

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 933**

51 Int. Cl.:

H05B 6/70 (2006.01)

H05B 6/80 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2012** **E 12175027 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016** **EP 2544509**

54 Título: **Reactor de microondas para el calentamiento, asistido por microondas, de un medio**

30 Prioridad:

04.07.2011 DE 102011051542

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

07.04.2016

73 Titular/es:

JENOPTIK KATASORB GMBH (100.0%)

Konrad-Zuse-Strasse 6

07745 Jena, DE

72 Inventor/es:

KRIPPENDORF, RONALD

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 565 933 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

Reactor de microondas para el calentamiento, asistido por microondas, de un medio

5 La invención se refiere a un reactor de microondas para el calentamiento, asistido por microondas, de un medio.

En una serie de procesos industriales, así como durante el funcionamiento de instalaciones técnicas o químicas es necesario calentar los medios sólidos, líquidos o gaseosos con el fin de prepararlos para un tratamiento. En este caso es conocido precalentar los medios.

10 Si el medio o los medios se precalientan por conducción de calor y transporte de calor, este procedimiento va a necesitar largos períodos de tiempo (hasta una hora) para calentar los medios a una temperatura de servicio requerida. Por tanto, en el caso particular de tratamientos discontinuos existe la necesidad, poco eficiente desde el punto de vista energético, de mantener permanentemente el medio o los medios a la temperatura de servicio.

15 Una posibilidad de llevar, si es necesario, un medio a la temperatura de servicio en un período de tiempo corto consiste en utilizar radiación electromagnética, en particular radiación de microondas (en adelante: microondas), con frecuencias de entre 300 MHz y 300 GHz.

20 Un enfoque sobre la configuración de una cámara de calentamiento (en adelante: espacio interior) se describe en el documento DE4313806A1. En el espacio interior están previstas paredes de reflexión adicionales que están fabricadas de un material reflectante de microondas y moldeadas y orientadas entre sí de tal modo que las microondas, acopladas al espacio interior, se reflejan esencialmente de manera estática sólo entre estas paredes de reflexión. A través del espacio interior y hacia la zona de las microondas, que se reflejan de manera circunferencial, se mueven continua o discontinuamente los cuerpos a calentar. La solución según el documento DE4313806A1 permite una distribución muy homogénea de las microondas entre las paredes de reflexión. Sin embargo, en este caso también es necesaria una dimensión relativamente grande del espacio interior para poder alojar las paredes de reflexión y posibilitar por primera vez una distribución homogénea únicamente mediante una reflexión en las paredes de reflexión.

30 Por el documento FR1471131A es conocido un dispositivo, en el que a lo largo de un eje de cilindro hueco de un primer cilindro hueco, en el que se transporta un medio a calentar, están previstos planos que se encuentran orientados en sentido ortogonal al eje de cilindro hueco y en los que está dispuesta en cada caso una guía de onda. Las mismas pueden estar dispuestas en los distintos planos de manera desplazada en 180° respectivamente. Los planos están subdivididos en compartimentos mediante discos, placas o barras o están formados por estructuras.

35 El documento DE19531088A1 da a conocer un dispositivo para el tratamiento térmico de sustancias, transportadas en tuberías, por medio de microondas. En el dispositivo está situado en un segundo cilindro hueco un tubo de calor para disipar el calor de un producto calentado con microondas. El producto a calentar se conduce directamente por delante de orificios de salida sellados de guías de onda previstas.

40 El objeto divulgado en el documento DE19608949A1 es un resonador, cuyo límite exterior e interior está configurado como conductor exterior e interior de un resonador coaxial.

45 El documento US5.703.343A se refiere a un procedimiento y un dispositivo para el calentamiento de un medio esencialmente líquido con microondas. A este respecto, el medio se calienta con microondas a una temperatura determinada poco antes de introducirse en un molde de fundición. Se describe un horno de microondas para el calentamiento, asistido por microondas, del medio y un canal que encierra un espacio interior. A través del canal discurre un primer cilindro hueco, en el que se conduce el medio a calentar. El primer cilindro hueco está conectado en el lado frontal a un orificio de alimentación de medio y a un orificio de descarga de medio en la carcasa para el paso de un medio. La carcasa representa un segundo cilindro hueco, dispuesto en sentido coaxial al primer cilindro hueco. Asimismo, está prevista al menos una guía de onda, a través de la que se pueden guiar mediante ranuras en la carcasa las microondas en un espacio intermedio entre el primer cilindro hueco y el segundo cilindro hueco y en un plano perpendicular al eje de cilindro hueco. La guía de onda es un conductor hueco de forma esencialmente anular. En cada plano está prevista siempre sólo una guía de onda.

55 El documento DE10329411B4 da a conocer una combinación entre reflexiones estáticas de las microondas en las paredes de una carcasa, que delimitan un espacio interior, y una reflexión dinámica de las microondas mediante al menos un agitador de modos. El espacio interior está configurado como resonador multimodos, siendo el diámetro del resonador al menos cinco veces, mejor al menos diez veces mayor que la longitud de onda de las microondas. Al espacio interior, diseñado con una forma simple, pero nunca redonda, se acoplan microondas mediante al menos un par de guías de onda. Los ejes de guía de onda de un par de guías de onda están orientados siempre de manera que discurren en un ángulo agudo entre sí e inciden en un agitador de modos común que se extiende casi a todo lo largo del espacio interior y está torcido alrededor de su eje longitudinal. Las microondas se reflejan tanto en el agitador de modos rotatorio como en las paredes en posiciones angulares alternas, consiguiéndose así una distribución muy homogénea de las microondas en el espacio interior.

En el espacio interior se puede disponer una cavidad cerrada respecto al espacio interior, en este caso una autoclave, en la que se encuentran los medios que se van a calentar con microondas y procesar térmicamente. La dirección del proceso se puede controlar mediante líneas de señales de medición y regulación, presentes tanto en la autoclave como en el resonador.

Por el propio solicitante es conocido un reactor de microondas para la transformación catalítica de sustancias, asistida por microondas, de un medio líquido o gaseoso (documento DE202010005946.1). El reactor de microondas está compuesto de una carcasa que encierra un espacio interior y está fabricada de un material reflectante de microondas, de varias guías de onda con un eje de guía de onda en cada caso, que con un respectivo orificio de salida frontal están conectadas en cada caso al espacio interior a través de un respectivo orificio en la carcasa, de un primer cilindro hueco, lleno de un catalizador y fabricado de un material transparente a las microondas y dispuesto en el espacio interior de tal modo que entre el primer cilindro hueco, a lo largo de su eje de cilindro hueco, y la carcasa hay un espacio intermedio libre, en el que están dispuestos dos agitadores de modos, y el primer cilindro hueco para el paso de un medio queda conectado en el lado frontal a un orificio de alimentación de medio y a un orificio de descarga de medio, previstos en la carcasa.

El catalizador de este reactor de microondas se puede calentar muy rápido y en su periferia mediante las microondas. No obstante, las cantidades de medio, que se pueden calentar por unidad de tiempo y liberar de sustancias nocivas, están limitadas a 100 m³/h aproximadamente.

La invención tiene el objetivo de mostrar una nueva posibilidad para conseguir un calentamiento de medios eficiente desde el punto de vista energético.

El objetivo se consigue en un reactor de microondas para el calentamiento, asistido por microondas, de un medio, que está compuesto de una carcasa que encierra un espacio interior y está fabricada de un material reflectante de microondas, de varias guías de onda con un eje de guía de onda en cada caso, que con al menos un orificio de salida se encuentran conectadas en cada caso al espacio interior a través de un respectivo orificio en la carcasa, de un primer cilindro hueco, fabricado de un material transparente a las microondas y dispuesto en el espacio interior de tal modo que entre el primer cilindro hueco, a lo largo de su eje de cilindro hueco, y la carcasa hay un espacio intermedio libre y el primer cilindro hueco para el paso de un medio queda conectado en el lado frontal a un orificio de alimentación de medio y a un orificio de descarga de medio, previstos en la carcasa. El reactor de microondas está caracterizado por que la carcasa representa un segundo cilindro hueco, dispuesto en sentido coaxial alrededor del primer cilindro hueco. Además, al menos una primera y una segunda guía de ondas están dispuestas en la carcasa. Cada una de las guías de onda presenta un eje de guía de onda y un eje de acoplamiento. Las microondas se desacoplan de la respectiva guía de onda y se acoplan al espacio interior a lo largo de los ejes de acoplamiento. Las guías de onda están dispuestas en la carcasa de tal modo que los ejes de acoplamiento quedan situados respectivamente en un plano perpendicular al eje de guía de onda y orientados hacia el espacio intermedio.

En una realización ventajosa del reactor de microondas según la invención, los ejes de acoplamiento pueden discurrir de modo que no quedan orientados hacia el primer cilindro hueco. De esta manera se consigue que sólo una parte pequeña e inevitable de las microondas acopladas incida directamente sobre el primer cilindro hueco y que una mayor parte incida por reflexión en una pared interior de la carcasa sobre otras zonas del primer cilindro hueco, produciéndose como resultado de recorridos de longitud diferente y ángulos de incidencia de las microondas en la pared interior y sobre el primer cilindro hueco una distribución uniforme espacialmente de las microondas y de la absorción de la energía transmitida mediante las microondas en el plano.

Una distribución más uniforme de las microondas se consigue en otra realización del reactor de microondas, según la invención, al estar orientados los ejes de acoplamiento hacia el primer cilindro hueco, pero no en perpendicular.

En el sentido de la descripción se considera que un eje de acoplamiento es perpendicular cuando el eje de acoplamiento, orientado hacia el primer cilindro hueco, intercepta el eje de cilindro hueco. Se considera también como perpendicular cuando mediante el eje de acoplamiento y una recta, que intercepta el eje de cilindro hueco y discurre en el plano, queda encerrado un ángulo inferior a 5°. Mediante tal disposición se consigue que una parte de las microondas acopladas pase por delante del cilindro hueco o se refleje sobre la superficie del cilindro hueco, en particular en caso de ángulos de incidencia planos. Por tanto, se evita un calentamiento del medio sólo en zonas de la periferia del cilindro hueco en el plano.

Tanto en aquellas realizaciones del reactor de microondas según la invención, en las que los ejes de acoplamiento no están orientados hacia el primer cilindro hueco, como en aquellas realizaciones, en las que no están previstos ejes de acoplamiento orientados en perpendicular al primer cilindro hueco, se aspira a que una parte de las microondas acopladas se guíen de manera circunferencial alrededor del primer cilindro hueco y se extiendan hasta el primer cilindro hueco desde posiciones diferentes y en condiciones de incidencia diferentes (ángulo de incidencia, contenido de energía). Tal configuración esencial para la invención posibilita un calentamiento más uniforme y eficiente del medio.

Las guías de onda están dispuestas preferentemente a las mismas distancias angulares entre sí en el plano (por

ejemplo, dos guías de onda están desplazadas entre sí en 180° y cuatro guías de onda están desplazadas entre sí en 90° respectivamente en el plano).

Por un medio a calentar se entienden a continuación sustancias sólidas, líquidas o gaseosas y mezclas de sustancias que se deben calentar con las microondas. Se pueden calentar también combinaciones de medios sólidos, líquidos y gaseosos. Si se van a calentar medios sólidos, estos deberán ser preferentemente transportables, por ejemplo, están disponibles en forma de polvo de grano fino. Es posible, por ejemplo, transportar un medio en polvo con ayuda de un medio de transporte. Un medio de transporte puede ser, por ejemplo, un gas inerte (por ejemplo, un gas noble), una mezcla de gas o un líquido (suspensión).

El propio medio, conducido a través del primer cilindro hueco, puede ser un medio absorbente de microondas, puede contener sustancias absorbentes, por ejemplo, partículas absorbentes, o se puede calentar mediante conducción de calor, así como transporte de calor por parte de otros medios absorbentes o con ayuda de medios o cuerpos unidos al primer cilindro hueco (por ejemplo, dispuestos en o junto al mismo).

Por ejemplo, una sustancia sólida, absorbente de microondas, o un cuerpo de esta sustancia, por ejemplo, un catalizador, puede estar presente en el cilindro hueco, a través del que circula un medio.

En otras realizaciones del reactor de microondas, los medios se pueden conducir en compartimentos del cilindro hueco separados entre sí.

En realizaciones simples del reactor de microondas según la invención, el eje de acoplamiento de una guía de onda coincide con el eje de guía de onda cuando las microondas se desacoplan en un extremo frontal de la guía de onda. Por el contrario, si el extremo frontal de la guía de onda está cerrado y las microondas se desacoplan, por ejemplo, a través de una o varias ranuras presentes lateralmente en la guía de onda, el eje de acoplamiento y el eje de guía de onda se desvían uno de otro.

Las paredes de la carcasa, así como las guía de onda están compuestas de un material reflectante de microondas, por ejemplo, chapa de acero.

El reactor de microondas, según la invención, está configurado preferentemente de modo que los ejes de acoplamiento de todas las guías de onda, situadas en el plano, están dispuestos alrededor del eje de cilindro hueco en la misma dirección. Con esta disposición se consigue una circulación de una parte de las microondas acopladas alrededor del primer cilindro hueco. Además, esto reduce en gran medida la probabilidad de que las microondas se retroreflejen en las guías de onda a través de los orificios de salida de las guías de onda.

Los ejes de acoplamiento pueden presentar ángulos de acoplamiento iguales o distintos entre sí. En este caso, el respectivo ángulo de acoplamiento está definido por el ángulo entre el eje de acoplamiento y una recta que discurre en el plano a través del punto de paso del eje de acoplamiento a través de la pared interior de la carcasa y un punto de intersección con el eje de cilindro hueco. En otras realizaciones del reactor de microondas según la invención, los ángulos de acoplamiento se pueden ajustar antes o durante el funcionamiento del reactor de microondas. Un ajuste de los ángulos de acoplamiento se puede llevar a cabo una vez o continuamente sobre la base de datos de medición u otros parámetros de funcionamiento conocidos o detectados.

En una realización del reactor de microondas, ventajosa para muchas aplicaciones, el primer cilindro hueco está lleno de un catalizador calentable mediante microondas. El catalizador es, por ejemplo, un medio sólido.

Como catalizador es posible utilizar cualquier material que se pueda calentar con microondas y presente propiedades de catalizador. En otras realizaciones, el material calentado mediante microondas puede estar unido también a otros materiales activos catalíticamente que no se pueden calentar mediante microondas (catalizador sobre un material de soporte).

El primer cilindro hueco se puede llenar con el catalizador preferentemente en forma de una carga, aunque es posible utilizar también cuerpos moldeados porosos o provistos de canales de flujo y adaptados al primer cilindro hueco.

A fin de conseguir un calentamiento uniforme y rápido del medio pueden estar presentes varios planos con guías de onda. Los orificios de salida de las guías de onda de los planos pueden estar dispuestos uno sobre otro a lo largo de un eje de cilindro hueco que discurre en vertical y uno al lado de otro en el caso de un eje de cilindro hueco que discurre en horizontal. En una variante del reactor de microondas según la invención, los orificios de salida de los planos contiguos pueden estar desplazados entre sí alrededor del eje de cilindro hueco.

En otras realizaciones del reactor de microondas, según la invención, es posible que una guía de onda presente una cantidad de orificios de salida que están configurados preferentemente como ranuras, lo que reduce en gran medida una retrorreflexión perjudicial de microondas en la guía de ondas.

A este respecto es posible que los orificios de salida de los planos contiguos estén desplazados entre sí de tal modo

que los orificios de salida de los planos se sitúan en espiral a lo largo del eje de cilindro hueco o quedan dispuestos de manera alterna entre al menos dos disposiciones posibles. Estas posibilidades se pueden combinar también.

5 Un desplazamiento mutuo de los orificios de salida en los planos y un desplazamiento de los orificios de salida entre los planos se han seleccionado preferentemente de modo que se evita en gran medida la configuración local de interferencias constructivas (los llamados "hot-spots"), pero también de interferencias destructivas de las microondas.

10 En una realización ventajosa del reactor de microondas según la invención, los planos con guías de onda están dispuestos a partir del orificio de alimentación de medio en dirección del orificio de descarga de medio a distancias crecientes entre planos consecutivos. Este tipo de disposición de los planos permite un calentamiento más fuerte de un medio cerca del orificio de alimentación de medio que cerca del orificio de descarga de medio.

15 Si se utiliza un catalizador, el medio entrante en el orificio de alimentación de medio se calienta con el catalizador por conducción de calor mediante tal configuración. Con ayuda del medio calentado, una parte del calor absorbido se transporta a través del primer cilindro hueco por transporte de calor y se vuelve a transferir al catalizador por conducción de calor. Tal realización permite un calentamiento uniforme del catalizador a lo largo del eje de cilindro hueco.

20 Otra configuración ventajosa del reactor de microondas consiste en que la potencia de las microondas acopladas es controlable en cada plano. De este modo, el comportamiento del calentamiento del catalizador y del medio se puede ajustar con mucha precisión. A tal efecto, las fuentes de microondas de cada plano son regulables ventajosamente. Además, pueden estar instalados dispositivos de transformación, por ejemplo, sintonizadores de tres clavijas en las guías de onda, para influir en las propiedades de las microondas.

25 El primer cilindro hueco puede presentar una configuración distinta. El mismo puede estar diseñado de manera que se extienda desde el orificio de alimentación de medio hasta el orificio de descarga de medio, estando lleno completa o parcialmente el interior del primer cilindro hueco con el catalizador.

30 En una segunda realización, el primer cilindro hueco está atravesado por un tubo en sentido coaxial al eje de cilindro hueco, de modo que el catalizador está presente en un anillo circular alrededor del tubo.

35 En la zona del orificio de alimentación de medio y del orificio de descarga de medio pueden estar presentes elementos con un diseño simple, por ejemplo, una placa perforada de chapa de acero, mediante los que se impide una salida de microondas del reactor de microondas.

40 En otra realización del reactor de microondas según la invención, el primer cilindro hueco está conectado mediante uno de sus lados frontales al orificio de alimentación de medio y al orificio de descarga de medio y está cerrado herméticamente en su otro lado frontal para el medio. El orificio de alimentación de medio y el orificio de descarga de medio están separados uno de otro por un tubo orientado en sentido coaxial al eje de cilindro hueco y más corto que una longitud de cilindro hueco del primero cilindro hueco, de modo que el orificio de descarga de medio y el orificio de alimentación de medio se encuentran dispuestos en un plano de alimentación, que se extiende en perpendicular al eje de cilindro hueco, en sentido coaxial al eje de cilindro hueco.

45 Es posible también que el reactor de microondas, según la invención, presente varios primeros cilindros huecos, dispuestos axialmente respecto al eje de cilindro hueco.

50 En una configuración ventajosa del reactor de microondas según la invención, la pared interior de la carcasa presenta en cada plano al menos dos resaltes, en los que se encuentra en cada caso al menos un orificio de salida de una guía de onda. Tal configuración posibilita una unión simplificada de las guías de onda con la carcasa. Al mismo tiempo se reduce el peligro de retroreflexión de las microondas en las guías de onda.

55 Es posible también que las guías de onda se posicionen tangencialmente en la carcasa y en orificios de la carcasa y que mediante orificios de salida dispuestos lateralmente en las guías de onda se puedan acoplar microondas al espacio interior.

60 Otra configuración de la invención consiste en que los ejes de guía de onda de las al menos dos guías de onda discurren en paralelo al eje de cilindro hueco y cada guía de onda presenta en cada plano o en algunos planos en cada caso al menos un orificio de salida, a través del que se pueden acoplar microondas al espacio interior.

65 En una guía de onda se produce una onda estacionaria de las microondas después del acoplamiento de microondas a la guía de ondas con un dimensionamiento correspondiente de la misma. A fin de conseguir un desacoplamiento eficaz de las microondas de la guía de onda y un acoplamiento con el espacio interior a través de los orificios de salida resulta ventajoso que los orificios de salida estén presentes en cada caso en un múltiplo de $\lambda/2$ de la longitud de onda de las microondas usadas.

La correspondencia de los orificios de salida con un múltiplo de $\lambda/2$ de las microondas usadas se puede

conseguir desde el punto de vista constructivo mediante la configuración de la respectiva guía de onda.

Sin embargo, es ventajoso que estén previstos elementos adicionales que permiten variar una onda estacionaria de las microondas, producida en la respectiva guía de onda, de tal modo que es posible un desacoplamiento de microondas a través de los orificios de salida. Tales elementos pueden estar implementados, por ejemplo, mediante un dispositivo de ajuste que permite ajustar la longitud de la guía de onda.

La selección de los materiales para los componentes individuales del reactor de microondas, según la invención, se lleva a cabo teniendo en cuenta la aplicación prevista y en dependencia de las longitudes de onda o los intervalos de longitudes de onda de las microondas usadas, así como de la magnitud de la energía que se va a acoplar al microrreactor. El material de los componentes se selecciona también de tal modo que se eliminan reacciones químicas no deseadas o se reducen al menos lo más posible. El dimensionamiento del dispositivo está definido esencialmente por los requerimientos de la conducción de medios y de la transformación catalítica de sustancias, asistida por microondas, específicamente tanto una tasa de flujo del medio, suficientemente alta, como un tiempo de permanencia suficientemente largo para una transformación de sustancia del medio lo más completa posible.

El marco de la invención incluye asimismo que componentes del reactor de microondas pueden estar conectados a juntas, así como a elementos de fijación.

Para evitar ampliamente efectos no deseados de las microondas, por ejemplo, efectos de antena de componentes del reactor de microondas, que penetran en el espacio interior, es ventajoso redondear sus cantos y disponer otros componentes, tales como los elementos de fijación, de manera que se cierren a ras con las superficies circundantes o de manera empotrada.

Además de los componentes descritos del reactor de microondas puede estar presente también un control que está conectado, por ejemplo, a las fuentes de microondas, a una bomba, que mueve el medio, y a dispositivos de transformación, y los puede controlar. Asimismo, pueden estar presentes en o junto al reactor de microondas sensores, conectados al control, que detectan, por ejemplo, temperaturas y energías de radiación. El control puede estar conectado también a dispositivos de análisis, mediante los que se detecta cualitativa y/o cuantitativamente la composición material del medio a alimentar y/o la transformación de sustancia obtenida. Estas informaciones pueden servir como datos reales para el control, por ejemplo, en una comparación de valores nominales y reales.

Durante un funcionamiento de un reactor de microondas, según la invención, se acoplan microondas al espacio interior mediante las guías de onda y sus orificios de salida. Las microondas se propagan como frente de onda a lo largo del eje de guía de onda, configurándose el frente de onda también espacialmente alrededor del eje de guía de onda debido a efectos de difracción a partir del respectivo orificio de salida, mediante lo que el espacio intermedio en la zona del plano, en la que están acopladas las microondas, se llena de microondas y de su energía.

Si las microondas inciden sobre una pared de la carcasa, las microondas se reflejan. Si las microondas inciden, por el contrario, sobre el primer cilindro hueco, una parte de las microondas incidentes atraviesa el primer cilindro hueco y es absorbida en gran medida por el medio. Si hay un catalizador, éste puede ser calentado por las microondas mediante su absorción al menos parcial. La parte respectiva, no reflejada, de las microondas circula esencialmente en el plano alrededor del eje de cilindro hueco, hasta haber absorbido las microondas a través del medio o haber cedido su energía de algún otro modo.

La invención se puede utilizar en instalaciones y procedimientos, en los que los medios se deben calentar de manera directa o indirecta. La invención se puede utilizar ventajosamente para separar o fraccionar térmicamente mezclas de sustancias. Es posible, por ejemplo, fraccionar mezclas de hidrocarburos. Tales mezclas pueden ser, por ejemplo, petróleo, petróleo crudo o lodo de petróleo. Una separación térmica se puede llevar a cabo de manera puramente física, por ejemplo, con el aprovechamiento de distintas volatilidades (diferentes presiones de vapor) de las sustancias en cuestión.

La invención se explica detalladamente a continuación por medio de ejemplos de realización y dibujos.

Los dibujos muestran:

- Fig. 1 una primera realización del reactor de microondas, según la invención, en corte parcial;
- Fig. 2 una representación de una sección transversal de una primera realización del reactor de microondas, según la invención, con ejes de acoplamiento no orientados hacia un primer cilindro hueco;
- Fig. 3 una representación de una sección transversal de una segunda realización del reactor de microondas, según la invención, con ejes de acoplamiento no orientados en perpendicular a un primer cilindro hueco;
- Fig. 4 una tercera realización del reactor de microondas, según la invención, con guías de onda en tres

planos, en corte parcial;

Fig. 5 una cuarta realización del reactor de microondas, según la invención, con varios primeros cilindros huecos, en corte parcial;

Fig. 6 una quinta realización del reactor de microondas, según la invención, con un tubo continuo en el primer cilindro hueco, en corte longitudinal;

Fig. 7 una sexta realización del reactor de microondas, según la invención, con un tubo recortado en el primer cilindro hueco, en corte longitudinal;

Fig. 8 una séptima realización del reactor de microondas, según la invención, con guías de onda que discurren en paralelo al eje de cilindro hueco;

Fig. 9 un corte transversal a través de una octava realización del reactor de microondas, según la invención, a la altura de un plano con resaltos de la carcasa con ejes de acoplamiento no orientados hacia el primer cilindro hueco;

Fig. 10 un corte transversal a través de una novena realización del reactor de microondas, según la invención, a la altura de un plano con resaltos de la carcasa con ejes de acoplamiento orientados hacia el primer cilindro hueco; y

Fig. 11 una representación de una sección transversal de una décima realización del reactor de microondas según la invención.

La figura 1 muestra un primer ejemplo de realización de un reactor de microondas 1, según la invención, con sus componentes esenciales. El reactor de microondas 1 presenta una carcasa 2 (mostrada en corte longitudinal) de chapa de acero con una forma interior hueca y cilíndrica y con una pared interior 2.1, mediante la que está formado y encerrado un espacio interior 3 cilíndrico y cerrado en los lados frontales de la carcasa 2 mediante paredes 2.2 y 2.3, así como presenta un primer cilindro hueco 4 con una longitud de cilindro hueco 4.2 a lo largo de un eje de cilindro hueco 4.1 y una primera guía de onda 7.1 y una segunda guía de onda 7.2 que están dispuestas en un plano 10 que se extiende en sentido ortogonal al eje de cilindro hueco 4.1. La primera guía de onda 7.1 está orientada a partir del observador hacia el espacio interior 3 y la segunda guía de onda 7.2 está orientada hacia el observador. El plano 10 se encuentra cerca (en el primer ejemplo de realización aproximadamente en una sexta parte de la longitud de cilindro hueco 4.2) de un orificio de alimentación de medio 12, cubierto con una placa perforada 14 de una aleación de chapa de acero.

El eje de cilindro hueco 4.1 coincide con un eje de simetría (no mostrado) de la carcasa 2, que discurre en dirección longitudinal del espacio interior 3. El primer cilindro hueco 4 presenta un diámetro exterior, menor que un diámetro interior de la pared interior 2.1 de la carcasa 2, de modo que mediante la pared interior 2.1, que discurre en sentido coaxial al eje de cilindro hueco 4.1, de la carcasa 2 está formado un segundo cilindro hueco 5 en sentido coaxial alrededor del primer cilindro hueco 4 y entre el primer cilindro hueco 4 y el segundo cilindro hueco 5 está previsto un espacio intermedio 6 en la longitud de cilindro hueco 4.2 del primer cilindro hueco 4.

El primer cilindro hueco 4 está fabricado de vidrio de cuarzo, es transmisor de microondas y se extiende en el centro de la carcasa 2 a través de la pared interior 3 a lo largo del eje de cilindro hueco 4.1 y con la longitud de cilindro hueco 4.2 desde un orificio de alimentación de medio 12 en la pared 2.2 hasta un orificio de descarga de medio 13 en la pared 2.3. En otras realizaciones de la invención, el primer cilindro hueco 4 puede estar fabricado de otros vidrios, plásticos transparentes o combinaciones de materiales que transmiten microondas.

En el interior del primer cilindro hueco 4 se encuentra una carga de un catalizador 11 de un material absorbente de microondas. El catalizador 11 puede ser un óxido metálico, un óxido metálico mixto, por ejemplo, a base de estructura perovskita o espinela, u otro material activo catalíticamente y absorbente de microondas.

El primer cilindro hueco 4 está lleno del catalizador 11 de tal modo que es posible un paso de un medio líquido o gaseoso a través del primer cilindro hueco 4 desde el orificio de alimentación de medio 12 hasta el orificio de descarga de medio 13.

El primer cilindro hueco 4 se cierra en el lado frontal con una respectiva placa perforada 14 de una aleación de chapa de acero que está configurada de modo que se impide una salida de microondas del espacio interior 3, pero es posible un paso fácil de un medio a alimentar a través de las placas perforadas 14. En las placas perforadas 14 están posicionadas en cada caso tuberías 15 para la alimentación o descarga del medio. En el ejemplo de realización, el medio es aire enriquecido con monóxido de carbono e hidrocarburos volátiles. No obstante, se pueden calentar y transformar también otros medios gaseosos (por ejemplo, gases portadores inertes, gases de escape) o medios líquidos (por ejemplo, agua o soluciones acuosas) con otras sustancias gaseosas, líquidas o sólidas, así como mezclas de las mismas (aerosoles, polvos).

El diámetro seleccionado d del primer cilindro hueco 4 no es mayor que el doble de la profundidad de entrada, determinada empíricamente, de las microondas en el catalizador 11. Las dimensiones mínimas del espacio interior 3 están definidas por el diámetro d del primer cilindro hueco 4 y una distancia mínima requerida de toda la superficie circunferencial del primer cilindro hueco 4 respecto a la pared interior 2.1. La distancia mínima respecto a la pared interior 2.1 refuerza una distribución ampliamente uniforme de las microondas.

La primera guía de onda 7.1 y la segunda guía de onda 7.2 presentan en una zona situada por fuera de la carcasa 2 en cada caso un sintonizador de tres clavijas 22 (véase figura 2) como dispositivo de transformación y están conectadas a una respectiva fuente de microondas 19. Mediante el accionamiento correspondiente del sintonizador de tres clavijas 22 se pueden ajustar las propiedades electromagnéticas de las microondas y adaptarlas a las condiciones operativas del reactor de microondas 1.

Está presente también un control 17 que permite controlar las fuentes de microondas 19 y al menos una bomba 20 para el transporte del medio. Un sensor 18 para la detección del contenido de sustancias nocivas (cantidad y/o concentración de monóxido de carbono y de hidrocarburos volátiles) del medio está dispuesto en el primer cilindro hueco 4 y conectado al control 17 para la transmisión de señales.

Todos los componentes conductores de microondas o medios del reactor de microondas 1 están provistos en sus respectivos puntos de contacto con otros componentes de juntas adecuadas 21 (cuya posición está indicada sólo a modo de ejemplo).

Las figuras 2 y 3 muestran en cada caso una sección transversal en el plano 10 de un reactor de microondas 1 según la figura 1.

La carcasa 2 presenta en el plano 10 dos orificios 2.4. En un orificio 2.4 está posicionado un orificio de salida 9 de la primera guía de onda 7.1 y en el otro orificio 2.4 está posicionado el orificio de salida 9 de la segunda guía de onda 7.2 (guía de onda 7).

La primera guía de onda 7.1 y la segunda guía de onda 7.2 están dispuestas de manera desplazada entre sí en 180° en la carcasa 2 de tal modo que un primer eje de guía de onda 8.1 de la primera guía de onda 7.1 y un segundo eje de guía de onda 8.2 de la segunda guía de onda 7.2 (ejes de guía de onda 8) quedan situados en el plano 10 perpendicular al eje de cilindro hueco 4.1 y orientados hacia el espacio intermedio 6 en una misma dirección y con el mismo ángulo de acoplamiento α en el plano 10 alrededor del eje de cilindro hueco 4.1. El primer eje de guía de onda 8.1 coincide con un primer eje de acoplamiento 16.1 y el segundo eje de guía de onda 8.2 coincide con un segundo eje de acoplamiento 16.2.

El ángulo de acoplamiento α se ha medido entre el respectivo eje de guía de onda 8.1 u 8.2 y una recta que está situada en el plano 10 y discurre a través de un punto de intersección con el eje de cilindro hueco 4.1, así como aquel punto, en el que el eje de guía de onda 8.1 u 8.2 se encuentra a la misma altura con un punto de intersección o paso imaginario del eje de guía de onda 8.1 u 8.2 a través de la pared interior 2.1. El ángulo de acoplamiento α se ha seleccionado de modo que el primer y el segundo eje de guía de onda 8.1 y 8.2 (y, por tanto, también el primer y el segundo eje de acoplamiento 16.1 y 16.2) no inciden sobre el primer cilindro hueco 4. Los orificios de salida 9 están diseñados a ras con la pared interior 2.1.

En la segunda realización según la figura 3, el ángulo de acoplamiento α de aproximadamente 45° se ha seleccionado de modo que el primer y el segundo eje de guía de onda 8.1 y 8.2 (y, por tanto, también el primer y el segundo eje de acoplamiento 16.1 y 16.2) no inciden en perpendicular, sino en un ángulo agudo sobre la superficie del primer cilindro hueco 4.

Una tercera configuración del reactor de microondas 1 según la figura 4 corresponde a la configuración descrita en relación con las figuras 1 y 2, aunque a lo largo del eje de cilindro hueco 4.1 hay adicionalmente tres planos 10.1 a 10.3 que están separados de manera uniforme entre sí y en los que están dispuestos en cada caso dos guías de onda 7. Los planos 10.1 a 10.3 se encuentran dispuestos más cerca del orificio de alimentación de medio 12 que del orificio de descarga de medio 13. Las guías de onda 7 en un segundo plano 10.2 están desplazadas respecto a las guías de onda 7 de un primer plano 10.1 en 90° alrededor del eje de cilindro hueco 4.1, mientras que las guías de onda 7 de un tercer plano 10.3 vuelven a quedar dispuestas como las guías de onda 7 en el primer plano 10.1. Las guías de onda 7 de los tres planos 10.1 a 10.3 están dispuestas con el mismo ángulo de acoplamiento α y en la misma dirección (sólo esbozada) alrededor del eje de cilindro hueco 4.1.

Como muestra la figura 1, cada guía de onda 7 está conectada a una respectiva fuente de microondas 19 que suministra las microondas a acoplar para las guías de onda 7 (se muestra sólo para una guía de onda 7). Cada fuente de microondas 19 está conectada al control 17 para la transmisión de señales. Las fuentes de microondas 19 se pueden controlar en cada plano 10.1 a 10.3 mediante el control 17.

Otras realizaciones del reactor de microondas 1 se pueden caracterizar por que la cantidad de planos 10 y/o las

distancias entre los planos 10 y/o la cantidad de guías de onda 7 por cada plano 10 y/o sus ángulos de acoplamiento α y/o su dirección se seleccionan de manera diferente. Los parámetros mencionados pueden variar también entre los planos individuales 10. Varias guías de onda 7 se pueden abastecer también en cada plano 10 mediante sólo una fuente de microondas 19.

En una cuarta realización del reactor de microondas 1, mostrada en la figura 5, están dispuestos varios primeros cilindros huecos 4 de manera simétrica y coaxial entre sí y alrededor del eje de simetría, quedando separados los primeros cilindros huecos 4 uno de otro y presentando en cada caso diámetros iguales d que están adaptados a la profundidad de entrada de las microondas en los primeros cilindros huecos 4 y permiten así un calentamiento rápido del catalizador 11 mediante las microondas. Para una mejor comprensión se muestran sólo tres primeros cilindros huecos 4 de manera esquemática y no en la posición correcta. Los primeros cilindros huecos 4 se consideran compartimentos de un único primer cilindro hueco 4.

Los tres planos existentes 10.1 a 10.3 están dispuestos más cerca de los orificios de alimentación de medio 12 que de los orificios de descarga de medio 13, configurados aquí en correspondencia con la posición y el diámetro d de los primeros cilindros huecos 4.

Es posible también que en otras realizaciones estén dispuestos varios primeros cilindros huecos 4 de manera coaxial entre sí y que los primeros cilindros huecos 4 presenten diámetros d , distintos uno de otro.

En una quinta realización mostrada en la figura 6, el primer cilindro hueco 4 está atravesado axialmente en toda su longitud de cilindro hueco 4.2 por un tubo abierto 23 que está cerrado en sus lados frontales y cuyo diámetro exterior es menor que un diámetro interior del primer cilindro hueco 4. Entre el tubo abierto 23 y el primer cilindro hueco 4 se encuentra el catalizador 11.

Un espacio, rodeado por el tubo abierto 23, está lleno de aire. Mientras que el calentamiento del catalizador 11 se realiza desde el exterior mediante las microondas, el aire se calienta en el tubo abierto 23 por transmisión de calor. La energía térmica, alimentada así al aire, se distribuye por transporte de calor en el tubo abierto 23 y contribuye al calentamiento del catalizador 11.

En una sexta realización del reactor de microondas 1 según la figura 7, el primer cilindro hueco 4 se extiende a partir del orificio de alimentación de medio 12 en la pared 2.2 a lo largo del eje de cilindro hueco 4.1 hacia el espacio interior 3, quedando herméticamente cerrado para el medio su lado frontal que penetra en el espacio interior 3. Asimismo, de la pared 2.2 sobresale en sentido coaxial el tubo abierto 23, cuya longitud es menor que la longitud de cilindro hueco 4.2 y cuyo diámetro exterior es menor que el diámetro interior del primer cilindro hueco 4, hacia el primer cilindro hueco 4. El tubo abierto 23 está conectado al orificio de descarga de medio 13. Entre el tubo abierto 23 y el cilindro hueco 4 se encuentra el catalizador 11. El orificio de alimentación de medio 12 y el orificio de descarga de medio 13 están situados en la pared 2.2. El orificio de descarga de medio 13 está rodeado por el orificio de alimentación de medio 12. El orificio de alimentación de medio 12 y el orificio de descarga de medio 13 están cerrados con una placa perforada común 14 en la pared 2.2.

El medio circula a través del orificio de alimentación de medio 12 hacia el primer cilindro hueco 4 y a través del catalizador 11. En este caso, el medio se calienta asimismo mediante el catalizador calentado 11. El medio se desvía en el extremo del tubo abierto 23 y circula a través del tubo abierto 23 hacia el orificio de descarga de medio 13, cediendo el medio calentado una parte de su energía térmica al catalizador 11.

En todos los ejemplos de realización puede estar previsto, en vez del catalizador 11, una sustancia inerte en el primer cilindro hueco 4 y/o se puede prescindir del catalizador 11. En otras realizaciones, el medio puede circular también libremente a través del primer cilindro hueco o de los primeros cilindros huecos 4. El propio medio puede absorber las microondas y se puede calentar por sí mismo.

El modo de funcionamiento del reactor de microondas 1 se explica por medio de la figura 1.

El medio, transportado por la bomba 20, entra a través de la placa perforada 14 del orificio de alimentación de medio 12 en el primer cilindro hueco 4 y atraviesa el catalizador 11 situado aquí. Las microondas, suministradas por la fuente de microondas 19, se acoplan al espacio intermedio 6 a través de la primera guía de onda 7.1 y la segunda guía de onda 7.2 a lo largo de su primer o su segundo eje de guía de onda 8.1 a 8.2 en el plano 10. Las microondas, acopladas al primer y al segundo orificio de salida 9.1 y 9.2, se propagan como frente de onda a lo largo del primer eje de guía de onda 8.1 o del segundo eje de guía de onda 8.2, propagándose el frente de onda también espacialmente alrededor de los ejes de guía de onda 8.1 y 8.2 debido a efectos de difracción a partir del respectivo primer y segundo orificio de salida 9.1 y 9.2. Una parte de este frente de onda incide a lo largo de los respectivos ejes de acoplamiento 16.1 y 16.2 en cada caso sobre una zona del primer cilindro hueco 4, dirigida hacia el primer o el segundo orificio de salida 9.1 y 9.2, y es absorbida aquí esencialmente por el catalizador 11. La parte restante del frente de onda incide sobre la pared interior 2.1, a partir de la que se retrorefleja en el espacio interior 3 y se conduce alrededor del eje de cilindro hueco 4.1. En este caso, una parte de las microondas se refleja de manera difusa, quedando lleno el espacio intermedio 6 de manera homogénea de microondas en la zona del plano 10. Las

microondas reflejadas pueden incidir sobre el primer cilindro hueco 4 desde una pluralidad de direcciones y con distintas posiciones angulares, consiguiéndose así un calentamiento uniforme del catalizador 11. La selección del ángulo de acoplamiento α permite influir de manera controlada sobre el comportamiento del calentamiento del catalizador 11.

Debido a la disposición de las guías de onda 7 cerca espacialmente del orificio de alimentación de medio 12, el catalizador 11 se calienta aquí primero y al máximo. El medio, circulante a través del catalizador 11, absorbe una parte de la energía térmica del catalizador 11 y calienta el catalizador 11 al atravesar el primer cilindro hueco 4 en dirección del orificio de descarga de medio 13. Sobre el primer cilindro hueco 4 inciden las microondas, reflejadas de manera difusa, con una intensidad que disminuye del orificio de alimentación de medio 2 al orificio de descarga de medio 13, y el catalizador 11 se calienta.

Después de atravesar el primer cilindro hueco 4, el medio abandona el primer cilindro hueco 4 a través de la placa perforada 14 en el orificio de descarga de medio 13.

Las frecuencias de impulso y las longitudes de onda de las microondas, así como las dimensiones del reactor de microondas 1 están adaptadas entre sí de tal modo que se evitan ampliamente interferencias tanto constructivas como destructivas entre las microondas ya acopladas y circulantes, por una parte, y las microondas acopladas al primer y al segundo orificio de salida 9.1 y 9.2, por la otra parte.

Mediante el control 17 se adaptan las propiedades de las microondas acopladas a las respectivas condiciones operativas. Así, por ejemplo, se puede detectar la presencia de sustancias nocivas en el medio con ayuda de sensores 18 y las fuentes de microondas 19 se pueden controlar y regular con el control 17, consiguiéndose así una rápida respuesta del reactor de microondas 1 a contenidos de sustancia nociva diferentes (cantidad, concentración) en el medio, que se presentan en particular de manera discontinua.

En un séptimo ejemplo de realización de la invención, mostrado en la figura 8, dos guías de onda 7, una primera guía de onda 7.1 y una segunda guía de onda 7.2, están dispuestas en la carcasa 2 de modo que sus ejes de guía de onda 8.1, 8.2 discurren en paralelo al eje de cilindro hueco 4.1. Cada una de las guías de onda 7 presenta en cada plano 10 orificios de salida 9, dispuestos de manera que a través de los mismos se pueden acoplar microondas al espacio interior 3. Los primeros y los segundos ejes de acoplamiento 16.1, 16.2 (que coinciden respectivamente con las representaciones de los planos 10 y se indican sólo una vez a modo de ejemplo) están situados en cada plano 10 en sentido ortogonal al primer o al segundo eje de guía de onda 8.1, 8.2. Los orificios de salida individuales 9 están dispuestos a lo largo de los respectivos ejes de guía de onda 8.1, 8.2 de modo que se encuentran a una distancia entre sí que corresponde a un múltiplo de $\lambda/2$ de las microondas acopladas a las guías de onda 7.

En la primera guía de onda 7.1 y la segunda guía de onda 7.2 se configura en cada caso una onda estacionaria mediante las microondas acopladas alrededor de los ejes de guía de onda 8.1, 8.2. Para un desacoplamiento eficaz de las microondas a través de los orificios de salida 9 es necesario ajustar la onda estacionaria de modo que las máximas de la onda estacionaria queden situadas en los orificios de salida 9. Cada una de las guías de onda 7 está diseñada de modo que la condición mencionada se cumple en condiciones estándar. Para el reajuste de las ondas estacionarias está previsto en el extremo de cada guía de onda 7 un dispositivo de ajuste 24, compuesto de una placa 24.1, que corresponde aproximadamente a las dimensiones interiores de la guía de onda 7 y está dispuesta en la misma, y de un tornillo de ajuste 24.2. El giro del tornillo de ajuste 24.2 permite desplazar la placa 24.1 en dirección de los ejes de guía de onda 8.1, 8.2 y ajustar así la onda estacionaria mediante una variación de la longitud efectiva de la guía de onda 7.

En la realización mostrada de la invención se calienta petróleo crudo, conducido como medio líquido a través del primer cilindro hueco 4, para fraccionarlo térmicamente.

En la figura 9 se muestra un octavo ejemplo de realización en una sección transversal. La pared interior 2.1 está abombada en dos lados opuestos entre sí y en un plano 10 respectivamente. Los resaltos presentan en cada caso una forma arqueada y están delimitados en un lado respectivamente por una pared 2.5 orientada en perpendicular al eje de cilindro hueco 4.1. En la pared 2.5 se encuentran los orificios de salida 9, a partir de los que el primer eje de acoplamiento 16.1 o el segundo eje de acoplamiento 16.2, situados de manera congruente con los ejes de guía de onda 8.1 u 8.2, queda orientado en perpendicular al resalto.

La figura 10 muestra un noveno ejemplo de realización que corresponde en principio al ejemplo de realización según la figura 9, pero en el que los resaltos presentan en cada caso una sección arqueada y una pared 2.5 que discurre de un extremo de la sección arqueada a la pared interior 2.1 y no está orientada en perpendicular al eje de cilindro hueco 4.1, sino hacia el espacio intermedio 6. El primer eje de acoplamiento 16.1 o el segundo eje de acoplamiento 16.2, situados de manera congruente con los ejes de guía de onda 8.1 u 8.2, están orientados hacia el espacio intermedio 6 y no en perpendicular al primer cilindro hueco 4.

En otras realizaciones del reactor de microondas 1 pueden estar presentes en un plano 10 más de dos resaltos. Varios planos 10 pueden presentar también resaltos.

Como muestra la figura 11, en un décimo ejemplo de realización del reactor de microondas 1 es posible también posicionar las guías de onda 7.1, 7.2 de manera tangencial en la carcasa 2 de modo que se puedan acoplar microondas al espacio interior 3 a través de orificios de salida 9 en forma de ranuras que se encuentran dispuestos lateralmente en las guías de onda 7 y se sitúan en zonas de orificios 2.4 de la pared interior 2.1 de la carcasa 2. Los ejes de acoplamiento 16.1, 16.2 están situados en perpendicular (mostrado sólo para un orificio de salida 9 respectivamente) a los ejes de guía de onda 8.1, 8.2. En el ejemplo de realización según la figura 11, las guías de onda 7.1, 7.2 están dispuestas de manera diferente en relación con la orientación de sus ejes de guía de onda 8.1, 8.2. El primer eje de acoplamiento 16.1 está orientado en un ángulo de acoplamiento α (no mostrado) inferior a 90° hacia el espacio intermedio 6, mientras que el segundo eje de acoplamiento 16.2 está orientado en un ángulo de acoplamiento α (tampoco mostrado) de aproximadamente 90° hacia el espacio intermedio 6. Ambos ejes de acoplamiento 16.1, 16.2 no inciden, sin embargo, en perpendicular sobre el primer cilindro hueco 4.

En otras realizaciones del reactor de microondas 1 pueden estar implementadas otras cantidades de guías de onda 7, orificios de salida 9 y combinaciones de ángulos de acoplamiento α .

El reactor de microondas 1 se puede utilizar en todos aquellos sectores, en los que se deben calentar sustancias transportadas en un medio y/o transformar catalíticamente. Estos pueden ser también, además de tratamientos de purificación de medios (por ejemplo, por oxidación y/o reducción), como la transformación de sustancias nocivas en el aire, aerosoles o polvos, el procesamiento de medios y/o de las sustancias transportadas en los mismos. El reactor de microondas 1, según la invención, se puede operar con una alta eficiencia en relación con la energía consumida y en relación también con las cantidades de sustancias transformadas por unidad de energía. Resulta particularmente ventajoso utilizar el reactor de microondas 1 en caso de contenidos de sustancia nociva en el medio, que se presentan de manera discontinua.

El reactor de microondas 1 se puede utilizar también para calentar y fraccionar mezclas de hidrocarburos, en particular petróleo crudo, petróleo y/o lodos de petróleo.

Lista de signos de referencia

1	Reactor de microondas
2	Carcasa
2.1	Pared interior
2.2	Pared
2.3	Pared
2.4	Orificio
2.5	Pared
3	Espacio interior
4	Primer cilindro hueco
4.1	Eje de cilindro hueco
4.2	Longitud de cilindro hueco
5	Segundo cilindro hueco
6	Espacio intermedio
7	Guía de onda
7.1	Primera guía de onda
7.2	Segunda guía de onda
8	Eje de guía de onda
8.1	Primer eje de guía de onda
8.2	Segundo eje de guía de onda
9	Orificio de salida
9.1	Primer orificio de salida
9.2	Segundo orificio de salida
10	Plano
10.1	Primer plano
10.2	Segundo plano
10.3	Tercer plano
11	Catalizador
12	Orificio de alimentación de medio
13	Orificio de descarga de medio
14	Placa perforada
15	Tubería
16.1	Primer eje de acoplamiento
16.2	Segundo eje de acoplamiento
17	Control

	18	Sensor
	19	Fuente de microondas
	20	Bomba
	21	Junta
5	22	Sintonizador de tres clavijas
	23	Tubo abierto
	24	Dispositivo de ajuste
	24.1	Placa
	24.2	Tornillo de ajuste
10	d	Diámetro
	α	Ángulo de acoplamiento

REIVINDICACIONES

1. Reactor de microondas (1) para el calentamiento, asistido por microondas, de un medio, que se compone de una carcasa (2) que encierra un espacio interior (3) y está fabricada de un material reflectante de microondas, de varias guías de onda (7) con un eje de guía de onda (8) cada una, que con al menos un orificio de salida (9) están conectadas en cada caso al espacio interior (3) a través de un respectivo orificio (2.4) en la carcasa (2), de un primer cilindro hueco (4), fabricado de un material transparente a las microondas y dispuesto en el espacio interior (3) de tal modo que entre el primer cilindro hueco (4), a lo largo de su eje de cilindro hueco (4.1), y la carcasa (2) hay un espacio intermedio libre (6) y el primer cilindro hueco (4) para el paso de un medio queda conectado en el lado frontal a un orificio de alimentación de medio (12) y a un orificio de descarga de medio (13), previstos en la carcasa (2),
- representando la carcasa (2) un segundo cilindro hueco (5), dispuesto en sentido coaxial alrededor del primer cilindro hueco (4), y
 - y estando dispuestas en la carcasa (2) al menos una primera guía de onda (7.1), que presenta un primer eje de guía de onda (8.1) y un primer eje de acoplamiento (16.1), y una segunda guía de onda (7.2) que presenta un segundo eje de guía de onda (8.2) y un segundo eje de acoplamiento (16.2), **caracterizado por que** los ejes de acoplamiento (16.1, 16.2), a lo largo de los que las microondas se desacoplan de las guías de onda (7.1, 7.2) y se acoplan al espacio interior (3), están situados en cada caso en un plano (10), perpendicular al eje de cilindro hueco (4.1), y orientados hacia el espacio intermedio (6).
2. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** las guías de onda (7) están dispuestas en la carcasa (2) de tal modo que sus ejes de acoplamiento (16.1, 16.2) no están orientados hacia el primer cilindro hueco (4).
3. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** las guías de onda (7) están dispuestas en la carcasa (2) de tal modo que sus ejes de acoplamiento (16.1, 16.2) no están orientados en perpendicular al primer cilindro hueco (4).
4. Reactor de microondas (1) de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado por que** los ejes de acoplamiento (16.1, 16.2) de todas las guías de onda (7), situadas en el plano (10), están dispuestos alrededor del eje de cilindro hueco (4.1) en la misma dirección.
5. Reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** están presentes varios planos (10.1, 10.2, 10.3) con guías de onda (7).
6. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** los orificios de salida (9) de planos (10.1, 10.2, 10.3) contiguos están desplazados entre sí alrededor del eje de cilindro hueco (4.1).
7. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** los planos (10.1, 10.2, 10.3) con guías de onda (7) están dispuestos a partir del orificio de alimentación de medio (12) en dirección del orificio de descarga de medio (13) a distancias crecientes entre planos (10.1, 10.2, 10.3) consecutivos.
8. Reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la potencia de las microondas acopladas se puede regular en cada plano (10.1, 10.2, 10.3).
9. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** el primer cilindro hueco (4) está lleno de un catalizador (11) calentable mediante microondas.
10. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** el primer cilindro hueco (4) está atravesado en sentido coaxial al eje de cilindro hueco (4.1) por un tubo abierto (23), de modo que el catalizador (11) está presente en un anillo circular alrededor del tubo abierto (23).
11. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** el primer cilindro hueco (4) está conectado mediante uno de sus lados frontales al orificio de alimentación de medio (12) y al orificio de descarga de medio (13) y está cerrado herméticamente en su otro lado frontal para el medio y por que el orificio de alimentación de medio (12) y el orificio de descarga de medio (13) están separados uno de otro mediante un tubo abierto (23), orientado en sentido coaxial al eje de cilindro hueco (4.1) y más corto que una longitud de cilindro hueco (4.2) del primero cilindro hueco (4), de modo que el orificio de descarga de medio (13) y el orificio de alimentación de medio (12) se encuentran dispuestos en un plano de alimentación, que se extiende en perpendicular al eje de cilindro hueco (4.1), en sentido coaxial al eje de cilindro hueco (4.1).
12. Reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** varios primeros cilindros huecos (4) están dispuestos axialmente respecto al eje de cilindro hueco (4.1).

13. Reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la pared interior (2.1) de la carcasa (2) presenta en cada plano (10.1, 10.2, 10.3) al menos dos resaltos, en los que está presente en cada caso al menos un orificio de salida (9) de una guía de onda (7).
- 5 14. Reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los ejes de guía de onda (8.1, 8.2) de las al menos dos guías de onda (7) discurren en paralelo al eje de cilindro hueco (4.1) y cada guía de onda (7) presenta en cada plano (10.1, 10.2, 10.3) respectivamente al menos un orificio de salida (9), a través del que se pueden acoplar microondas al espacio interior (3).
- 10 15. Reactor de microondas (1) de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado por que** los orificios de salida (9) están dispuestos a lo largo del eje de guía de onda (8.1, 8.2) de tal modo que los orificios de salida (9) están presentes en cada caso en un múltiplo de $\lambda/2$ de las microondas usadas.
- 15 16. Reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las guías de onda (7) están dispuestas tangencialmente en la carcasa (2) y en los orificios (2.4) de la carcasa (2) y por que mediante orificios de salida (9) dispuestos lateralmente en las guías de onda (7) se pueden acoplar microondas al espacio interior (3).
- 20 17. Reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 o 16, **caracterizado por que** están presentes elementos que permiten variar una onda estacionaria, producida en la respectiva guía de onda (7), de las microondas de tal modo que es posible el desacoplamiento de microondas a través de los orificios de salida (9).
- 25 18. Uso de un reactor de microondas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores para el fraccionamiento de mezclas de hidrocarburos.

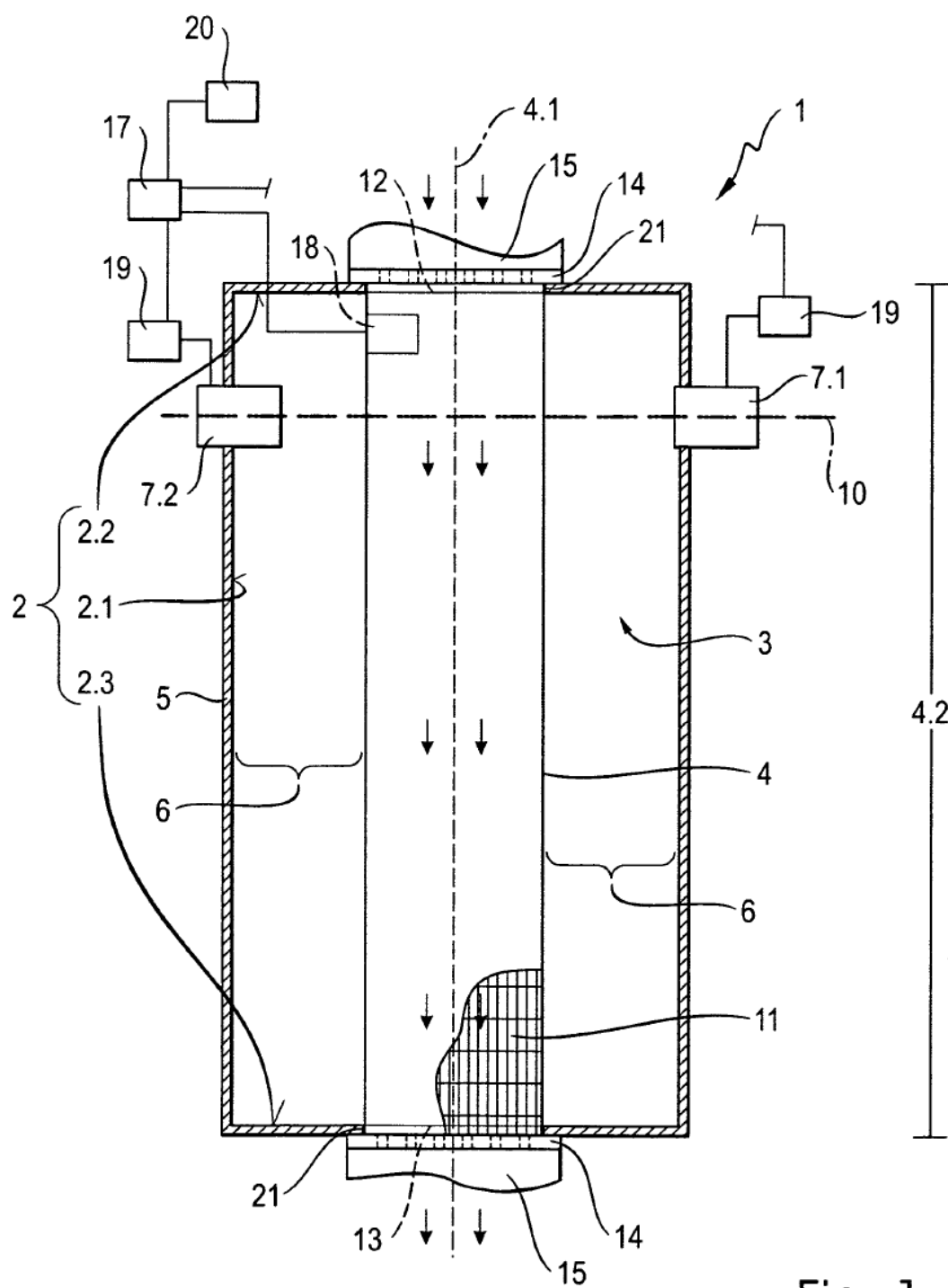


Fig. 1

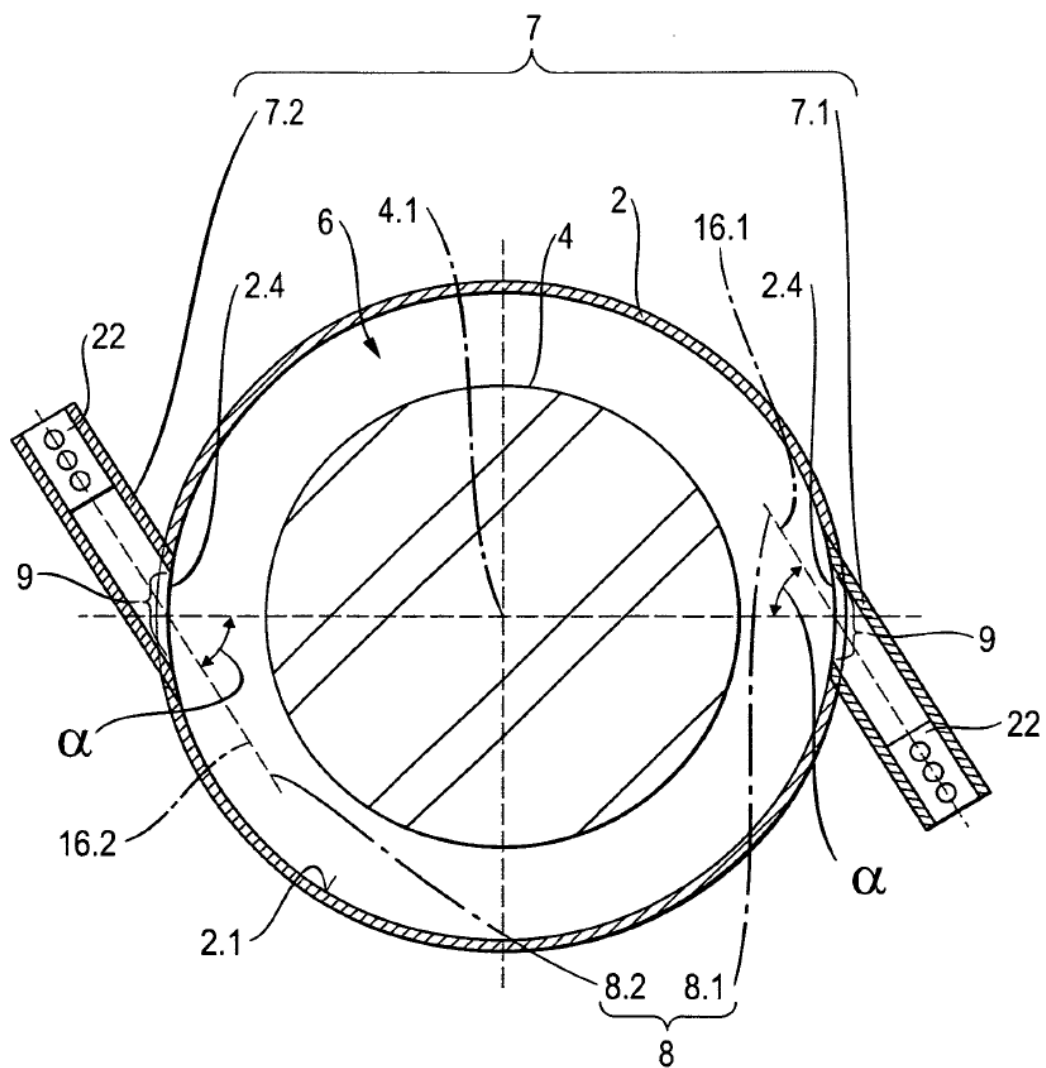


Fig. 2

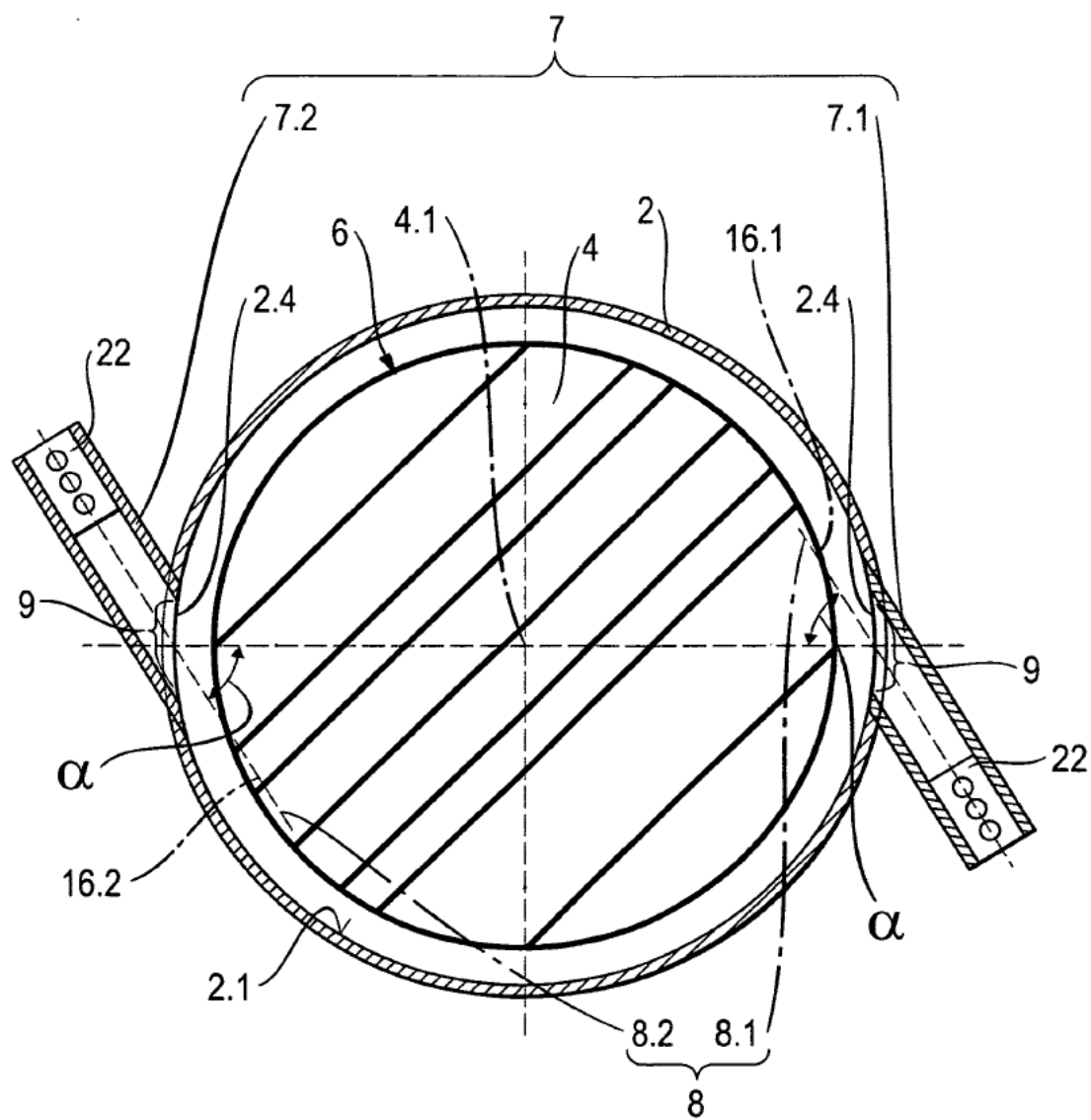


Fig. 3

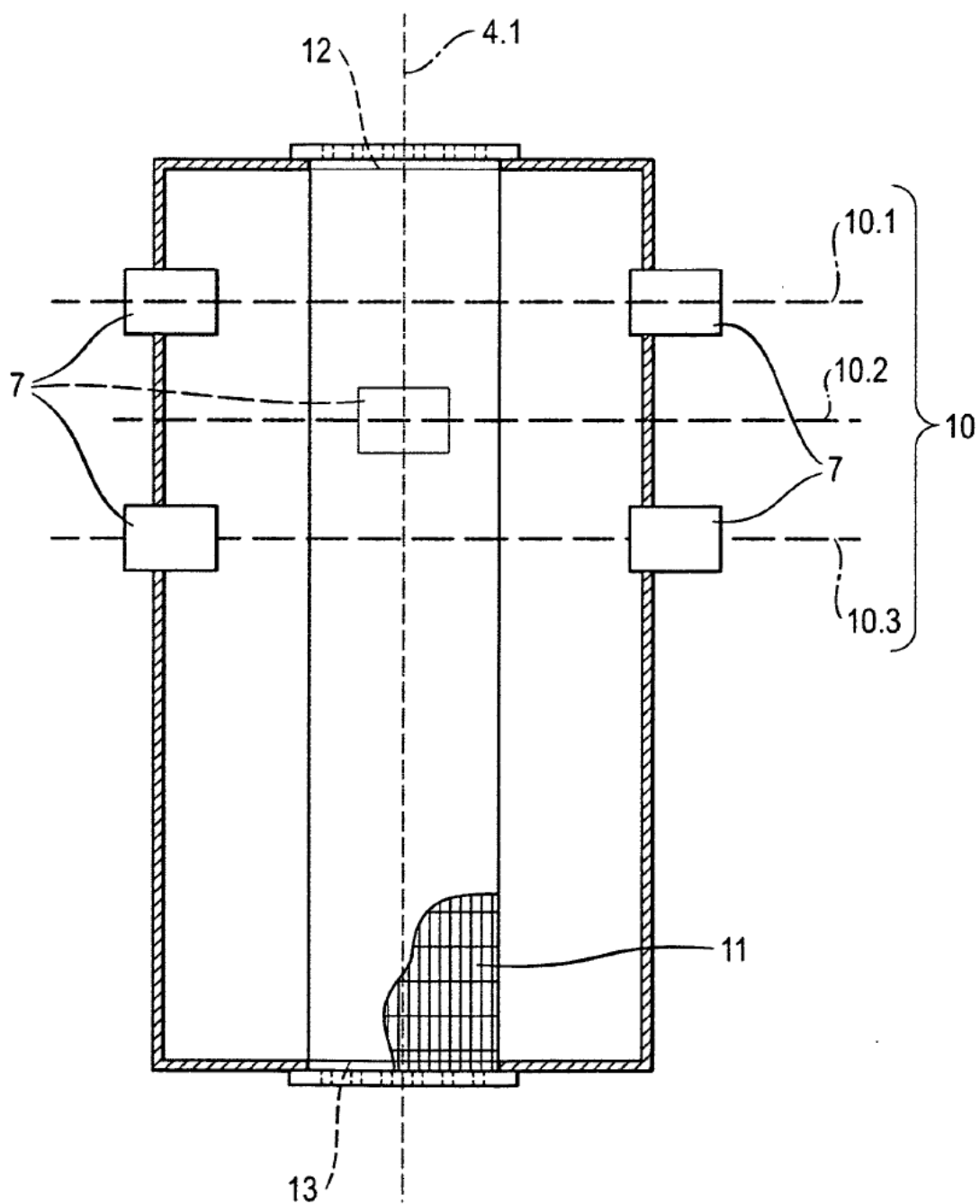


Fig.4

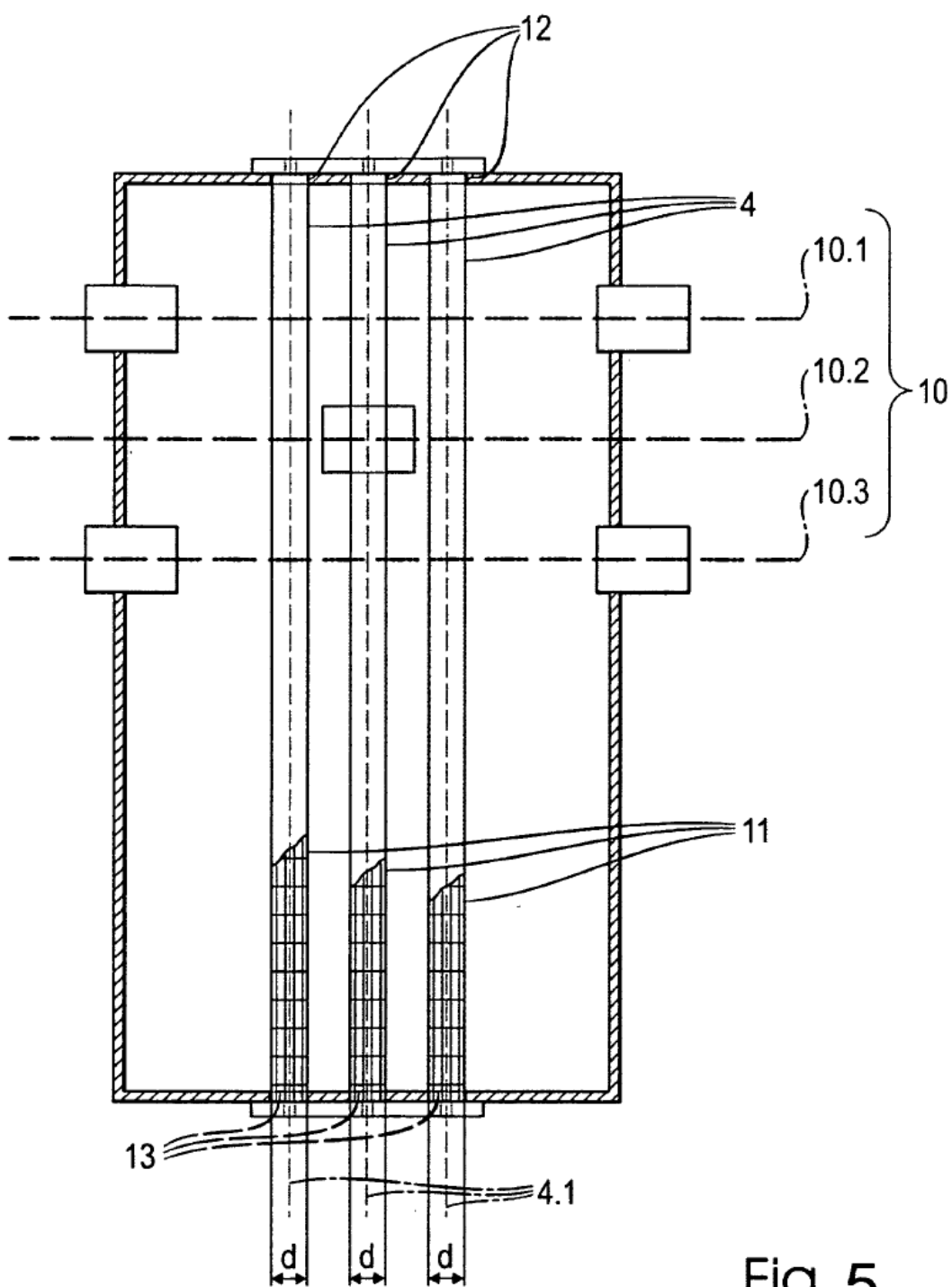


Fig. 5

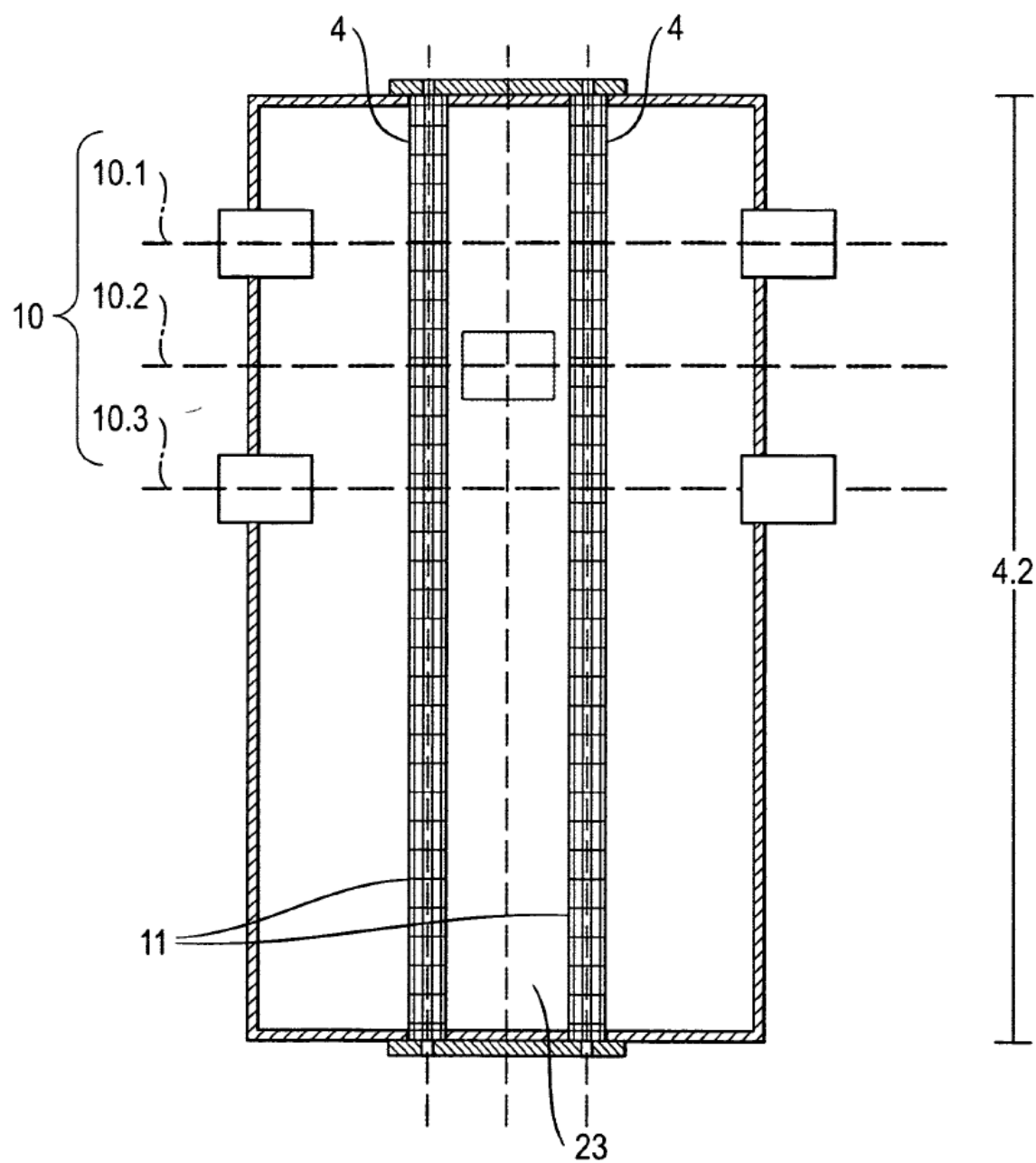


Fig. 6

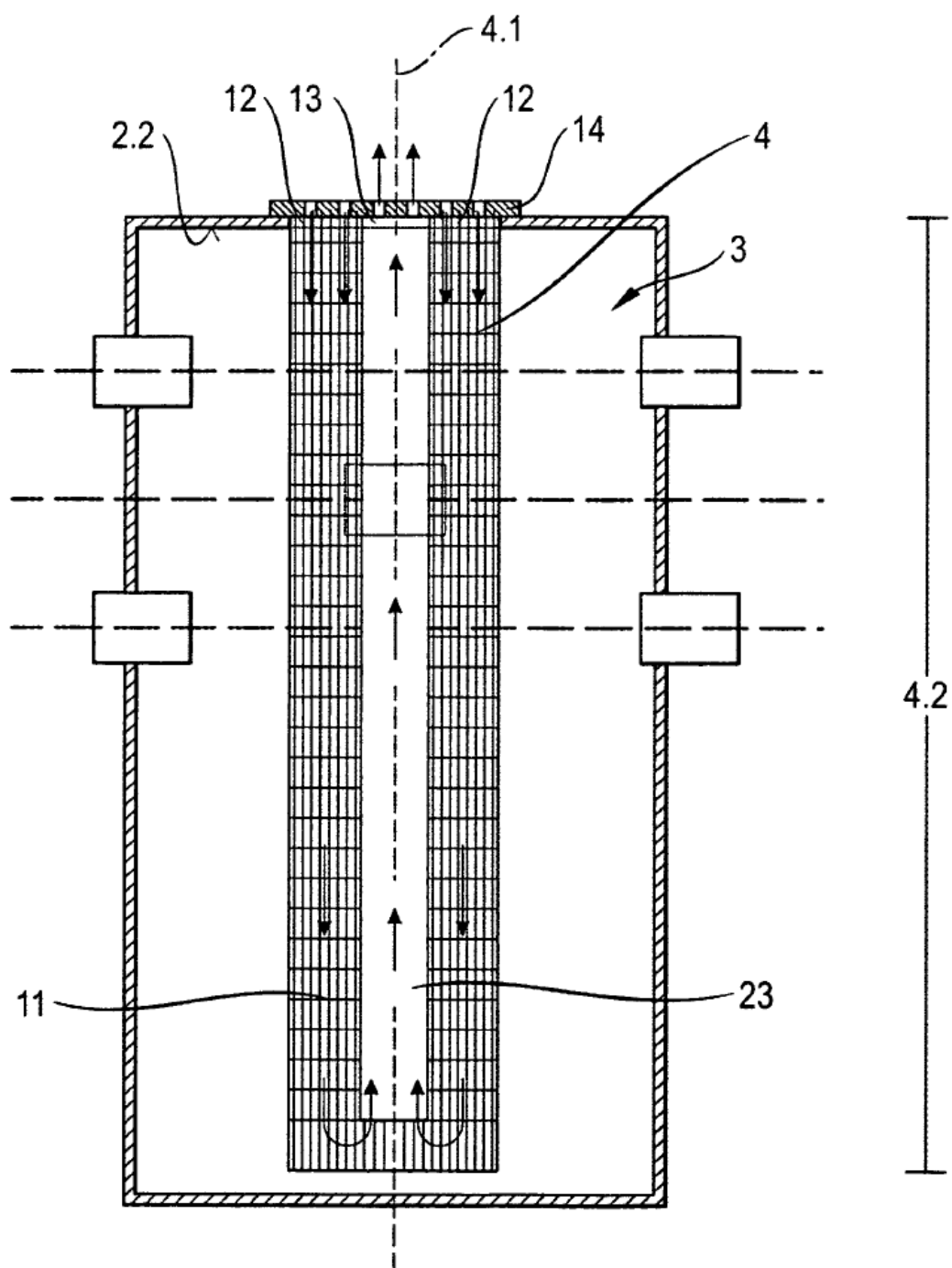


Fig. 7

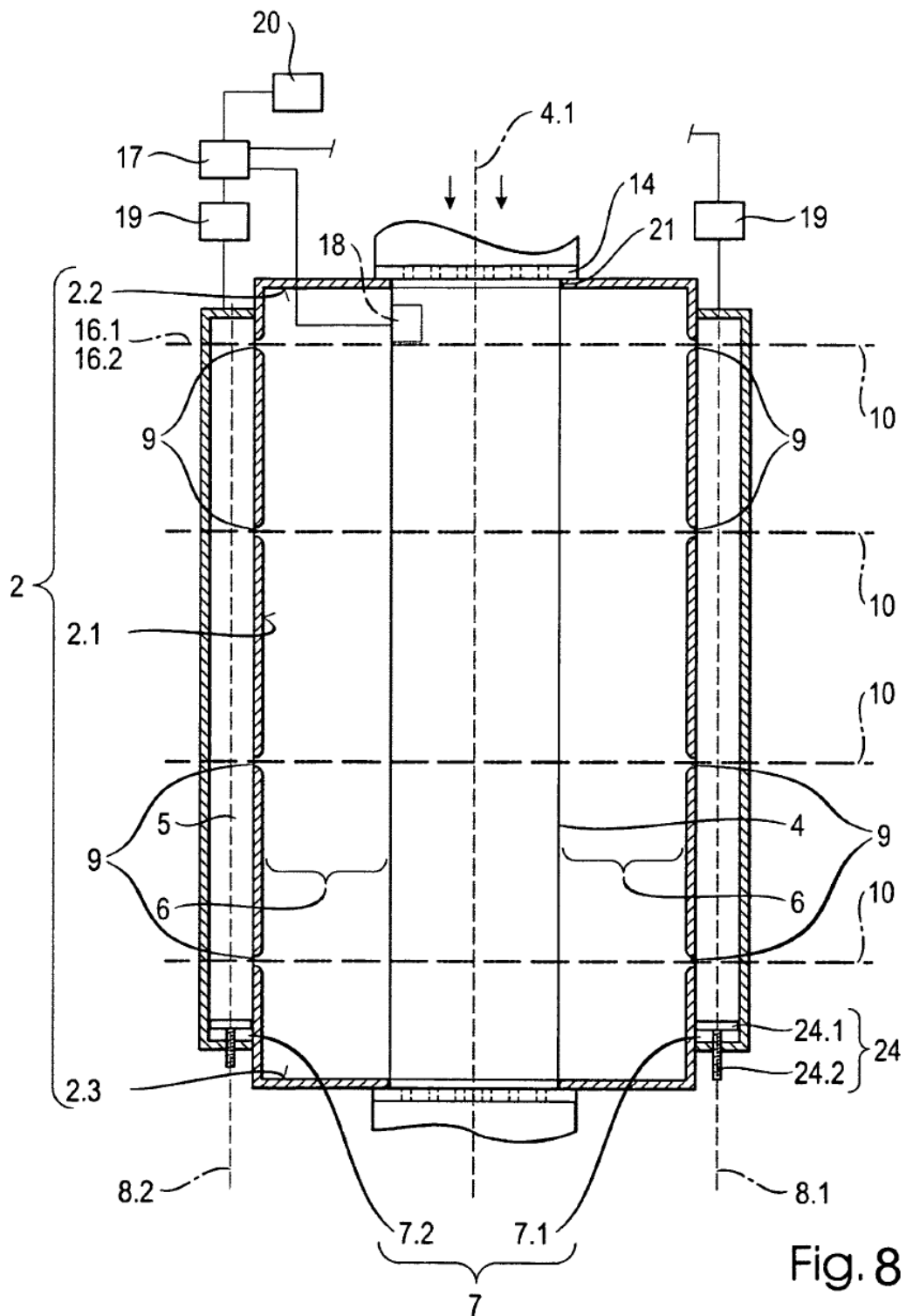


Fig. 8

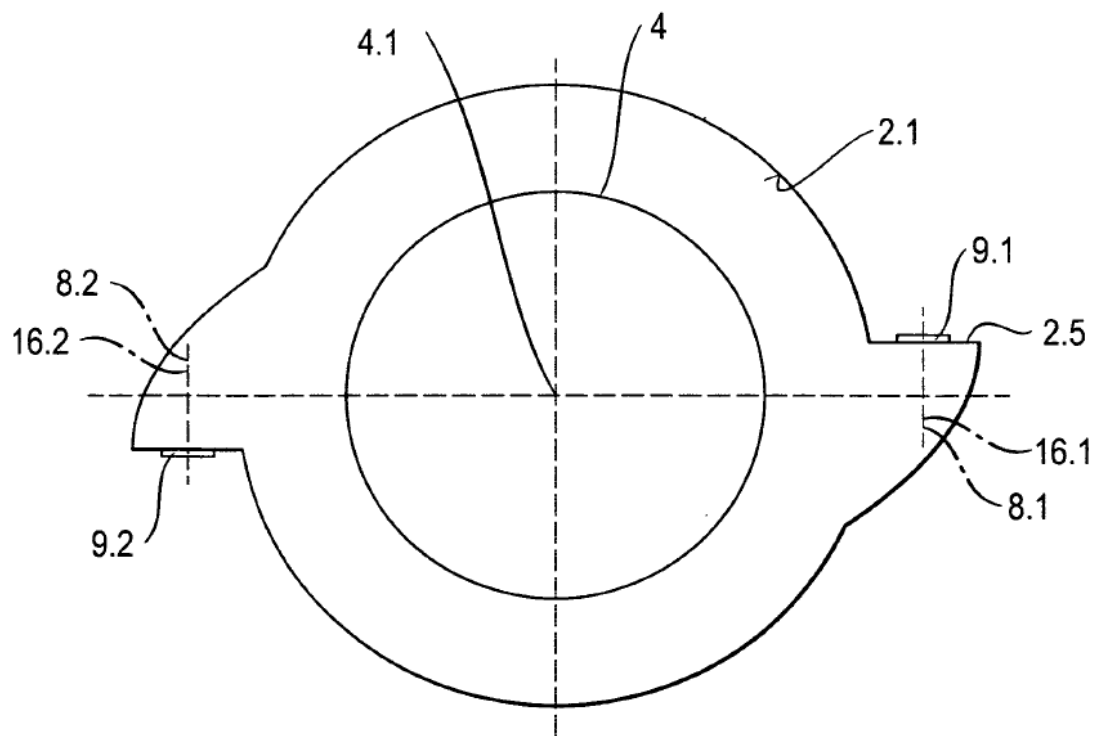


Fig. 9

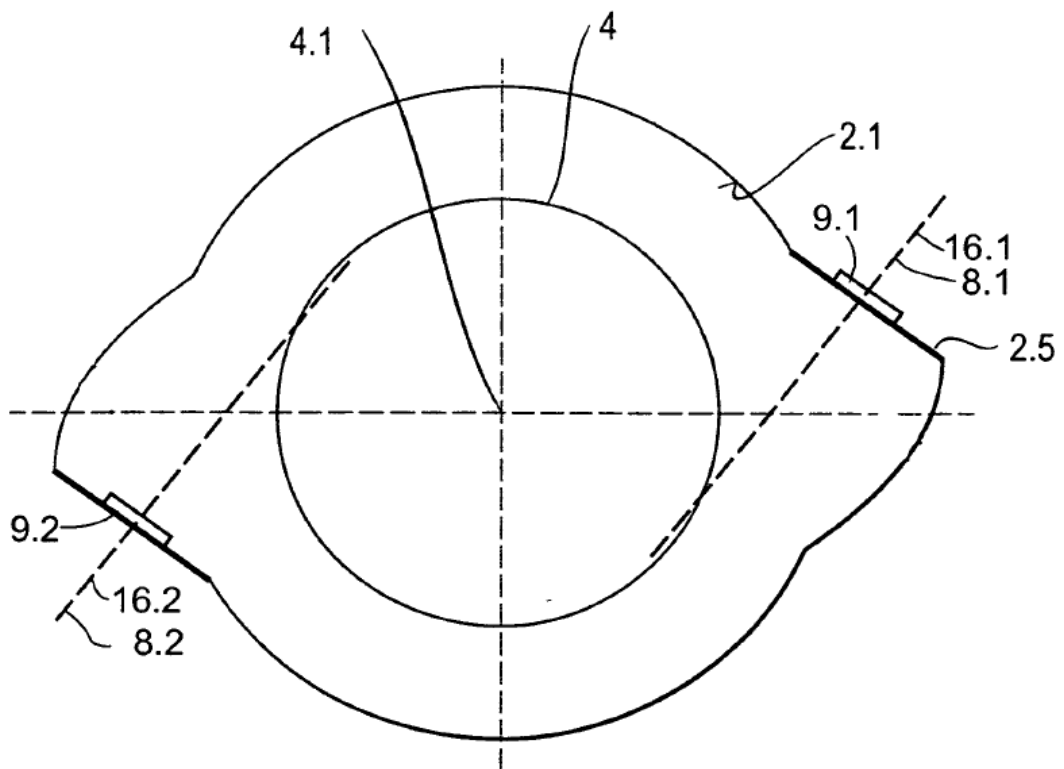


Fig. 10

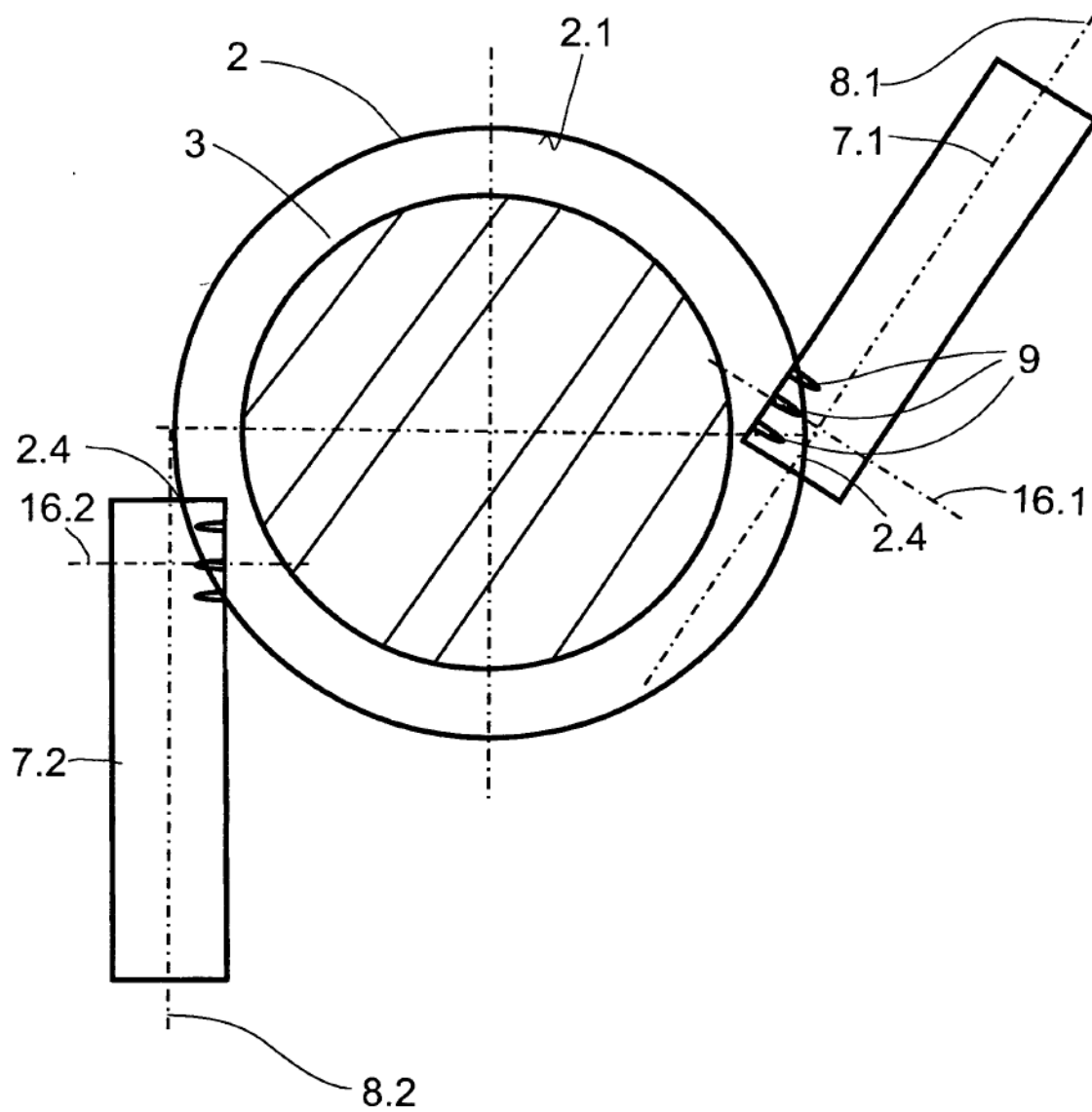


Fig. 11