujeto de forma estacionaria al haz de tubos y únicamente el segundo elemento del marco puede desplazarse con respecto al primer elemento del marco. Preferentemente el equipo de limpieza o los equipos de limpieza están dispuestos de manera que puede desplazarse en el segundo elemento de marco.

10 El equipo de avance presenta al menos un rodillo impulsor para la propulsión de la manguera de alta presión. Para reducir el deslizamiento de la manguera y el rodillo impulsor, está previsto preferentemente al menos un rodillo de presión para presionar la manguera de alta presión contra el rodillo impulsor.

15 De acuerdo con otra forma de realización, el equipo de avance presenta un equipo de monitorización de deslizamiento del rodillo impulsor. Este equipo de monitorización de deslizamiento está conectado preferentemente al equipo de control, de modo que cuando se produce un deslizamiento, el equipo de avance se puede apagar para evitar daños al equipo de avance o al extremo de la manguera. Los datos suministrados por el equipo de monitorización de deslizamiento también pueden mejorar la precisión de la profundidad de inserción.

Preferiblemente, el equipo de avance presenta al menos un servomotor que acciona el rodillo impulsor.

20 El equipo de avance puede presentar un equipo de medición para medir el par del servomotor. Las ventajas de la medición del par se explican en relación con el procedimiento de acuerdo con la invención.

25 En el extremo frontal de la manguera de alta presión, se dispone preferentemente una boquilla de salida. La boquilla de salida puede tener una o más aberturas de salida. Además, la boquilla de salida puede estar dispuesta para que pueda girar y accionarse, por ejemplo, mediante el fluido de limpieza que fluye a través de la manguera de alta presión.

El equipo de almacenamiento y documentación está diseñado preferentemente para el archivo, procesamiento, tratamiento y evaluación de los datos acumulados durante el funcionamiento del dispositivo de limpieza y/o datos introducidos.

30 Para acortar el tiempo de limpieza, está previsto preferentemente que una pluralidad de equipos de limpieza paralelos estén provistos de su propio equipo de avance, en el que cada equipo de limpieza y/o cada equipo de avance estén equipados con su propio equipo de medición.

35 Según una configuración, está previsto que el equipo de medición respectivo presenta sensores de medición y marcas de medición que cooperan con estos en una manguera de alta presión. Por lo tanto se tienen en cuenta una exploración magnética, una exploración ultrasónica o incluso la medición de resistencias óhmicas inductivas o capacitivas o una inspección visual con una cámara adecuada. También es posible utilizar sensores de corriente parásita, que pueden medir sin contacto y desgaste distancias en mangueras metálicas de alta presión con una resolución extremadamente alta hasta el rango nanométrico. Las líneas de campo de alta frecuencia de los sensores responsables del principio de medición pasan a través de medios no metálicos sin obstáculos. Esta propiedad permite la medición bajo presión de aceite o agua o bajo fuerte ensuciamiento. Las piezas de carcasa y los materiales de plástico también se pueden penetrar y se pueden detectar objetos metálicos subyacentes. Las pinturas y las películas se pueden examinar para determinar el grosor de la capa.

45 Adicionalmente o alternativamente, también puede estar previsto que el equipo de medición respectivo presente pulsadores de rodillo que estén en contacto con la superficie de la manguera de alta presión. La profundidad de inserción de la manguera de alta presión respectiva se puede determinar en función del número de revoluciones de los pulsadores de rodillo.

50 El equipo de limpieza respectivo puede presentar una manguera de alta presión con boquilla de salida.

Alternativamente, el equipo de limpieza respectivo también puede presentar una manguera de alta presión con una lanza conectada a la misma e insertable en el tubo respectivo.

55 Los elementos de marco están hechos preferentemente de un perfil rígido y pueden, por ejemplo, estar equipados con cremalleras en las que los equipos de accionamiento respectivos pueden actuar para desplazar el dispositivo de limpieza.

60 La invención se explica con más detalle a continuación con referencia a los dibujos a modo de ejemplo. Estos muestran en cada caso en una representación esquemática muy simplificada en

la Figura 1 el extremo frontal de un haz de tubos abierto con dispositivo de acuerdo con la invención dispuesto sobre el mismo,

la Figura 2 una vista lateral de la figura 1,

## ES 2 755 362 T3

- la Figura 3 parcialmente una manguera de alta presión con marcas de medición espaciadas,
- la Figura 4 una vista superior del extremo frontal de un haz de tubos abierto con un dispositivo de limpieza de tubos de acuerdo con otra forma de realización,
- la Figura 5 una vista superior adicional del extremo frontal del haz de tubos con un equipo de desplazamiento de acuerdo con otra forma de realización,
- la Figura 6 una representación esquemática de un equipo de accionamiento de un equipo de avance y
- Figuras 7 y 8 dos situaciones de incrustación diferentes en un tubo con diagramas de par asociados de un servomotor.

5 En los dibujos, se muestra un haz de tubos 1, por ejemplo, de un intercambiador de calor de haz de tubos, en el que se puede distinguir el extremo abierto frontal, es decir, una tapa de cierre o similar está desmontada. La tapa normalmente está sujeta a una brida o zona de brida 2 con aberturas de sujeción 3. El haz de tubos 1 presenta, en el sentido de la figura 1, en dirección horizontal, una pluralidad de tubos paralelos 4, de los cuales solo se indican unos pocos.

10 Para la limpieza automática de los tubos 4 del haz de tubos 1, está previsto un dispositivo de limpieza de acuerdo con la invención, que generalmente se designa con 5.

Este dispositivo 5 presenta al menos dos elementos de marco, a saber, un elemento de marco horizontal 6 y un elemento de marco vertical 7. Estos elementos de marco 6, 7 están así dispuestos perpendiculares entre sí. El elemento de marco horizontal 6 se puede desplazar en la dirección de la flecha doble 6a con un accionamiento en la dirección horizontal no mostrado, el elemento de marco vertical 7 se puede desplazar con un accionamiento, tampoco mostrado con respecto al elemento de marco horizontal 6 en la dirección vertical en el sentido de la flecha doble 7a. Una disposición inversa también es posible. Los dos elementos de marco 6, 7 se pueden disponer en un carro de limpieza (no mostrado), que puede presentar su propio accionamiento, pero no es necesario.

20 Las dos unidades de accionamiento de los dos elementos del marco 6 y 7 están conectadas a un equipo de control 50, no mostrado, lo que hace posible desplazar un punto de apoyo 8 sobre el elemento del marco 7 en cualquier punto de la superficie frontal del haz de tubos 1. En este punto de apoyo 8, se fija un bastidor portante 9, en el que está dispuesto un equipo de limpieza 20. El equipo de limpieza 20 presenta una manguera de alta presión 11 y un equipo de avance 10 para la manguera de alta presión 11.

25 Este equipo de avance 10 presenta, como se muestra en la Figura 2, una guía de manguera tubular 12 y al menos un rodillo impulsor 32, no mostrado, para la inserción de la manguera 11 en un tubo 4 del haz de tubos 1 o para extraerlo, es decir, para mover la manguera 11 en la dirección de la doble flecha 13. El al menos un rodillo impulsor 32, no mostrado, está conectado a un accionamiento, no mostrado, que a su vez está conectado con el equipo de control 50. El equipo de limpieza 20 de este ejemplo de realización presenta la manguera de alta presión 11 representada que presenta una boquilla, no mostrada, en el extremo libre anterior. En el lado trasero, la manguera de alta presión 11 está conectada a una bomba de alta presión o similar.

30 También puede estar previsto un segundo o más equipos de limpieza 20 en el bastidor portante 9 a una distancia, de modo que en un posicionamiento correspondiente del bastidor portante 9 con respecto al haz de tubos 1 pueden insertarse simultáneamente una pluralidad de mangueras de alta presión 11 en tubos adyacentes 4.

40 El equipo de avance 10 y/o el equipo de limpieza 20, es decir, en el ejemplo de realización la manguera de alta presión 11, están equipados con un equipo de medición 40 para medir la profundidad respectiva de inserción de la manguera de alta presión 11 en el tubo respectivo 4. En el ejemplo de realización ilustrado, están previstos dos sensores de medición 14 dispuestos en la entrada y salida del equipo de avance 10. La manguera de alta presión 11 de acuerdo con la figura 3 está provista a distancias regulares con marcas 15, por ejemplo en forma de bandas magnéticas, provistas, que pueden ser detectadas por los sensores 14. Los sensores 14 están conectados con el equipo de control 50.

45 De esta manera, es posible medir la profundidad de inserción respectiva de la manguera de alta presión 11 del dispositivo de limpieza respectivo 20 en el tubo respectiva 4 y enviar el resultado de la medición al equipo de control 50.

50 La medición de la profundidad de inserción de la manguera de alta presión 11 respectiva en un tubo 4 puede realizarse básicamente de cualquier manera; también es posible, por ejemplo, que cada manguera de alta presión 11 se mueva por su propio servomotor 30 y que la profundidad de inserción se mida a través del servomotor 30 como equipo de medición 40.

Para limpiar un haz de tubos 1, el dispositivo 5 está dispuesto en el lado frontal del haz de tubos abierto 1, el proceso

de limpieza siguiente se realiza de manera completamente automática. A este respecto, los datos de geometría de los tubos 4 del haz de tubos 1 se almacenan preferentemente en el equipo de control 50, de modo que el equipo de control 50 coloca automáticamente el equipo de limpieza 20 respectivo sucesivamente en los tubos 4 del haz de tubos 1.

5 Si no se conocen los datos de geometría de los tubos 4 del haz de tubos 1, estos pueden grabarse o registrarse manualmente con el dispositivo de limpieza 5. Para este propósito, un operador mediante intervención manual en el equipo de control 50 recorre o explora sucesivamente cada tubo 4 del haz de tubos 1 con el al menos un equipo de limpieza 20, de tal modo que el equipo de limpieza 20, es decir por ejemplo la punta de la manguera de alta presión 11, está ubicada en la entrada del tubo respectivo 4. De esta manera, todas las posiciones del tubo se registran y  
10 almacenan en el equipo de control 50. Los datos de geometría así registrados se pueden utilizar para el proceso de limpieza siguiente o procesos de limpieza posteriores.

A continuación, el equipo de limpieza 20 respectivo o la manguera de alta presión 11 se introduce desde el equipo de propulsión 10 asociado en el tubo respectivo 4 y se alimenta agua o similar a alta presión para realizar el proceso de  
15 limpieza en el tubo respectivo 4. Mediante la medición respectiva de la profundidad de inserción, que también puede ser igual a cero, cuando el acceso a un tubo 4 está completamente cerrado, el equipo de control 50 mide y monitoriza la profundidad de inserción para cada tubo 4. Si no se lleva a cabo ninguna o solo una limpieza incompleta de un tubo 4, puede emitirse también un mensaje de error o incluso un mensaje de advertencia directamente desde el equipo de control 50. Adicionalmente, la profundidad de inserción de cada tubo 4 medida en cada caso se almacena en el equipo  
20 de control 50 y se documenta para el proceso de limpieza respectivo.

Por lo tanto, después de la finalización de la limpieza, queda completamente documentado para el usuario si la limpieza se ha realizado correctamente para todas los tubos 4 o no. En este último caso, se pueden tomar medidas de limpieza  
25 adicionales si fuera necesario.

La figura 4 muestra una forma de realización adicional de un dispositivo de limpieza 5 que presenta un equipo de desplazamiento 25 con un primer elemento de marco 60 y un segundo elemento de marco 70. El primer elemento de marco 60 presenta medios de fijación 62a, b, que están realizados como pestañas en la forma de realización mostrada  
30 en este caso. Estos medios de sujeción 62a, b están unidos a la brida 2 del haz de tubos 1. Para este propósito, se usan las aberturas de sujeción 3 en la brida 2.

Perpendicular al primer elemento de marco 60 montado de forma estacionaria está dispuesto el segundo elemento de marco 70, que está dispuesto de manera que puede desplazarse por medio de un equipo de accionamiento 72 a lo largo del primer elemento de marco 60 en la dirección de la flecha. En el segundo elemento de marco 70 está dispuesto un equipo de accionamiento 74 adicional que está conectado con un elemento de soporte 9, en el que está dispuesto un equipo de limpieza 20. El equipo de limpieza 20 comprende un equipo de avance 10 para dos mangueras 11 y un  
35 equipo de medición 40.

En el bastidor portante 9, puede estar dispuesto un segundo equipo de limpieza 20 que, al igual que el primer equipo de limpieza 20, presenta un equipo de avance 10 para dos mangueras 11 y un equipo de medición 40. El segundo  
40 equipo de limpieza 20 se muestra en líneas discontinuas.

Por medio del equipo de accionamiento 74, el bastidor portante 9 está dispuesto de manera que puede desplazarse en la dirección de la flecha a lo largo del segundo elemento de marco 70. Los equipos de accionamiento 72 y 74 y el  
45 equipo de avance 10 y el equipo de medición 40 están conectados a un equipo de control 50, que presenta un equipo de almacenamiento y documentación 52. Además, está previsto un control remoto 54, con el cual un operador puede transmitir comandos al equipo de control 50.

Además, se dibuja un sistema de coordenadas, cuyo punto cero está situado en el tubo 4c, que sirve como tubo de referencia en el presente caso. El tubo 4c está ubicado en el extremo izquierdo de la fila del tubo superior y representa el punto de partida para el proceso de limpieza. Comenzando desde el tubo 4c, los tubos 4 se retiran en filas hasta que todos los tubos 4 se hayan limpiado. En principio, cualquier tubo 4 puede seleccionarse como tubo de referencia  
50 4c.

Este sistema de coordenadas y las coordenadas de tubo x e y situadas en este sistema de coordenadas se almacenan en el equipo de control 50 o en el equipo de almacenamiento y documentación 52. Estos datos de geometría pueden obtenerse por el fabricante u operador del haz de tubos 1 e introducirse en el equipo de control 50. También es posible retirar manualmente los tubos 4 por medio del control remoto 54 y almacenar los datos x, y correspondientes en el  
55 equipo de control 50 o el equipo de almacenamiento y documentación 52 y preferentemente al mismo tiempo realizar la limpieza de los tubos 4.

Con ayuda de estos datos puede llevarse a cabo el proceso de limpieza, manualmente solo se acerca el tubo 4c. El procedimiento puede desarrollarse a continuación de forma totalmente automática o semiautomática, en donde, por ejemplo, el cambio de una fila de tubos a la siguiente fila de tubos se puede realizar manualmente. El almacenamiento de, por ejemplo, la profundidad de inserción también se puede realizar manualmente con cada tubo por medio del  
60 control remoto 54.

En la figura 5, el primer elemento de marco 60 está sujeto a la brida 2 de la misma manera que en la figura 4. Por razones de estabilidad, puede ser ventajoso disponer un primer elemento de marco 60 adicional en el lado opuesto de la brida 2. El segundo elemento de marco 70, no mostrado, está dispuesto de manera que puede desplazarse en ambos elementos de marco 60.

Antes de llevar a cabo el proceso de limpieza, debe comprobarse la orientación del equipo de desplazamiento 25 respecto a la disposición de tubos. En general, el primer elemento de marco 60 no puede estar dispuesto paralelo a las filas de tubos 82 en la pestaña 2, de modo que se produce un desfase angular  $\alpha$ . Este desfase angular  $\alpha$  entre el paralelo 80 al primer elemento de marco 60 y la fila de tubos 82 se determina y deposita en el equipo de control 50, de modo que en el desplazamiento del equipo de limpieza 20 este desfase angular  $\alpha$  en las coordenadas de ubicación x, y de los tubos 4 se puede incluir y tener en cuenta.

Para este propósito, por ejemplo, el tubo 4a se acerca manualmente con el equipo de limpieza 20 y se almacena la posición. A continuación, el equipo de limpieza 20 se mueve por delante del tubo 4b y esta posición también se almacena, desde donde el ángulo  $\alpha$  de la fila de tubos 82 con respecto a la paralela 80 puede determinarse.

La figura 6 muestra esquemáticamente un equipo de avance 10 para la manguera de alta presión 11, que presenta dos rodillos impulsores 32 y 34 que están conectados entre sí a través de una transmisión por correa o cadena 33. El rodillo impulsor 32 es accionado por un servomotor 30 que está conectado al equipo de control 50.

Por encima de la manguera de alta presión 11 que ha de transportarse, están previstos rodillos de presión 36 y 38, con los cuales la manguera de alta presión 11 se presiona sobre los rodillos impulsores 32 y 34, por lo que se evita en gran medida el deslizamiento de la manguera de alta presión 11 en los rodillos impulsores 32, 34. Puede prescindirse del rodillo impulsor adicional 34 y rodillo de presión 38 si la manguera de alta presión 11 y los rodillos impulsores 32, 34 presentan superficies con una rugosidad correspondiente, de modo que el deslizamiento de los rodillos impulsores 32, 34 no se produce.

Antes del rodillo de presión 36 superior, que es accionado por la manguera de alta presión 11 y depresiones o aberturas 37 dispuestas en un círculo, un sensor de rodillo 44 está dispuesto por medio de un soporte de sensor 46, que está conectado a un equipo de control de deslizamiento 90. Con el sensor 44, se detecta la velocidad de rotación del rodillo de presión 36. Este equipo de control de deslizamiento 90 también está conectado al servomotor 30 y al equipo de control 50.

Si la manguera de alta presión 11 encuentra un obstáculo dentro del tubo 4 a limpiar, la manguera de alta presión 11 se frena y existe el riesgo de que el rodillo impulsor 32 continúe funcionando de todos modos. Dado que la profundidad de inserción se determina a través del servomotor 30 y el servomotor 30 también forma el equipo de medición 40, esto conduciría a un error al determinar la profundidad de inserción. Por medio del equipo de control de deslizamiento 90, este problema puede detectarse de modo que el servomotor 30 se apague inmediatamente y cualquier otra carrera del rodillo impulsor 32 pueda incluirse en el cálculo de la profundidad de inserción.

Uno de los rodillos de presión 36, 38 también puede estar configurado como un pulsador de rodillos, si se usa una manguera de alta presión 11 con las marcas 15, como se muestra en la FIG. 3. Este rodillo de presión 36, 38 es, en una forma de realización de este tipo, parte del equipo de medición 40 para medir la profundidad de inserción y está conectado al equipo de control 50 o al equipo de almacenamiento y documentación 52.

En las figuras 7 y 8 se muestran distintos obstáculos en forma de incrustaciones 16, 16a, 16b dentro de los tubos 4. Debajo de los respectivos tubos 4, se muestra un diagrama esquemático del par D dependiendo del recorrido z.

El par D del servomotor 30 es constante durante la inserción de la manguera de alta presión 11 en el tubo 4 y aumenta abruptamente cuando la boquilla de salida 18 dispuesta en el extremo anterior de la manguera 11 encuentra un obstáculo en forma de incrustación 16. El par se detecta preferentemente con un equipo de medición de par 39 que está dispuesto dentro o sobre el servomotor 30 (véase la figura 6).

Este aumento rápido se muestra en el diagrama, marcando este aumento la profundidad de inserción ze.

Por medio de la manguera de alta presión 11 y la boquilla de salida 18, este obstáculo no se puede eliminar, por lo que en este punto finaliza el proceso de limpieza del tubo 4. Del valor del par D se puede leer que en este caso se trata de un obstáculo insuperable. Los datos correspondientes, como la profundidad de inserción ze y el par D, se almacenan en el equipo de control 50 o en el equipo de almacenamiento y documentación 52.

La figura 8 muestra otra situación en la que se dibujan dos incrustaciones menos grandes 16a, 16b. Cuando la manguera de alta presión 11 con la boquilla de salida 18 choca con la incrustación 16a, aumenta el par del servomotor 30. Si es posible disolver esta incrustación 16a, puede continuar el avance de la manguera de alta presión 11, de modo que el par del servomotor 30 vuelva a caer hasta que la manguera de alta presión 11 con la boquilla 18 llega al siguiente obstáculo en forma de incrustación 16b.

Si también allí, la incrustación 16b se puede disolver y eliminar, el par vuelve a caer y la alimentación también puede continuar.

5 A partir de la evolución de la curva de par, que se muestra solo esquemáticamente, es posible leer la intensidad de la suciedad o de la incrustación 16, 16a, b dentro del tubo 4. Mediante los datos  $z_1$  y  $z_2$ , la ubicación se puede localizar, donde se ha producido exactamente esta suciedad.

10 Por lo tanto, mediante todos los datos, es posible crear un perfil de ensuciamiento tridimensional del haz de tubos 1, desde el cual se puede leer la ubicación de las incrustaciones 16, 16a, b y el grado de incrustaciones o ensuciamiento.

Un desarrollo a modo de ejemplo de la limpieza de un haz de tubos 1 puede tener lugar de la siguiente manera:

15 Los elementos de marco individuales 6, 7 y 60, 70 se entregan junto con el o los equipos de limpieza 20 y el equipo de control 50 y se ensamblan en el sitio para formar un dispositivo de limpieza 5. Primero, el primer elemento de marco 6, 60 está montado en el haz de tubos 1, y a continuación el segundo elemento de marco 7, 70 está montado en el primer elemento de marco 6, 60.

20 Entre otras cosas, la ventaja del dispositivo es que los elementos del marco pueden montarse tanto en haces de tubos 1 orientados horizontalmente como en haces de tubos alineados verticalmente 1. El dispositivo 5 puede utilizarse de modo mucho más flexible que en el caso de los dispositivos de limpieza de tubos del estado de la técnica, que están montados, por ejemplo, en un carro que debe desplazarse delante del haz de tubos 1 que ha de limpiarse, lo que solo es posible en el caso de los haces de tubos dispuestos horizontalmente 1.

25 A continuación se determina el desfase angular  $\alpha$  y se fija el área de trabajo. Para este propósito, se acercan cuatro vértices de un cuadrado situados fuera del haz de tubos 1. El lado frontal del haz de tubos 1 está entonces dentro del área de trabajo en la que el/los equipo(s) de limpieza (s) 20 pueden desplazarse.

30 Si se trata de un primer proceso de limpieza de un haz de tubos 1, es necesario introducir los datos de geometría en el equipo de control 50. Cuando estos datos de geometría de los tubos 4 han sido proporcionados por el operador o el fabricante del haz de tubos 1 y a continuación introducidos en el equipo de control 50, la operación de limpieza puede comenzar después de la entrada, por lo que la operación de limpieza comienza en un tubo de referencia 4c que se acerca manualmente. Este puede ser, por ejemplo, el primer tubo 4 de la primera fila de un haz de tubos 1. El tubo de referencia 4c también puede ser cualquier tubo 4 del haz de tubos 1. Si no hay datos de geometría, los datos de geometría se determinan localmente mediante un acercamiento manual de los tubos 4, y preferentemente también los tubos 4 se limpian al mismo tiempo.

40 Cuando el equipo de limpieza 20 se desplaza por delante de un tubo 4 que está cerrado con un tapón, la manguera de alta presión 11 no puede insertarse en el tubo 4. A este tubo 4 se asocia una información correspondiente de que la manguera de alta presión 11 no pudo introducirse. Estos datos se almacenan a continuación en el equipo de almacenamiento y documentación 52.

45 Si la manguera de alta presión 11 puede introducirse en el tubo 4 que ha de limpiarse, hay dos posibilidades. O bien la manguera se puede insertar completamente en el tubo 4 hasta el extremo opuesto. Entonces, la limpieza se puede llevar a cabo según lo programado y este éxito de limpieza también se documenta almacenando los datos del tubo y la profundidad máxima de inserción.

50 Si el tubo 4 puede entrar solo parcialmente, la limpieza no se realiza según lo previsto. Se determina la profundidad de inserción máxima  $z$  alcanzada y, dado el caso, los pares que se producen, de modo que se puedan sacar más conclusiones sobre el grado de ensuciamiento. También estos datos se archivan a continuación en el equipo de almacenamiento y documentación 52.

Si fuera posible eliminar el ensuciamiento por medio de la manguera de alta presión 11 penetrada, esto también se almacena y documenta.

55 Cuando se han acercado todos los tubos 4 de un haz de tubos 1, se completa el proceso de limpieza.

Con el procedimiento de acuerdo con la invención se asegura que no se olvide accidentalmente ningún tubo, como puede ser el caso con una limpieza manual convencional de los tubos.

60 Si se usan varias mangueras de alta presión 11 simultáneamente, el tiempo de limpieza se acorta nuevamente. Un desplazamiento del equipo de limpieza 20 siempre tiene lugar solo cuando todas las mangueras de alta presión 11 han dejado sus tubos 4 acercados. En particular, si, por ejemplo, una de las mangueras de alta presión 11 ha sido expulsada prematuramente del tubo debido a un obstáculo insuperable, es necesario esperar a que las otras mangueras de alta presión 11 puedan realizar una limpieza completa de su (s) tubería (s).

65

**Lista de referencias**

1	haz de tubos
2	zona de brida, brida
3	aberturas de sujeción
4	tubo
4a, b, c	tubo
5	dispositivo de limpieza
6	elemento de marco horizontal
6a	doble flecha
7	elemento de marco vertical
7a	doble flecha
8	punto de apoyo
9	bastidor portante
10	equipo de avance
11	manguera de alta presión
12	guía de la manguera
13	doble flecha
14	sensores
15	marcas
16	incrustación
16a, b	incrustación
18	boquilla de escape
20	equipo de limpieza
25	equipo de desplazamiento
30	servomotor
32	rodillo impulsor
33	elemento de transmisión
34	rodillo impulsor
36	rodillo de presión
37	abertura
38	rodillo de presión
39	equipo para medir el par
40	equipo de medición
44	sensor de rodillos
46	soporte del sensor
50	equipo de control
52	equipo de almacenamiento y documentación
54	control remoto
60	primer elemento de marco
62a, b	medios de sujeción
70	segundo elemento de marco
72	equipo de accionamiento
74	equipo de accionamiento
80	paralela
82	fila de tubos
90	equipo de monitorización de deslizamiento

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para limpiar haces de tubos (1) con extremos abiertos en el lado frontal, en particular los haces de tubos de intercambiadores de calor, enfriadores de aire o condensadores, en el que un dispositivo de limpieza (5) que presenta al menos un equipo de limpieza (20) es colocado adyacente a los extremos abiertos del haz de tubos (1) y a continuación el al menos un equipo de limpieza (20), que presenta una manguera de alta presión (11), es dispuesto por el equipo de control (50) alineado sucesivamente con el tubo respectivo (4) del haz de tubos (1) y el equipo de limpieza (20) se inserta en el tubo respectivo (4) y se le aplica líquido a alta presión, en donde durante la inserción del al menos un equipo de limpieza (20) en el tubo respectivo (4) se mide la profundidad de inserción Z y es monitorizada por el equipo de control (50), y se almacena la profundidad de inserción respectiva en el equipo de control (50), o en un equipo de almacenamiento y documentación (52) conectado al equipo de control(50), y se documenta para el proceso de limpieza respectivo, **caracterizado por que** la documentación comprende la creación de un perfil de ensuciamiento tridimensional del haz de tubos (1).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se usa un dispositivo de limpieza (5) con una pluralidad de medios de limpieza paralelos (20), que se insertan simultáneamente en tubos adyacentes (4) y cuya profundidad de inserción se mide y monitoriza de manera independiente.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado por que** la disposición y el movimiento de inserción respectivos del equipo de limpieza (20) respectivo los lleva a cabo el equipo de control (50) de forma automática o semiautomática con ayuda de los datos de geometría almacenados de los tubos (4) del haz de tubos (1).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado por que** los datos geométricos de los tubos del haz de tubos (1) se registran acercando manualmente los tubos con el al menos un equipo de limpieza (20).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la medición de la profundidad de inserción se realiza mediante un servomotor (30) de un equipo de avance (10) de un equipo de limpieza (20) para la manguera de alta presión (11).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la medición de la profundidad de inserción se realiza a través de un escaneo de marcas aplicadas sobre o en la manguera de alta presión (11).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** antes de la primera inserción de la al menos una manguera de alta presión (11) en los tubos (4), se determina la alineación del dispositivo de limpieza (20) con respecto al haz de tubos (1) y los datos determinados se almacenan en el equipo de control(50) y se tienen en cuenta para corregir el recorrido del equipo de limpieza (20).
8. Dispositivo (5) para limpiar haces de tubos (1) con extremos abiertos en el lado frontal, en particular haces de tubos (1) de intercambiadores de calor, enfriadores de aire o condensadores,
- con un equipo de desplazamiento (25) que presenta al menos un primer elemento de marco (6, 60) y al menos un segundo elemento de marco (7, 70), en donde el primer elemento de marco (6, 60) y el segundo elemento de marco (7, 70) están dispuestos perpendiculares entre sí,
  - con al menos un equipo de limpieza (20) dispuesto en el equipo de desplazamiento (25) que presenta al menos una manguera de alta presión (11) y al menos un equipo de avance (10), en donde la manguera de alta presión (11) puede insertarse en los tubos (4) por medio del equipo de avance (10) y
  - con un equipo de control(50) que está conectado al equipo de desplazamiento (25) y al equipo de avance (10),
- en donde el dispositivo de limpieza (20) presenta un equipo de medición (40) para medir y monitorizar la profundidad de inserción respectiva Z de la manguera de alta presión (11), en donde el equipo de medición (40) está conectado al equipo de control (50), en el que el equipo de control (50) presenta un equipo de almacenamiento y documentación (52) o está conectado a un equipo de almacenamiento y documentación (52) en el que se puede almacenar al menos la profundidad de inserción Z medida en cada caso, **caracterizado por que** el equipo de almacenamiento y documentación (52) está configurado para crear un perfil de ensuciamiento tridimensional del haz de tubos.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado por que** el equipo de desplazamiento (25) presenta medios (62a, b) para la sujeción al haz de tubos (1).
10. Dispositivo según las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado por que** el primer elemento de marco (6, 60) presenta los medios (62a, b) para la fijación al haz de tubos (1) y por que el segundo elemento de marco (7, 70) está dispuesto de modo que puede desplazarse a lo largo del primer

elemento de marco (6, 60) en el primer elemento de marco (6, 60).

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** el dispositivo de limpieza (20) está dispuesto de manera que puede desplazarse en el segundo elemento de marco (7, 70).

5 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado por que** el equipo de avance (10) presenta al menos un servomotor (30) que acciona el rodillo impulsor (32, 34).

10 13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado por que** el equipo de avance (10) presenta un equipo de medición de par (39) para medir el par del servomotor (30).

14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado por que** el equipo de almacenamiento y documentación (52) está configurado para el archivo, el procesamiento, el tratamiento y la evaluación de datos que se introducen y/o datos producidos durante el funcionamiento del dispositivo de limpieza (5).

15 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizado por que** una pluralidad de equipos de limpieza (20) paralelos están previstos con su propio equipo de avance (10), en donde cada equipo de limpieza (20) y/o cada equipo de avance (10) está equipado con su propio equipo de medición (40).

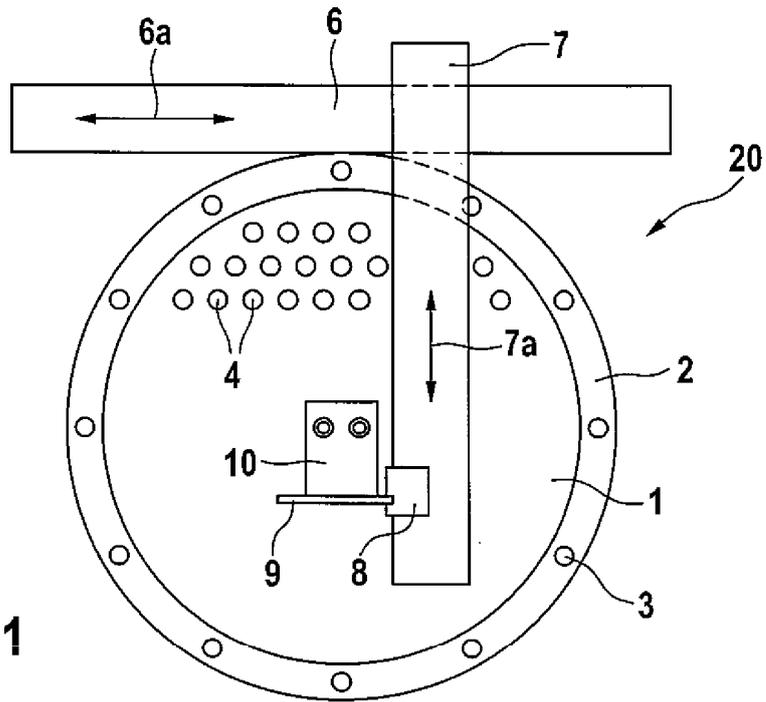


Fig. 1

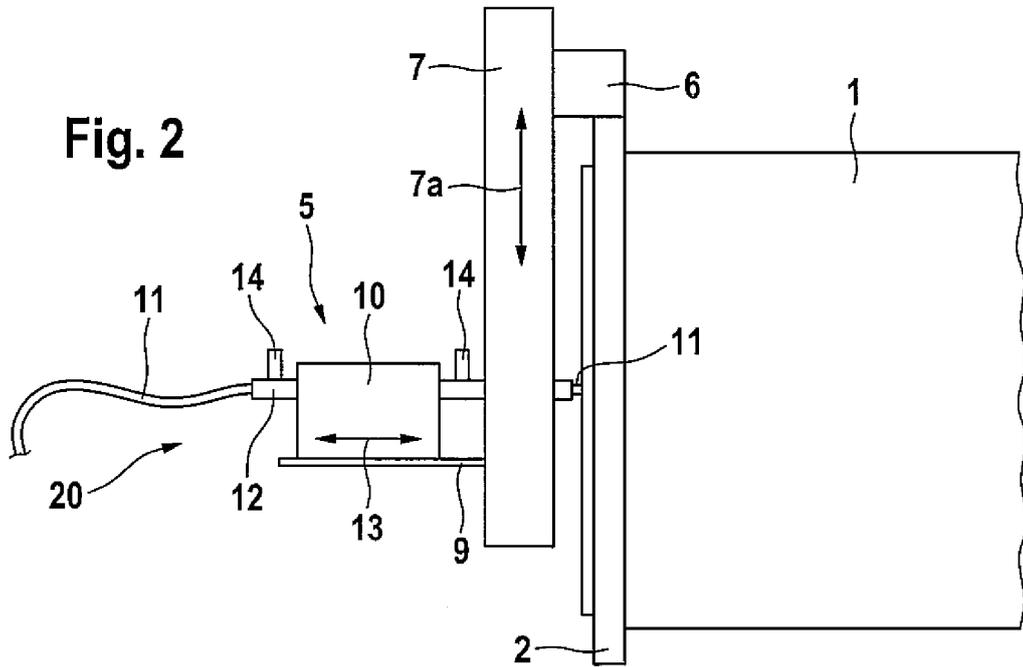


Fig. 2

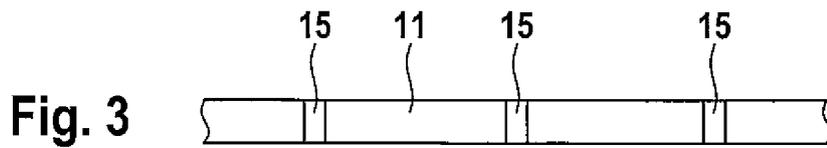


Fig. 3

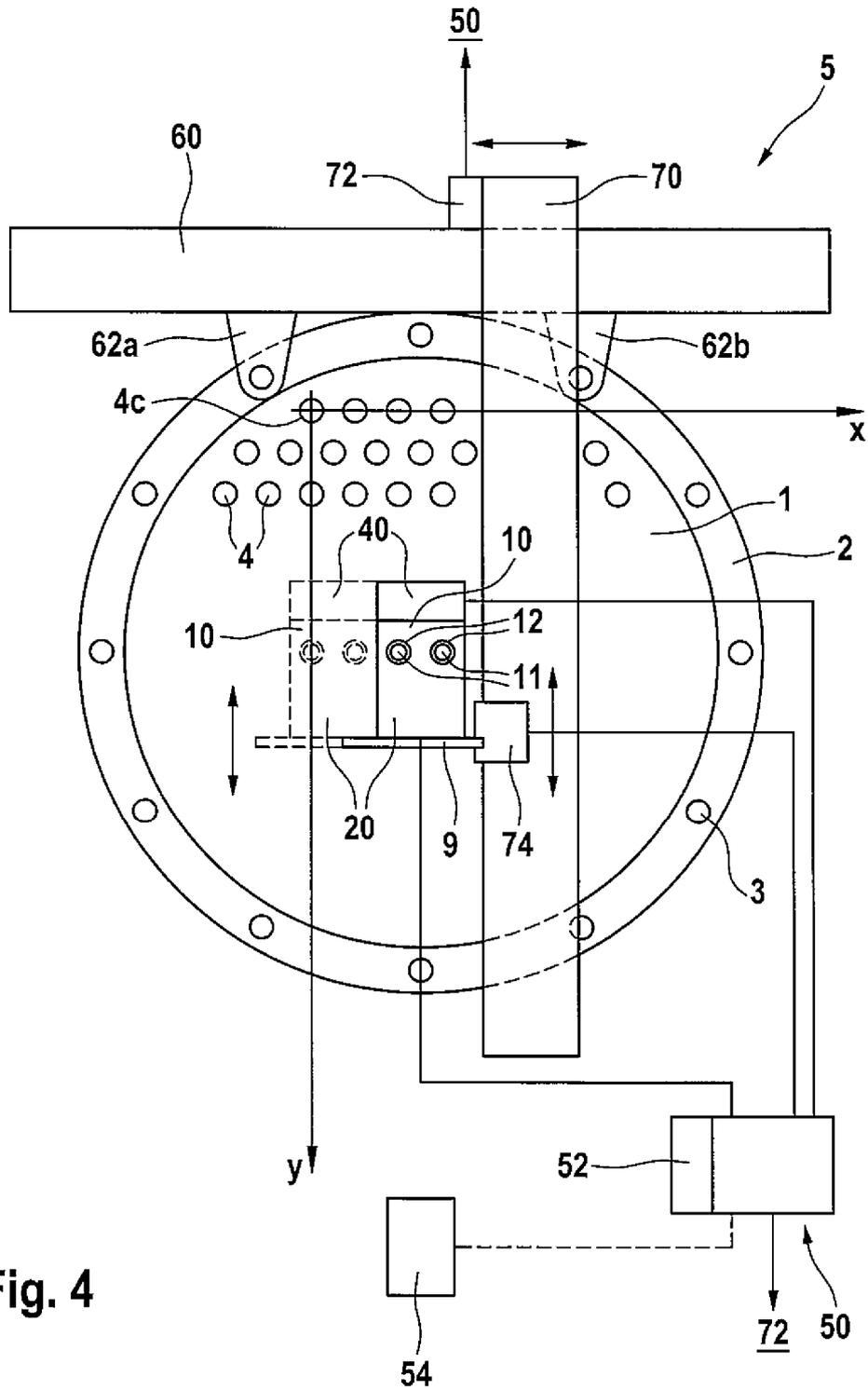


Fig. 4

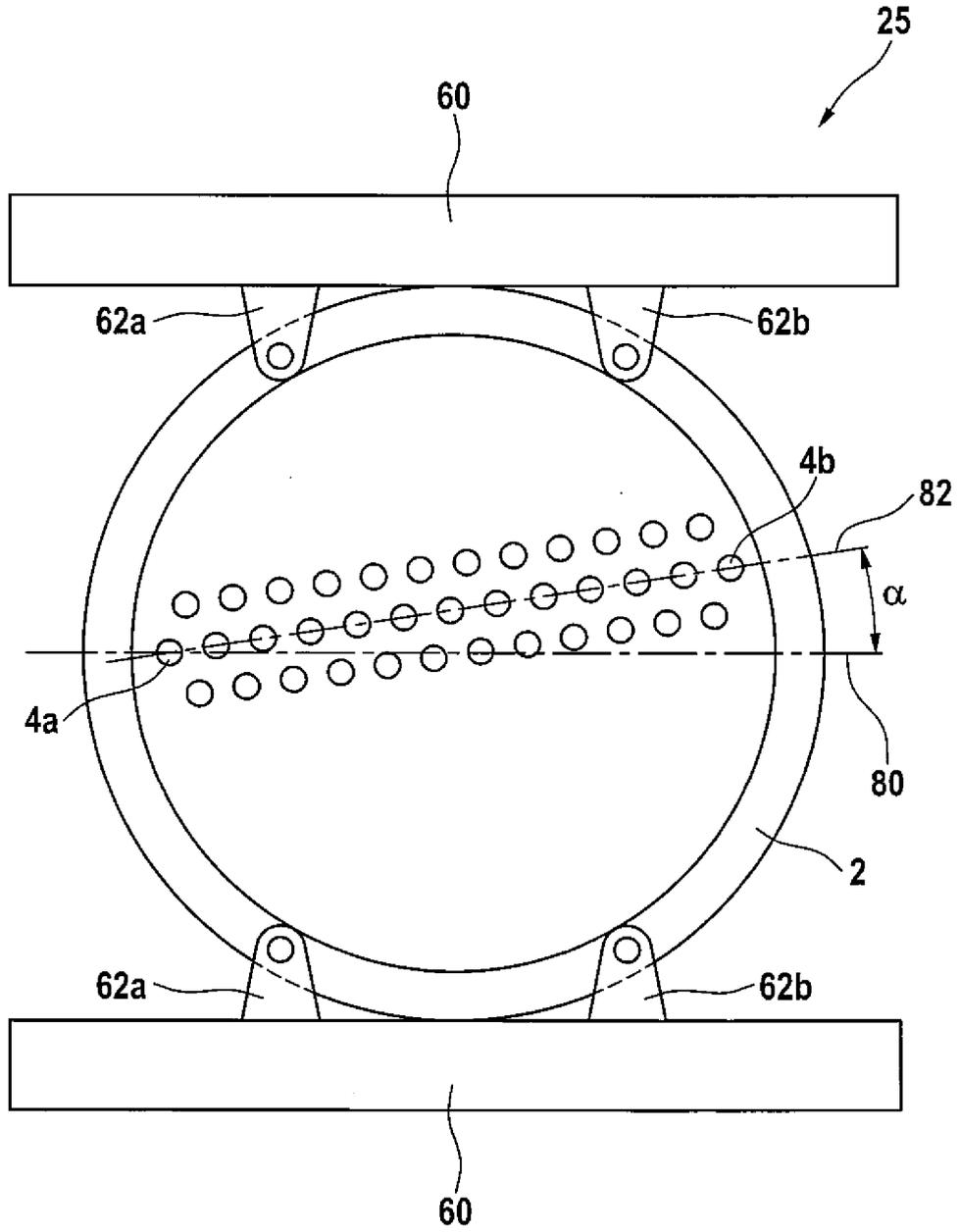


Fig. 5

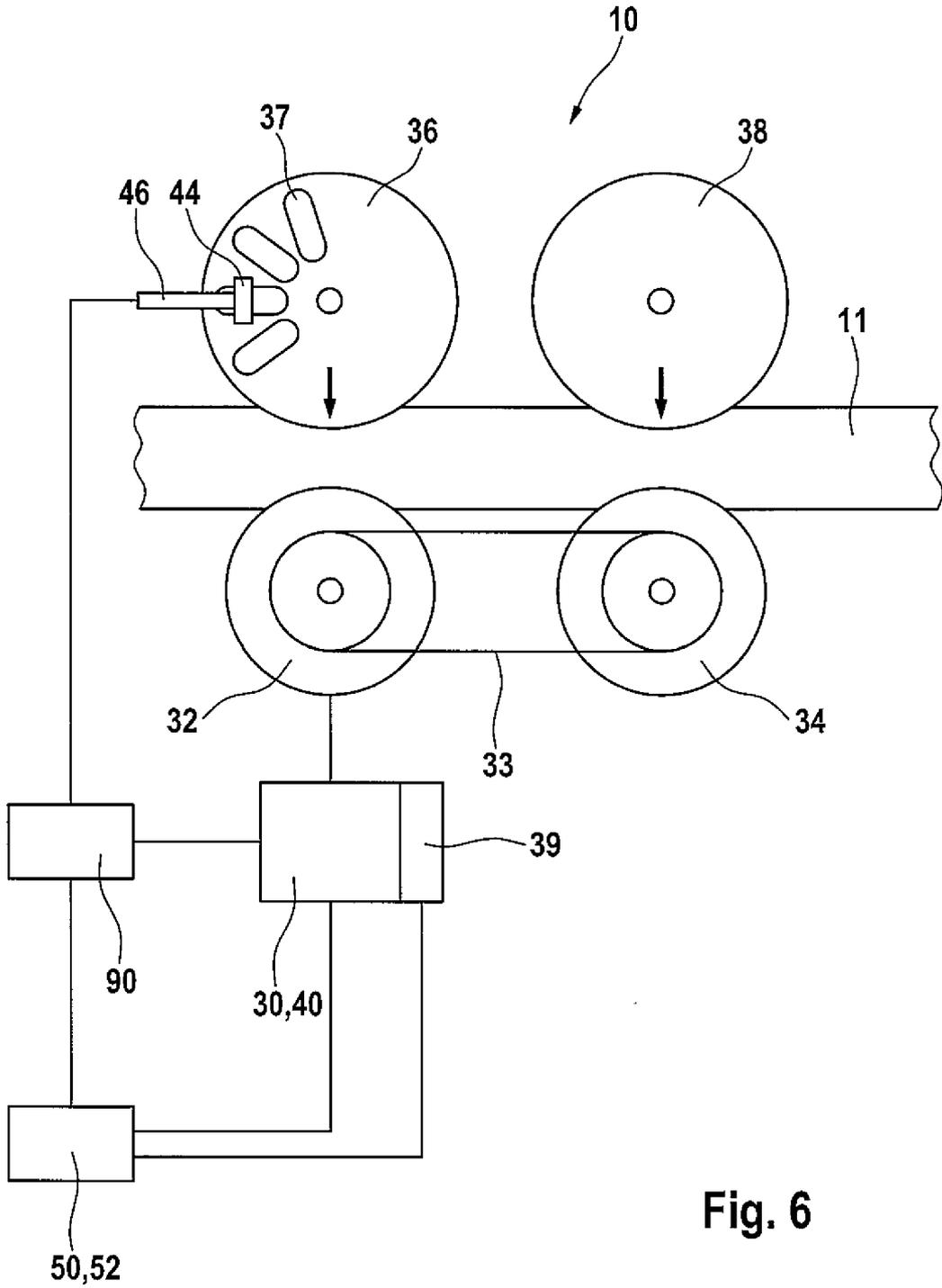


Fig. 6

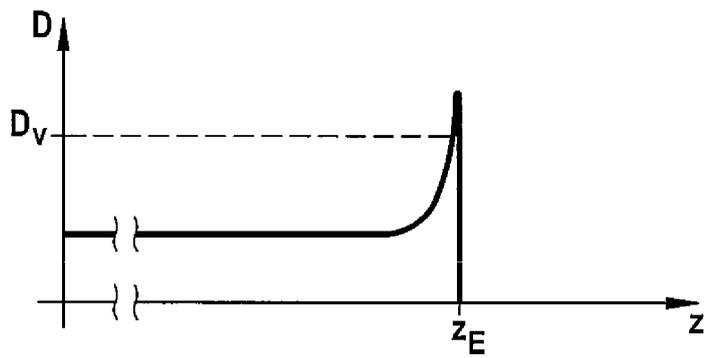
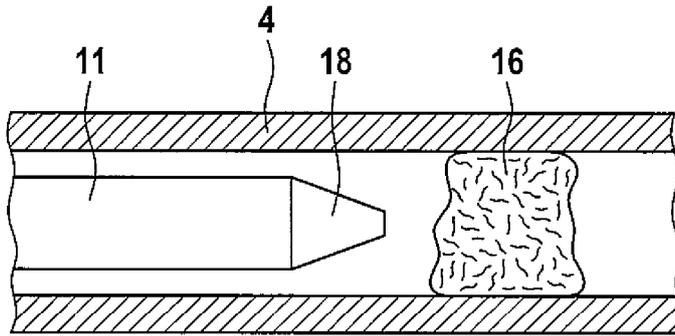


Fig. 7

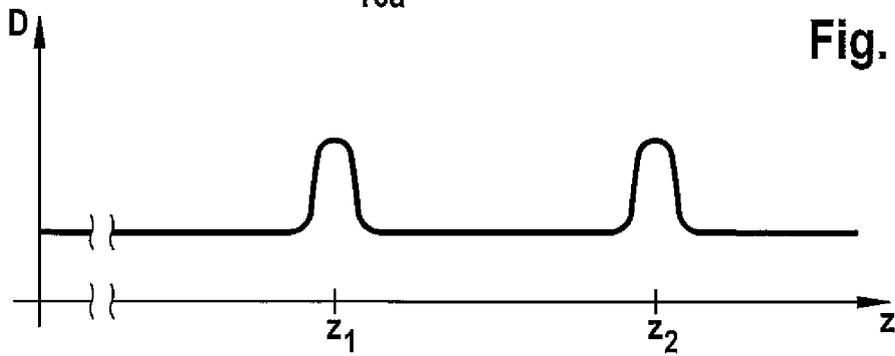
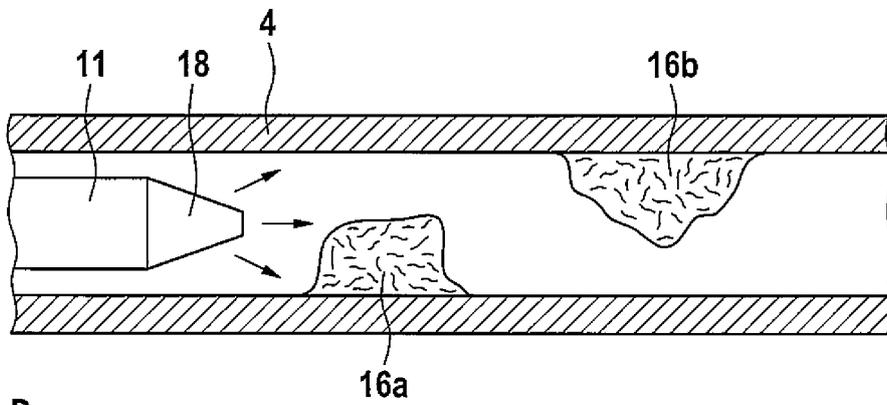


Fig. 8