



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 359 794**

(51) Int. Cl.:

G01F 1/704 (2006.01)

G01F 1/688 (2006.01)

G01F 1/708 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **07834679 .8**

(96) Fecha de presentación : **09.11.2007**

(97) Número de publicación de la solicitud: **2100105**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **16.09.2009**

(54) Título: **Dispositivo de medición del caudal de un fluido utilizando trazadores térmicos.**

(30) Prioridad: **10.11.2006 EP 06077001**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.05.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.05.2011

(73) Titular/es: **Nederlandse Organisatie Voor
Toegepast -Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TNO
Schoemakerstraat 97
2628 VK Delft, NL**

(72) Inventor/es: **Volker, Arno Willem Frederik;
Blokland, Huibert;
Velthuis, Johannes Fransiscus Maria y
Lötters, Joost Conrad**

(74) Agente: **Durán Moya, Carlos**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición del caudal de un fluido utilizando trazadores térmicos

- 5 La invención se refiere a un dispositivo de medición del caudal de un fluido y a un método para la medición de dicho caudal de fluido.

Se conoce la forma de medir el caudal de un fluido utilizando el llamado tiempo térmico de recorrido. En una medición por el tiempo térmico de recorrido, el fluido se calienta localmente. Posteriormente se mide la temperatura en puntos diferentes para detectar la rapidez con que un elemento del fluido, calentado localmente, es transportado por medio del caudal de fluido. En el sistema de medición conocido, el fluido circula por un conducto y se utilizan sensores de temperatura acoplados a la pared del conducto, o en el interior del conducto, para medir la temperatura del fluido que está en contacto con los sensores. Este método de medición tiene el inconveniente de que el resultado de la medición depende, en parte, de la relación entre las características del conducto y las características del fluido, distintas de la velocidad del flujo. Cuando disminuye el tamaño del conducto y la velocidad del flujo, estos otros condicionantes afectan de forma creciente a la precisión de la medición.

Otra técnica conocida de medición del caudal de un fluido es la medición del tiempo de recorrido de ultrasonidos. En esta técnica se realizan mediciones de los intervalos de tiempo necesarios para que los ultrasonidos recorran una cierta distancia en sentido contrario al flujo y siguiendo el flujo, respectivamente. La velocidad del flujo puede ser calculada a partir de la diferencia entre los intervalos de tiempo medidos y la distancia recorrida por el sonido. Debido a las limitaciones en la medición del tiempo, esta técnica solamente es exacta para unas velocidades de flujo suficientemente elevadas.

25 El documento US 2005/005710 da a conocer un dispositivo de medición del caudal de un fluido en el que se utiliza luz para calentar localmente el fluido que fluye y medir la llegada del fluido caliente a partir de la velocidad de la luz más abajo de donde se ha calentado el fluido.

30 El documento US 841.780 da a conocer un dispositivo de medición del flujo, de correlación cruzada, que detecta el paso de perturbaciones aleatorias mediante el cálculo del máximo de una correlación cruzada de señales de salida a partir de un primer y un segundo transductores de ultrasonidos a lo largo del flujo.

35 El documento DE 19858388 da a conocer un dispositivo de medición del caudal de un fluido en el que el fluido que fluye es calentado localmente y se utilizan mediciones de la temperatura para detectar la llegada del fluido caliente más abajo de donde se ha calentado el fluido.

40 Entre otros, es un objetivo de la presente invención dar a conocer un dispositivo de medición del caudal de un fluido y un método para la medición de la velocidad del caudal de un fluido, que tiene una reducida o nula dependencia de las características del fluido distintas de la velocidad del flujo y es adecuado, por lo menos, para velocidades de flujo reducidas.

45 Según un aspecto, se realiza una medición de la velocidad del sonido y esta medición se utiliza para detectar cambios en la temperatura local del fluido en la medición del tiempo térmico del recorrido. La utilización de la velocidad del sonido hace posible no solamente la medición del flujo, sino que la lleva a cabo de una forma que hace que la medición del flujo sea independiente de los efectos de la pared que dependen de las características del fluido. De este modo, se consigue un dispositivo de medición del flujo que es substancialmente independiente de dichas características del fluido. Además, hace posible realizar la medición de la temperatura mucho más deprisa que con mediciones basadas en la medición de la temperatura de contacto, sin necesidad de entrar en contacto con el fluido caliente.

50 La dependencia del tiempo de la velocidad del sonido que se utiliza para medir la velocidad del flujo se determina de forma dinámica a una frecuencia, o está limitada a una gama de frecuencias que está adaptada a la velocidad del flujo y/o a las características del fluido. "Determinación dinámica" significa que la determinación se realiza dependiendo de las condiciones establecidas en el momento de la medición de la velocidad del flujo, la cual puede comprender una determinación dependiente de la velocidad real del flujo en el momento de la medición. La determinación de la frecuencia o de la gama de frecuencias, puede ser realizada, por ejemplo, mediante la adaptación de la frecuencia de la dependencia del tiempo de la potencia de calentamiento a dicha frecuencia, o limitando la gama de frecuencias. La frecuencia escogida o la gama de frecuencias se establece de tal modo que la imprecisión de la medición debida a la difusión del calor sea menor que un valor predeterminado. En una realización adicional, la frecuencia se determina de forma que dependa cuadráticamente de la velocidad del flujo según una relación predeterminada (por ejemplo, programada). En otra realización, la frecuencia se escoge dependiendo de las mediciones.

65 En una realización, el fluido se calienta localmente en el conducto en un punto alejado de la pared del conducto por el que fluye el fluido. Esto hace posible eliminar el efecto de las paredes en el calentamiento. En dicho punto puede

utilizarse, por ejemplo, un láser enfocado o al menos convergente, o una fuente de calentamiento mediante microondas, o un cable de calentamiento, etc.

Estos y otros aspectos, y unos aspectos ventajosos de la invención serán evidentes a partir de la descripción de realizaciones a modo de ejemplo, utilizando las figuras siguientes

- Figura 1 muestra una disposición de medición de la velocidad del flujo
 Figura 2 muestra la temperatura en función de la posición
 Figuras 3 y 4 muestran la velocidad del sonido en función del tiempo
 Figura 5 muestra un circuito de medición
 Figura 6 muestra un diagrama de flujo de la medición de la velocidad del flujo.

La figura 1 muestra una disposición de medición de la velocidad del flujo que comprende un conducto -10-, una serie de sensores -12a- a -12d-, fijados a la pared del conducto -10-, y un conjunto láser -14-. El conjunto láser -14- está enfocado a una zona de enfoque en el interior del conducto -10-, adyacente a uno de los sensores -12a- a -12d- en una segunda posición en la serie. La zona de enfoque está situada alejada de la pared del conducto -10-, es decir, parte del espacio en el interior de la pared rodea la zona de enfoque y no forma parte de la misma.

En funcionamiento, el fluido fluye por el conducto -10- en una dirección indicada mediante una flecha -16-, por delante de los sensores sucesivos -12a- a -12d- y a través de la zona de enfoque donde está enfocado el conjunto láser -14-. En una realización, el diámetro del conducto está escogido de modo que dentro de una gama de posibles velocidades del flujo se produce un flujo de perfil laminar. En esta realización, el conjunto láser -14- está enfocado preferentemente en un punto en el que se produce el flujo máximo en el perfil o, al menos, en un punto en que la velocidad del flujo no se desvía del máximo del perfil en más de una fracción predeterminada, por ejemplo, del diez por ciento.

El conjunto láser -14- se activa para generar una radiación láser con una intensidad que depende del tiempo, tal como un impulso de intensidad o una intensidad variable de forma sinusoidal. La longitud de onda de la radiación se escoge de tal manera que, al menos, parte de la radiación del impulso láser sea absorbida por el fluido, con el resultado de que el fluido se calienta localmente. A medida que el fluido se desplaza a lo largo del conducto -10-, diferentes partes del fluido que pasan por la zona enfocada son calentadas en un grado variable. Las partes calientes de fluido se desplazan por el conducto -10- pasando frente a los sensores -12c- a -12d- como resultado del flujo.

La figura 2 muestra la temperatura teórica del fluido en función de la posición, a lo largo de una línea virtual por el conducto -10- siguiendo la dirección del flujo cuando el fluido se calienta utilizando una intensidad de radiación láser con una dependencia sinusoidal del tiempo. Se produce una configuración de forma sinusoidal debido a que las diferentes partes del fluido en movimiento son calentadas sucesivamente en un grado variable debido a la dependencia sinusoidal del tiempo. La amplitud de la configuración sinusoidal disminuye con la distancia desde la zona de enfoque, debido a los efectos de la difusión del calor.

Los sensores -12a- a -12d- son sensores de la velocidad del sonido y preferentemente sensores de ultrasonidos, los cuales son conocidos por sí mismos, y están dispuestos para generar sonido y recibir el sonido reflejado de retorno. Aunque se describirá un **ejemplo** de una configuración de reflexión en la que el sonido es aplicado al fluido y es recibido de retorno desde el fluido, substancialmente en el mismo punto, se debe tener en cuenta que, de manera alternativa, se puede utilizar una configuración de transmisión o una configuración de reflexión con el transmisor y el receptor situados en un punto diferente.

El sonido generado mediante los sensores -12a-, -12d- circula a través del fluido del conducto -10- y es reflejado de retorno, por ejemplo, mediante la pared del conducto y es recibido por los sensores -12a-, -12d-. Los sensores -12a-, -12d- detectan la reflexión. A partir de la reflexión se establece una indicación de la velocidad del sonido en el interior del fluido, por ejemplo, a partir de un retraso entre la transmisión y la recepción de los impulsos de sonido. La velocidad del sonido en el interior de los fluidos depende de la temperatura. Los cambios en la velocidad del sonido detectados por cada sensor -12a- a -12d- son indicativos del paso de las partes calientes junto al sensor -12a- a -12d-.

En una realización, el retraso entre la transmisión y la recepción se mide mediante los impulsos producidos después de una serie de N reflexiones de estos impulsos desde las paredes (en que $N = 3$, por ejemplo), es decir, los impulsos que han circulado una serie de veces de un lado al otro en el interior del conducto -10-. Esto aumenta la sensibilidad. Los sensores -12a- a -12d- pueden estar integrados en las paredes del conducto -10- pero, como alternativa, pueden utilizarse sensores -12a- a -12d- acoplados en el exterior de las paredes. En una realización adicional, el grosor de las paredes se escoge de tal modo que el tiempo de circulación de los impulsos a través del grosor de la pared es mayor que el tiempo de circulación a través del fluido en el interior del conducto -10-. Esto hace que sea fácil distinguir los impulsos que han circulado a través del fluido. Preferentemente, el grosor de la pared es tan grande que el tiempo de circulación a través de la pared es mayor que el tiempo de circulación -N- de

un lado al otro a través del fluido en el interior del conducto -10-, siendo -N- 3 ó 4, por ejemplo. Esto simplifica la detección de los impulsos que han circulado de este modo.

Las figuras 3 y 4, muestran la velocidad del sonido medida teóricamente en función del tiempo en dos de los sensores -12c-, -12d- situados más abajo de la zona de enfoque en el caso de una dependencia sinusoidal en el tiempo de la intensidad de la irradiación láser. La fase de los cambios en la velocidad del sonido en los dos sensores -12c- y -12d-, es diferente. Esto se debe al tiempo que necesita una parte de fluido para fluir desde un punto adyacente al primer sensor -12c- hasta un punto adyacente al segundo sensor -12d-. La amplitud de los cambios en la velocidad del sonido, cambia asimismo debido a los efectos de la difusión del calor.

En el caso de una dependencia sinusoidal en el tiempo de la intensidad de la irradiación láser que tiene una frecuencia temporal más elevada, la frecuencia de los cambios en la velocidad del sonido es mayor, como consecuencia. La amplitud de los cambios en la velocidad del sonido es menor debido a un efecto relativamente incrementado de la difusión del calor.

La figura 5 muestra un circuito de medición. El circuito contiene sensores -12a- a -12d-, un circuito -22- de control del láser y un circuito -20- de proceso de datos acoplado a los sensores -12a- a -12d- y al circuito -20- de control del láser. El circuito -20- de proceso de datos puede ser un circuito programado de forma adecuada con conexiones a un interfaz de entrada/salida acoplado a los sensores -12a- a -12d- y al circuito -22- de control del láser. Tal como se utiliza en esta memoria, "circuito" incluye tanto la propia estructura del circuito como la estructura del circuito combinada con un programa que realiza la programación de la estructura del circuito para realizar la función requerida. El circuito -20- de proceso de datos está configurado para hacer que el circuito -22- de control del láser haga que el conjunto -14- del láser genere radiación láser con una intensidad dependiente del tiempo, por ejemplo, con una intensidad dependiente sinusoidalmente del tiempo.

Además, el circuito -20- de proceso de datos está configurado para leer los resultados de las mediciones de la velocidad del sonido de los sensores -12a- a -12d- y tratar estos resultados. En una realización, el tratamiento de los resultados comprende el establecimiento de una diferencia de fase entre la variación en el tiempo de los cambios en la velocidad del sonido indicados por el resultado, en el caso de los dos sensores -12c-, -12d- situados más abajo de la zona de enfoque. A partir de los datos de diferencia de fase, el circuito -20- de proceso de datos calcula la velocidad del flujo dividiendo la distancia (predeterminada) entre los dos sensores -12c-, -12d- por la diferencia de fase (esto supone que la diferencia de fase está expresada como la diferencia de tiempos entre el punto de igual fase, resultante de la velocidad del sonido de los sensores -12c-, -12d-; alternatively, cuando se utiliza una fracción del periodo de la variación sinusoidal para expresar la fase, el circuito de proceso de datos divide el producto de la distancia y la frecuencia de la variación sinusoidal por la diferencia de fase).

En una primera realización, se utiliza una radiación láser con dependencia sinusoidal del tiempo de una frecuencia fija predeterminada. La frecuencia fija define una gama de velocidades del flujo que puede ser medida con precisión. Esta gama es limitada debido, por ejemplo, a los efectos de la difusión del calor. Cuando el transporte de calor debido a la difusión del calor resulta significativo comparado con el transporte de calor debido al caudal de fluido, queda afectada la precisión de la relación simple entre diferencia de fase y velocidad de flujo. La gama puede ser cambiada a velocidades menores de flujo mediante la selección de una frecuencia menor de la variación sinusoidal de la intensidad de irradiación láser. La frecuencia máxima utilizable es proporcional al cuadrado del volumen del flujo del fluido (y asimismo es proporcional a la densidad del fluido y a la capacidad calorífica, e inversamente proporcional a la conductividad térmica y a la cuarta potencia del diámetro del conducto). La definición de la gama para una cierta frecuencia puede realizarse, por ejemplo, especificando una precisión mínima deseada y simulando el funcionamiento para determinar una gama de velocidades del flujo que pueda ser medida, al menos, con dicha precisión de la frecuencia.

El circuito -20- de proceso de datos está configurado para adaptarse a esta frecuencia como respuesta a las mediciones. Esto es ventajoso cuando la gama real de posibles velocidades del flujo es tan grande que se extiende más allá de cualquier gama de velocidades de flujo que puedan ser medidas con precisión definidas mediante una frecuencia única.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de las operaciones realizadas mediante el circuito -20- de proceso de datos. En una primera etapa -51-, el circuito -20- de proceso de datos escoge una frecuencia inicial. En una segunda etapa -52-, el circuito -20- de proceso de datos hace que el conjunto láser genere radiación con una intensidad que depende sinusoidalmente del tiempo. En una tercera etapa -53-, el circuito -20- de proceso de datos lee los resultados de los sensores -12c-, -12d- y, a partir de los resultados, calcula una velocidad del flujo, si es posible. En una cuarta etapa -54- el circuito -20- de proceso de datos comprueba si la velocidad del flujo, en caso de existir, está comprendida dentro de una gama definida mediante la frecuencia seleccionada (habitualmente una gama en la que la frecuencia seleccionada permite mediciones, al menos, de una precisión predeterminada). Si la velocidad del flujo está comprendida dentro de esta gama, el circuito -20- de proceso de datos ejecuta una quinta etapa -55-, comunicando la velocidad del caudal calculada. Si no es así, el circuito -20- de proceso de datos ejecuta una sexta etapa -56-, escogiendo una nueva frecuencia, de tal modo que se espera que la gama asociada comprenda la velocidad del flujo (por ejemplo, en base a una estimación provisional a partir de la tercera etapa -53-, utilizando una

dependencia cuadrática preprogramada de una frecuencia aceptable de la velocidad del flujo, o disminuyendo la frecuencia hasta hallar una frecuencia aceptable) y volviendo a la segunda etapa -52-.

En una realización, el circuito -20- de proceso de datos está configurado para ejecutar intentos de mediciones de la velocidad del flujo para una serie de frecuencias diferentes y comparar los resultados del intento de medición de la velocidad del flujo para frecuencias diferentes (mediante "intento" se quiere significar que, al menos, se realiza una parte de la medición, pero que es posible que no sea una medición fiable de la velocidad del sonido debido a haber utilizado una frecuencia de calentamiento errónea). En esta realización, el circuito -20- de proceso de datos escoge una frecuencia para la cual el resultado del intento de medición no difiere del resultado del intento de medición para otra frecuencia próxima, o no difiere en más de un margen de error predeterminado (por ejemplo, 1%, 5% ó 10%) de este resultado del intento de medición. Como alternativa, puede calcularse una media de resultados para una serie de frecuencias para las cuales los intentos de medición no difieren en más del margen de error predeterminado.

En una realización, el circuito -20- de proceso de datos puede estar configurado para ejecutar intentos de mediciones de la velocidad del flujo para una serie de frecuencias diferentes de forma sucesiva, o produciendo el calentamiento con una intensidad de calor en función del tiempo, esto es, una combinación de configuraciones de calentamiento de frecuencias diferentes. En el último caso, el circuito -20- de proceso de datos puede extraer las respuestas a diferentes frecuencias a partir de la respuesta a la combinación de configuraciones de calentamiento, por ejemplo, mediante un análisis de Fourier.

La velocidad medida del flujo puede ser utilizada para controlar la selección de la frecuencia inicial para mensajes posteriores. En una realización, el circuito -20- de proceso de datos incrementa la frecuencia escogida si la velocidad medida del flujo tiene un valor comprendido dentro de una gama asociada con la frecuencia incrementada (por ejemplo, cuando la frecuencia incrementada proporciona una medición de la velocidad del flujo suficientemente precisa). La determinación de una frecuencia más elevada tiene la ventaja de reducir el tiempo necesario para las mediciones.

Aunque se han descrito realizaciones en las que se utiliza una dependencia sinusoidal del tiempo de la intensidad de la irradiación láser, se debe tener en cuenta que se pueden utilizar otras formas de dependencia del tiempo. En un **ejemplo** se aplica una frecuencia con la dependencia del tiempo limitada a una banda, y la velocidad del flujo se establece a partir de los retrasos con los que se observa esta dependencia del tiempo en los sensores -12c-, -12d-. En una realización adicional puede modificarse la dependencia del tiempo para cambiar la banda según la velocidad del flujo. En otra realización se aplica una limitación de banda a las señales procedentes de los sensores -12c-, -12d- después de la medición, dependiendo de la velocidad de flujo esperada (por ejemplo, mediante filtrado, utilizando un filtro de paso bajo). En estas realizaciones, puede utilizarse la frecuencia del diagrama de flujo para determinar el ancho de banda.

Uno de los sensores -12b- puede ser utilizado para controlar el calentamiento. En una realización, el circuito -20- de proceso de datos controla la intensidad de irradiación con un bucle de retroalimentación, utilizando mediciones obtenidas de este sensor -12b-. La amplitud de la variación de la intensidad o la propia intensidad puede ser controlada, por ejemplo, con retroalimentación, de modo que, por lo menos, se consigue una variación predeterminada de la velocidad del sonido. Otro de los sensores -12a- se utiliza para detectar el flujo de retroceso a partir de los cambios en la velocidad del sonido. Cuando se detecta un flujo de retroceso, el circuito -20- de proceso de datos puede controlar una válvula, por ejemplo, para ajustar o interrumpir el flujo de retroceso.

En una realización, se acopla una fuente de material absorbente al conducto -10-, configurada para liberar material que absorbe radiación del conjunto láser -14-. De este modo, es posible medir asimismo la velocidad del flujo en fluidos que no absorben radiación por sí mismos.

En otra realización, se suprime el conjunto láser -14- y en cambio se añade una fuente de material que afecta a la velocidad del sonido. En funcionamiento, la fuente añade material al fluido que fluye en una proporción que depende del tiempo para proporcionar una indicación en vez de calentamiento. De este modo, puede medirse la velocidad del flujo. Sin embargo, comparada con esta utilización, la irradiación con láser tiene la ventaja de que no se necesita contacto entre la zona de enfoque y la pared del conducto. De este modo se eliminan los efectos del conducto.

Como alternativa a un conjunto láser, pueden utilizarse otras técnicas de calentamiento sin contacto, tales como la irradiación con una fuente de ondas sonoras, una fuente de irradiación electromagnética mediante RF (radiofrecuencia), una fuente de microondas, una fuente radioactiva, etc. Asimismo, puede utilizarse un cable de calentamiento por resistencia o, si el fluido es conductor de la electricidad, puede utilizarse el calentamiento inductivo. En cualquier caso, el calor se aplica preferentemente concentrado en una zona alejada de las paredes del conducto -10-. Aunque es preferente una fuente enfocada, se debe tener en cuenta que se pueden utilizar otras fuentes, por ejemplo, una fuente que proporcione una intensidad de irradiación máxima en una zona, con un tamaño y una forma predeterminados, alejada de las paredes.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, que comprende

- 5 - un conducto (10);
 - un dispositivo de calentamiento (14) configurado para calentar fluido en un punto de calentamiento en el conducto (10);
 - sensores (12c, d) configurados para establecer una velocidad de propagación en un fluido que fluye en el interior del conducto (10) en una serie de puntos de detección situados más abajo de dicho punto de calentamiento;
 10 - un circuito (20) de proceso de datos, configurado para determinar la velocidad de caudal del fluido a partir de un retraso con el que se detecta una potencia de calentamiento dependiente del tiempo mediante el dispositivo de calentamiento, en las velocidades de propagación establecidas mediante los sensores, **caracterizado porque** los sensores (12c, d) son sensores de la velocidad del sonido, configurados para establecer la velocidad del sonido en el fluido que fluye en el conducto (10), en dicha serie de puntos de detección;

estando configurado el circuito (20) de proceso de datos para seleccionar dinámicamente una frecuencia o una gama de frecuencias de la dependencia del tiempo detectada del calentamiento, que se utiliza para establecer la velocidad del flujo, siendo la selección dependiente de la velocidad medida del flujo y/o de las características del fluido medidas en el momento de realizar las mediciones de la velocidad del sonido.

2. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 1, en el que el circuito (20) de proceso de datos está configurado para obtener una serie de intentos de mediciones de la velocidad del flujo utilizando una serie de frecuencias o gamas de frecuencia, de variación de la potencia de calentamiento, y para seleccionar la frecuencia o la gama de frecuencias para ser utilizada en la determinación de la velocidad del flujo dependiente de si el intento de medición para la frecuencia o gama de frecuencias escogida no difiere del intento de medición en más de una diferencia predeterminada del intento de medición para una de las más próximas de la frecuencia o de la gama de frecuencias de calentamiento.

3. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 1, en el que el circuito (20) de proceso de datos está configurado para adaptar la frecuencia o la gama de frecuencias del calentamiento medido dependiente del tiempo, utilizado para determinar la velocidad del flujo mediante la adaptación de una frecuencia o de una gama de frecuencias de la potencia de calentamiento dependiente del tiempo, con la que se calienta el fluido dependiendo de la velocidad del flujo medida y/o de las características del fluido medidas en el momento de realizar las mediciones de la velocidad del sonido.

4. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 3, en el que el circuito (20) de proceso de datos está configurado para repetir el establecimiento de la velocidad del flujo utilizando sucesivamente frecuencias adaptadas o una gama de frecuencias de la potencia de calentamiento dependiente del tiempo, mediante la adaptación de la frecuencia o de la gama de frecuencias del calentamiento medido dependiente del tiempo, utilizado para determinar la velocidad del flujo mediante la adaptación de una frecuencia o de una gama de frecuencias de la potencia de calentamiento dependiente del tiempo, con la que el fluido es calentado, dependiente de la velocidad del flujo medida y/o de las características del fluido medidas en el momento de realizar las mediciones de la velocidad del sonido.

5. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 4, en el que el circuito (20) de proceso de datos está configurado para:

- 50 - repetir la determinación de la velocidad del flujo utilizando de forma frecuencias sucesivamente adaptadas o gamas de frecuencias de la potencia de calentamiento dependiente del tiempo,
 - determinar si la frecuencia o la gama de frecuencias adaptada cumple una condición predeterminada dependiente de la velocidad del flujo determinada a partir de las mediciones de la velocidad del sonido obtenidas con la frecuencia o con la gama de frecuencias adaptada;
 55 - continuar dicha repetición hasta que se cumpla dicha condición predeterminada.

6. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 4, en el que el circuito (20) de proceso de datos está configurado para:

- 60 - calcular una frecuencia o una gama de frecuencias adicional, utilizando una relación predeterminada entre la velocidad del flujo y la frecuencia aplicada a la velocidad del caudal establecida utilizando una frecuencia o una gama de frecuencias inicial de la potencia de calentamiento dependiente del tiempo, y para
 - repetir el establecimiento de la velocidad del flujo, utilizando la frecuencia o gama de frecuencias adicional.

7. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de calentamiento (14) comprende una fuente de radiación configurada para calentar el fluido en el interior del conducto (10) mediante la absorción de radiación.

8. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de calentamiento (14) está configurado para generar una intensidad máxima de irradiación en una zona del conducto (10) que está separada de una pared del conducto (10).

9. Dispositivo de medición del caudal de un fluido, según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de calentamiento (14) comprende un láser.

10. Método para realizar una medición del caudal del fluido, comprendiendo el método

- aplicar un caudal de fluido a un conducto (10);
- calentar el fluido en un punto de calentamiento en el conducto (10) con una potencia de calentamiento dependiente del tiempo;
- establecer una velocidad de propagación en el caudal de fluido en el interior del conducto (10), en una serie de puntos de detección situados más abajo de dicho punto de calentamiento;
- establecer la velocidad del caudal del fluido a partir de un retraso con el que se detecta la dependencia del tiempo de la potencia de calentamiento del dispositivo de calentamiento en las velocidades de propagación establecidas en dichos puntos de detección,

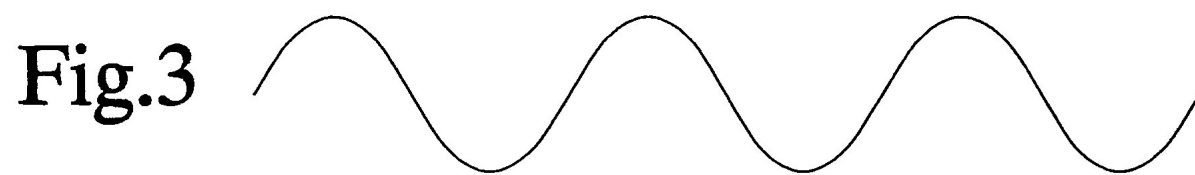
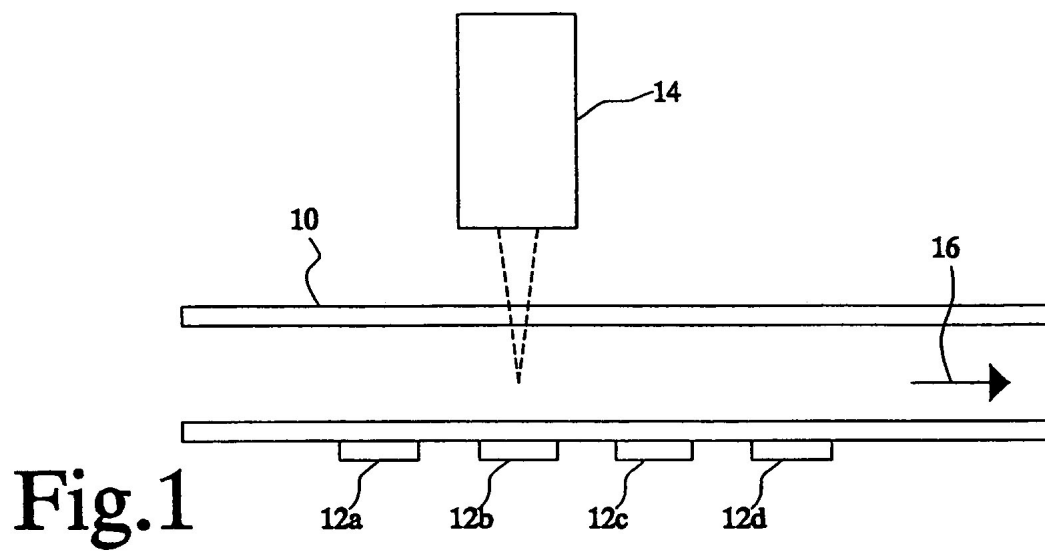
caracterizado porque la velocidad de propagación es la velocidad del sonido y mediante una etapa de

- seleccionar una frecuencia o una gama de frecuencias de la dependencia medida en el tiempo de la potencia de calentamiento que depende dinámicamente de la velocidad del flujo y/o de las características del fluido en el momento de realizar las mediciones de la velocidad del sonido.

11. Programa informático elaborado para realizar una medición del caudal de un fluido, comprendiendo el programa informático instrucciones que, cuando son ejecutadas mediante un ordenador programable (20), hacen que el ordenador

- caliente el fluido en un punto de calentamiento en el interior del conducto (10) con una potencia de calentamiento dependiente del tiempo;
- obtenga datos de medición indicativos de una velocidad de propagación en el fluido que fluye en el interior del conducto (10) en una serie de puntos de detección situados más abajo de dicho punto de calentamiento;
- calcule la velocidad del caudal de fluido a partir del retraso con el que se detecta una potencia de calentamiento dependiente del tiempo mediante el dispositivo de calentamiento, a partir de las indicaciones de la velocidad de propagación en los puntos de detección,

caracterizado porque la velocidad de propagación es la velocidad del sonido, y **porque** el programa informático elaborado, está configurado para hacer que el ordenador (20) adapte una frecuencia o una gama de frecuencias dependientes del tiempo medido de la potencia de calentamiento, que depende de forma dinámica de la velocidad del flujo y/o de las características del fluido en el momento de realizar las mediciones de la velocidad del sonido.



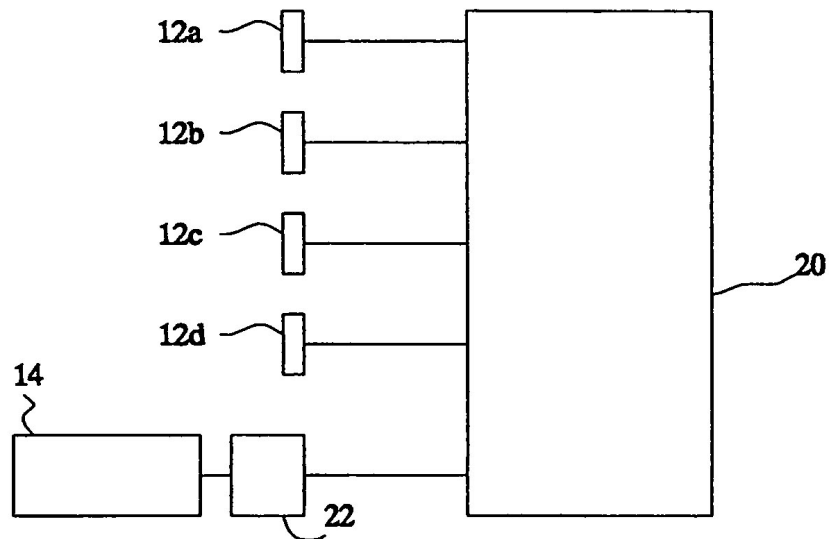


Fig.5

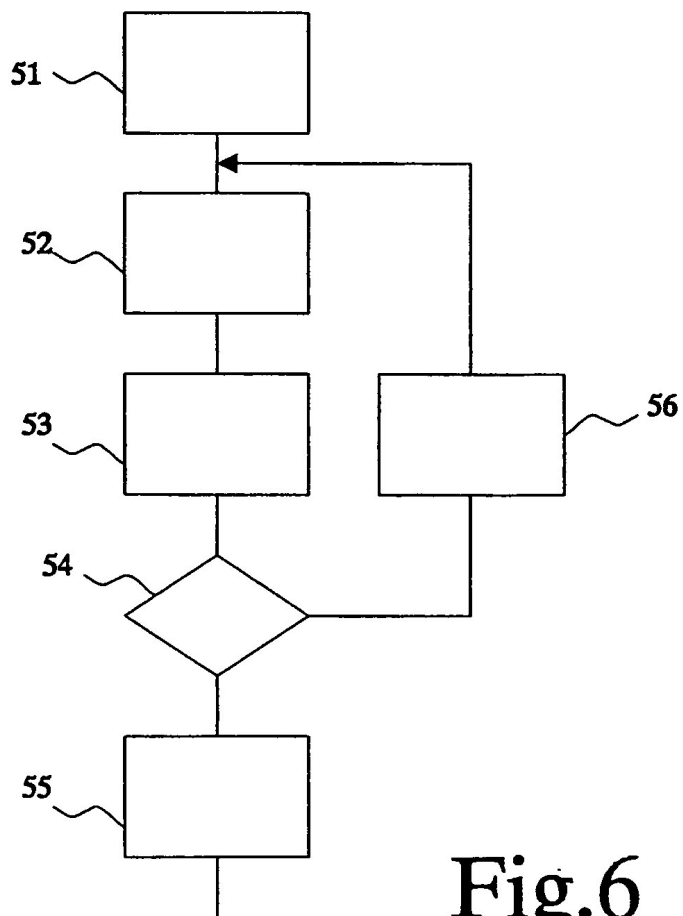


Fig.6