

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 248**

51 Int. Cl.:
F16K 37/00 (2006.01)
F16K 17/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06700881 .3**
96 Fecha de presentación: **20.01.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1859184**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.11.2007**

54 Título: **Prueba de una válvula de seguridad**

30 Prioridad:
04.03.2005 GB 0504491 27.05.2005 GB 0510860
30.06.2005 GB 0513374 05.08.2005 GB 0516076
01.11.2005 GB 0522291 04.11.2005 GB 0522508
08.11.2005 GB 0522790 18.11.2005 GB 0523480

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.10.2012

73 Titular/es:
SEETRU LIMITED (100.0%)
ALBION DOCKSIDE WORKS HANOVER PLACE
BRISTOL BS1 6UT, GB

72 Inventor/es:
VARGA, OTTO HERMAN

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 389 248 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

Prueba de una válvula de seguridad

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a válvulas de seguridad, y concretamente a la determinación del estado de una válvula de seguridad.

10 Las mediciones de fuerza llevadas a cabo en válvulas de seguridad activadas por muelle puede ser utilizadas para determinar las presiones de ajuste a las cuales han sido ajustadas las válvulas de seguridad. Las pruebas consisten típicamente en mediciones de fuerzas de elevación del vástago sobre los vástagos de válvula con la observación simultánea del desplazamiento del vástago y el disco y la presión de línea, y dan como resultado lecturas de la presión a la cual se abre una válvula si está disponible un valor del área de sellado efectiva. Para válvulas de seguridad en condiciones ideales, esta presión de ajuste será asimismo la presión a la cual la válvula comienza a fugar. Sin embargo, en la práctica, especialmente en válvulas de seguridad de sellado metal con metal, la presión psl a la cual la válvula comienza a fugar es siempre inferior a la presión pso a la cual se abre la válvula. En buenas condiciones, la diferencia es pequeña, pero en general la diferencia es más significativa. Es importante medir esta diferencia del modo más fiable posible ya que una diferencia excesiva puede afectar al funcionamiento de la válvula de seguridad. En concreto, si la diferencia es grande, la considerable fuerza elástico-mecánica adicional necesaria para producir una fuerza de sellado adecuada sobre un disco ya dispuesto en contacto fuerte con el asiento de la válvula puede limitar la carrera de válvula cuando la válvula está en funcionamiento, de modo que la abertura de descarga se vuelve inadecuada para proporcionar un descarga suficiente. La apertura real de la válvula (en ausencia de cualquier impedimento mecánico) se alcanzara por lo tanto a una presión definitivamente superior a la pretendida. Cuando la válvula se cierra de nuevo, cuanto más grande sea la fuerza de sellado más tiene que caer la presión del sistema para conseguir un sellado, de modo que la válvula tendrá que ser apretada durante más tiempo. Esto provoca más desgaste y daños a la válvula.

25 Es bien conocido usar mediciones de fuerza de elevación en una prueba en línea de una válvula de seguridad para determinar una presión de ajuste. Es conocido asimismo calcular el área de sellado efectiva de la válvula a partir de las mediciones de fuerzas de elevación a dos presiones de funcionamiento o de línea diferentes. Sin embargo, la presente invención hace uso de la relación entre la presión de apertura pso y la presión de fuga psl para medir el estado de la válvula.

30 El documento de Stolte, J: "Einbau und Prüfung von federbelasteten Sicherheitsventilen", VGB Kraftwerkstechnik, VGB Kraftwerkstechnik GMBH, Essen, DE, vol. 73, nº 1, enero 1993 (1993-01), páginas 45-59, XP000332406 ISSN: 0372-5715, divulga un aparato para su uso en la comprobación de válvulas de seguridad.

35 El documento US2002/0029808 es considerado como el documento del estado de la técnica más próximo y divulga un dispositivo de monitorización de una válvula de descarga, que incluye un sensor de posición montado en una válvula de descarga, un sensor de presión montado en la válvula de descarga y un sensor de fugas montado en la válvula de descarga.

Por consiguiente, la presente invención proporciona un procedimiento de medida del estado de una válvula de seguridad de acuerdo con la reivindicación 1.

40 El parámetro de estado está relacionado con la diferencia entre psl y pso, siendo psl la presión que provocará que la válvula fugue, y siendo pso la presión que provocará que la válvula se abra. El procedimiento puede incluir determinar un parámetro de fuga que varía con la presión psl que provocará que la válvula fugue. El parámetro de fuga puede ser una fuerza de elevación que provocará que la válvula fugue, o puede ser la propia psl. El parámetro de apertura de la válvula o parámetro de fuga puede ser determinado por medición, o siendo ajustado a un valor predeterminado. No es importante si el parámetro de estado aumenta o disminuye con un aumento en la fuerza de sellado, e igualmente no es importante si la relación en entre ellos es o no lineal.

45 De acuerdo con un aspecto adicional que no es parte de la invención, se proporciona un procedimiento para determinar la fuerza de sellado f de una válvula de seguridad, comprendiendo la válvula de seguridad un miembro de cierre de la válvula empujado hasta contactar con un asiento de la válvula, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

50 medir una primera fuerza de elevación de la válvula F1 con una primera presión del fluido pr1 que actúa sobre un lado de entrada del miembro de cierre de la válvula;

medir una segunda fuerza de elevación de la válvula F2 con una segunda presión del fluido pr2 que actúa sobre el lado de entrada del miembro de cierre de la válvula; y

calcular la fuerza de sellado f de las dos mediciones de la fuerza de elevación de la válvula.

Por lo tanto, se pueden llevar mediciones de fuerzas a bancos o estructuras de pruebas fuera de línea en secuencias de pruebas para medir las fuerzas de sellado ocultas hasta el momento en válvula de seguridad, lo que determina su efectividad en funcionamiento.

- 5 El miembro de cierre de la válvula puede comprender un disco de válvula unido a un vástago de válvula y la fuerza de elevación de la válvula puede ser una fuerza de elevación del vástago de la válvula.

Estas mediciones pueden ser utilizadas para determinar un área de sellado efectiva A de la válvula utilizando la fórmula conocida:

$$A = \frac{F1 - F2}{pr2 - pr1}$$

- 10 Antes de llevar a cabo las mediciones de la fuerza de elevación de la válvula, la válvula puede ser ajustada a un valor de presión de fuga psl . Este es el valor de presión al cual la válvula comienza a fugar y puede ser superior a cualquiera de una primera o segunda presión del fluido aplicada al disco de la válvula.

- 15 Este área de sellado efectiva puede ser utilizada a continuación para calcular la fuerza de sellado de la válvula. La fuerza de sellado f es igual a la diferencia entre una fuerza de elevación de la válvula, que puede ser cualquiera de $F1$ o $F2$, y la fuerza requerida para contrarrestar la fuerza del fluido de entrada correspondiente, que podría ser $A.(psl-pr1)$ o $A.(psl-pr2)$, respectivamente. Esto se puede expresar como:

$$f = F1 - A.(psl - pr1)$$

o

$$f = F2 - A.(psl - pr2)$$

- 20 Sustituyendo el área de sellado efectiva A con la fórmula ofrecida anteriormente, esto puede ser expresado asimismo como:

$$f = F1 - \left(\frac{psl - pr1}{pr2 - pr1}\right)(F1 - F2)$$

$$f = F2 - \left(\frac{psl - pr2}{pr2 - pr1}\right)(F1 - F2)$$

donde $pr1 \leq pr2 \leq psl$.

- 25 Si el valor de la presión de fuga psl ya ha sido determinado, estas ecuaciones pueden ser utilizadas para calcular la fuerza de sellado f a partir de mediciones de la fuerza de elevación $F1$ y $F2$ a dos presiones de trabajo diferentes $pr1$ y $pr2$.

- 30 Preferiblemente, una de las presiones del fluido $pr2$ puede ser la presión de funcionamiento esperada de la válvula de seguridad. En este caso, la fuerza correspondiente es denominada como fuerza de elevación en caliente Fh . La primera presión del fluido $pr1$ puede ser igual a la presión en un lado de salida del miembro de cierre de la válvula, que puede ser la presión atmosférica. Lecturas de presión se toman como presiones manométricas y así en este caso $pr1=0$ y la fuerza se denomina fuerza de elevación en frío Fc . La expresión para el área de sellado efectiva de la válvula es:

$$A = \frac{Fc - Fh}{pr2}$$

- 35 y la fuerza de sellado puede ser calculada utilizando la fórmula:

$$f = Fc - \frac{psl}{pr2}(Fc - Fh)$$

en donde $p_{r2} \leq p_{sl}$

La presión a la que se abre la válvula, el valor de presión de apertura p_{so} , puede ser calculado igualmente. Este es la suma de la presión a la cual la válvula comienza a fugar p_{sl} y la presión debida a la fuerza de sellado f que actúa sobre un área de sellado efectiva A . Esto puede ser expresado como:

$$5 \quad p_{so} = p_{sl} + \frac{f}{A}$$

El cociente f/F_c , en donde F_c es medido con una diferencia de presión de fluido a lo largo del miembro de cierre de cero, puede ser calculado a continuación para ofrecer una indicación del indicador de estado de la válvula de seguridad. Cuanto más bajo el cociente mejor es la calidad de la válvula.

10 Si la fuerza de elevación "en frío" F_c no es conocida y se toman mediciones de la fuerza de elevación a dos presiones diferentes p_{r1} y p_{r2} , entonces el indicador de estado puede ser calculado utilizando el cociente:

$$\frac{f}{(f + p_{sl} \cdot A)}$$

Alternativamente, el indicador de estado puede ser calculado como un porcentaje, utilizando la fórmula:

$$\text{Indicador de estado} = \frac{100f}{(f - p_{sl} \cdot A)} = \frac{100}{1 + \frac{p_{sl}}{f} \left(\frac{F_{h1} - F_{h2}}{p_{r2} - p_{r1}} \right)}$$

15 Un indicador de estado actual de la válvula puede ser calculado asimismo cuando se instala la válvula. El indicador de estado actual Q_g puede ser determinado utilizando la fórmula:

$$Q_g = \frac{f_g}{f_g + p_{sl} \cdot A}$$

En donde f_g es una fuerza de sellado actual.

Esto puede ser expresado asimismo como:

$$Q_g = 1 - \frac{p_{sl}}{p_{so}}$$

20 en donde p_{sl} es la presión de fuga y p_{so} es la presión de apertura.

Esto permite monitorizar el estado de la válvula mientras está instalada.

25 De acuerdo con un aspecto adicional que no es parte de la invención, se proporciona un aparato para determinar la fuerza de sellado de una válvula de seguridad que comprende una válvula de seguridad, un sensor de fuerza, un sensor de desplazamiento, un sensor de presión y medios para aplicar una presión de fluido a una entrada de la válvula.

Preferiblemente, el sensor de fuerza está dispuesto para medir una fuerza de elevación de la válvula. El sensor de desplazamiento puede medir con una precisión de $10 \mu\text{m}$.

30 El aparato puede comprender además un ajustador, que en uso comprime un muelle en la válvula. Esto permite que una presión de aire en la entrada de la válvula alcance una presión predeterminada a la cual la válvula comienza a fugar, conocida como presión de fuga.

Preferiblemente, el aparato comprende asimismo una válvula de control dispuesta para ventear la entrada de la válvula. Esto permite medir una fuerza de elevación del vástago de la válvula con un diferencial de presión de fluido igual a cero a lo largo del miembro de cierre de la válvula.

35 El aparato puede comprender además un procesador dispuesto para controlar la presión en la entrada de la válvula, grabar lecturas del sensor y calcular una fuerza de sellado f . El procesador puede estar dispuesto para grabar una lectura del sensor de fuerza cuando el sensor de desplazamiento detecta por primera vez un desplazamiento de un

miembro de cierre de la válvula. Esto proporciona un sistema de comprobación automatizado.

El aparato puede estar dispuesto para calcular un indicador de estado de la válvula, f/Fc , y para generar una salida indicativa del indicador de estado. Se puede proporcionar asimismo un dispositivo de visualización, dispuesto para generar una presentación indicativa del indicador de estado.

- 5 La presente mención proporciona además el uso de la relación entre psl y pso como una medida del estado de calidad de una válvula de seguridad.

Pso puede ser medida a partir de una prueba en línea, tal como una prueba de fuerza de elevación, o puede ser medida en una prueba fuera de línea.

- 10 La presente mención proporciona aun más el uso de una relación entre psl y pso, estando definida esta última como la suma de una presión psl a la cual la válvula comienza a fugar y la presión debida a la fuerza de sellado f que actúa sobre un área de sellado efectiva A , o a partir de una determinación en línea de presión de ajuste, para la medición o caracterización del estado de calidad de una válvula de seguridad.

La presión de fuga puede ser determinada a partir de una fuerza de elevación de la válvula, o por cualquier otro procedimiento adecuado.

- 15 La presente invención proporciona además un procedimiento para medir el estado de una válvula de seguridad, incluyendo el procedimiento la etapa de medir la presión pso a la cual se abre la válvula.

El procedimiento puede comprender además proporcionar un valor de psl o cualquier otro parámetro que varíe con psl y utilizar tal parámetro o valor con la pso medida para definir una medición de estado de la válvula. El parámetro que varía con psl puede ser medido cuando la válvula está en línea o cuando la válvula está fuera de línea.

- 20 La pso puede ser medida a partir de una prueba de fuerza de elevación de la válvula, tal como una prueba de elevación del vástago, esto es, midiendo una fuerza requerida para abrir la válvula, o mediante otro procedimiento, tal como midiendo la presión de fluido que abre la válvula.

- 25 La presente invención proporciona además un aparato para medir la calidad de una válvula de seguridad que comprende un sensor de fuerza, un sensor de desplazamiento, un sensor de presión y medios para aplicar una presión de fluido a una entrada de la válvula.

El aparato está dispuesto para llevar a cabo el procedimiento de la invención.

Modos de realización preferidos de la presente invención se describirán a continuación tan sólo a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una sección a través de una válvula de seguridad a la cual se puede aplicar la presente invención,

- 30 la figura 2 muestra una vista frontal de la válvula de seguridad de la figura 1 montada en un banco de pruebas de acuerdo con un modo de realización de la invención;

la figura 3 muestra una vista lateral de la válvula de seguridad y del banco de pruebas de la figura 2 con la estructura de pruebas en su sitio;

- 35 la figura 4 es un diagrama esquemático de una válvula y de un aparato de pruebas de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención;

la figura 5 muestra una válvula de seguridad y un aparato de pruebas de acuerdo con un modo de realización adicional de la invención.

- 40 En referencia a la figura 1, una válvula de seguridad 1 de una tubería de descarga embridada, mostrada en funcionamiento, comprende una entrada de la válvula 6, una salida de la válvula 16, y un asiento de la válvula 7 que define una abertura de válvula. Un miembro de cierre de la válvula en forma de un disco de válvula 8 está empujado en contacto con el asiento de la válvula 7 mediante un muelle de la válvula 9 y está montado en el extremo inferior de un vástago de la válvula 11. El vástago de la válvula 11 se extiende a lo largo del eje central del alojamiento del muelle 10, que contiene el muelle de la válvula 9. Bajo funcionamiento normal, la válvula permanece cerrada con el disco 8 tapando la abertura en el asiento de la válvula hasta que la presión en la entrada 6 es suficiente para levantar el disco 8 del asiento de la válvula 7. La fuerza de empuje del muelle 9 está ajustada de modo que la válvula se abra a una presión de ajuste requerida.

- 45 La presión pso a la cual se abrirá la válvula 1 es, como se describió anteriormente, superior a la presión psl a la cual comenzará a fugar. La diferencia entre las dos presiones, multiplicada por el área efectiva del disco de la válvula 8

contra el cual actúa la presión, es denominada como fuerza de sellado f de la válvula. Esto da la relación:

$$p_{so} = p_{sl} + \frac{f}{A} \quad (1)$$

que puede ser reescrita como

$$f = A(p_{so} - p_{sl}) \quad (2)$$

- 5 La fuerza de sellado puede ser medida de muchas maneras, utilizando una variedad de parámetros que varían con la fuerza de sellado. La relación entre el parámetro de estado y la fuerza de sellado no es importante, asumiendo que un cambio en la fuerza de sellado dará como resultado un cambio en el parámetro de estado. Por ejemplo, una medida conveniente Q puede ser definida como:

$$Q = 1 - p_{sl} / p_{so} \quad (3)$$

- 10 En referencia a las figuras 2 y 3, con el fin de comprobar la válvula 1 en un banco de pruebas fuera de línea de acuerdo con un primer modo de realización de la invención, la entrada de la válvula 6 es sujeta mediante pinzas 3 a un banco de pruebas 2, realizando una conexión hermética, y una tubería de aire comprimido 4 se conecta a la entrada de la válvula 6 en la cara inferior del banco de pruebas 2. La tubería de aire comprimido 4 está conectada a una fuente de aire comprimido, cuya presión puede ser monitorizada mediante un sensor de presión y controlada consiguientemente. Esto permite que la presión de entrada sea controlada y medida.

Una estructura de pruebas 5 forma parte de un dispositivo de medición de la fuerza de elevación del vástago y sustituye al tapón de la válvula y a la palanca de elevación que están en su sitio cuando la válvula 1 está en uso. El extremo superior del vástago 11 de la válvula de seguridad sobresale del alojamiento del muelle 10 y su pequeño reborde terminal 12 es agarrado por la mordaza 13 del mecanismo de fuerza de prueba. Unas pinzas 14 aseguran la estructura de pruebas 5 por encima del alojamiento del muelle 10 y el extremo superior de una abrazadera 15 atornillada de ajuste del muelle es apenas visible por encima de estas pinzas 14. Sin embargo, se apreciará que pueden ser utilizados muchos tipos de parte superior del vástago y mecanismos de acoplamiento.

El equipo de medida comprende un sensor de desplazamiento 18 dispuesto para medir cualquier movimiento del disco de la válvula y un transductor de fuerza 20 que mide la fuerza de elevación aplicada al disco de la válvula 8. Conjuntamente permiten que el sistema determine la fuerza requerida para elevar el disco de la válvula 8 fuera de contacto con el asiento de la válvula 7. La fuerza de elevación es proporcionada por un actuador hidráulico 22.

La válvula de seguridad 1 está ajustada de modo que la válvula comienza a fugar a una presión seleccionada. Esto significa que una vez que la presión en la entrada de la válvula 6 alcanza el nivel seleccionado, se escapará aire entre el asiento de la válvula 7 y el disco de la válvula 8. El desplazamiento del disco de la válvula de su posición cerrada en esta etapa es todavía sustancialmente cero, ya que es demasiado pequeño para ser medido mediante el sensor de desplazamiento. Cuando la válvula de seguridad 1 está montada en el banco de pruebas 2, para ajustar la presión de fuga, se admite aire comprimido de la tubería 4 en la entrada 6 de la válvula de seguridad 1. Un sensor de presión monitoriza la presión en la entrada 6. El muelle 9 es comprimido a continuación por el ajustador 15 hasta que la válvula fuga a la presión p_{sl} seleccionada. Este punto de fuga puede ser identificado de oído o utilizando sensores neumáticos o electrónicos en el reborde de salida 16.

El suministro de aire 4 en la entrada de la válvula es venteado a continuación por medio de una válvula de control (no mostrada) aguas arriba de la conexión al banco de pruebas. La diferencia de presión a lo largo de la válvula, esto es, la diferencia de presión entre la entrada de la válvula 6 y la salida 16, que está a presión atmosférica, es por lo tanto cero. En este estado, el dispositivo de medida de la fuerza de elevación 5 es activado y la primera fuerza de elevación F_1 , que en este caso es la fuerza de elevación del vástago "en frío" F_c , es medida por el transductor de fuerza. Esta es la fuerza de elevación sin ningún diferencial de presión a lo largo del disco de la válvula 8.

Una segunda presión de entrada p_{r2} se aplica a continuación a la entrada de la válvula 6, normalmente de modo neumático, en donde $p_{r2} \leq p_{sl}$. Esta presión p_{r2} está en general significativamente por debajo de la presión de fuga p_{sl} , por ejemplo, del 15% al 25% por debajo. Esta segunda presión p_{r2} puede corresponder a la presión usual de funcionamiento de la válvula o a una presión de reserva de la válvula de seguridad 1 cuando se instala. Con esta segunda presión todavía aplicada, se lleva a cabo una segunda prueba de fuerza de elevación sobre el vástago 11, que da como resultado un segundo valor de fuerza de elevación "en caliente" F_h .

Las dos mediciones de la fuerza de elevación del vástago de la válvula F_c y F_h se utilizan para calcular el área de sellado de disco efectiva A y, junto con la presión de fuga p_{sl} , la fuerza de sellado f que existe entre el disco de la válvula 8 y el asiento de la válvula 7.

La fuerza de sellado f es la fuerza que existe entre el disco de la válvula 8 y el asiento de la válvula sobre y por encima de la fuerza requerida para contrarrestar la fuerza de fluido en el punto de fuga de la válvula, que viene dada por $A \cdot p_{sl}$. El área de sellado A es el área efectiva del disco de la válvula 8 que está expuesta a la presión de entrada cuando la válvula se cierra. La fuerza total de muelle valdrá por lo tanto $(A \cdot p_{sl} + f)$, que debe ser igual a la primera fuerza de elevación "en frío" F_c medida cuando se aplica una presión adicional cero al disco de la válvula.

Esto se puede expresar como:

$$F_c - f = A \cdot p_{sl} \quad (4)$$

Cuando se aplica una segunda presión p_{r2} al disco de la válvula 8, la fuerza F_h requerida para elevar el vástago de la válvula 11 será inferior a la fuerza F_c requerida para elevar el vástago de la válvula 11 cuando no se aplica ninguna presión adicional. Esta diferencia de fuerzas viene dada por $A \cdot p_{r2}$, y por lo tanto, con esta segunda presión de entrada p_{r2} aplicada al disco de la válvula 8, la segunda fuerza de elevación F_h del vástago de la válvula puede ser expresada como:

$$F_h - f = A \cdot (p_{sl} - p_{r2}) \quad (5)$$

Sustrayendo la ecuación (5) de la ecuación (4) se obtiene una expresión para el área efectiva de sellado del disco A , que es el área de un círculo dentro de la anchura radial de la cara superior del asiento de la válvula 7:

$$A = \frac{F_c - F_h}{p_{r2}} \quad (6)$$

La ecuación (6) puede ser sustituida a continuación en la ecuación (5) para obtener un valor para la fuerza de sellado f :

$$f = F_c - \frac{p_{sl}}{p_{r2}} (F_c - F_h) \quad (7)$$

Esta expresión ofrece un valor para la fuerza de sellado f requerida en la válvula de seguridad a la presión de fuga p_{sl} .

A una presión en la entrada de la válvula 6 por encima de la presión a la cual la válvula 1 comienza a fugar, el disco de la válvula 8 es levantado, rompiendo el contacto entre el disco de la válvula 8 y el asiento de la válvula 7. El movimiento es detectado por el sensor de desplazamiento en la estructura de prueba 5, y en este punto la válvula habrá comenzado a abrirse. Se realizan y analizan gráficas de desplazamiento frente a tiempo y de fuerza frente a tiempo de modo que la fuerza en el punto en el cual la válvula se abre puede ser determinada. El desplazamiento del disco de la válvula 8 se mide con una precisión de $10 \mu\text{m}$.

La presión a la cual la válvula se abre, en lugar de tan sólo comenzar a fugar, viene dada por la suma de la presión p_{sl} a la cual la válvula fuga y la presión correspondiente a la fuerza de sellado f . Esta presión de apertura p_{so} puede ser expresada por lo tanto como:

$$p_{so} = p_{sl} + \frac{f}{A} \quad (8)$$

Esto puede ser calculado sustituyendo el área de sellado A con la expresión ofrecida por la ecuación (6).

La tasa en porcentaje $100 f/F_c \%$, esto es, el cociente entre f y F_c , en donde F_c es la fuerza de elevación requerida para abrir la válvula cuando p_{r1} es cero, puede ser calculada asimismo a partir de los valores obtenidos. Esta tasa ofrece una medida de la calidad de la válvula de seguridad: cuanto más bajo el porcentaje, mejor es la calidad. Por ejemplo, una tasa de válvula de $100 f/F_c < 5$ significa una válvula en buen estado, una tasa de válvula de $100 f/F_c < 9$ indica una válvula en un estado satisfactorio y una tasa de válvula de $100 f/F_c > 25$ indica que la válvula no es adecuada para su uso. Este valor es conocido como el indicador de estado de la válvula y estará afectado por el estado de las superficies de sellado, el grado de libertad y alineamiento de las piezas móviles, la configuración de muelle, la limpieza de los pasajes de válvula y la corrosión, entre otros factores.

De las expresiones (6) y (7) se concluye que:

$$f = F_c - p_{sl} \cdot A \quad (9)$$

Pero el cociente de indicador de estado es f/Fc . De aquí:

$$f/Fc = 1 - \frac{psl \cdot A}{Fc} \quad (10)$$

Aunque además

$$Fc/A = pso \quad (11)$$

- 5 como debe ser, ya que la presión de fluido es tal que equilibra toda la fuerza del muelle en el ajuste particular de la válvula de seguridad 1. De (11) en (10) se concluye que:

$$f/Fc = 1 - psl/pso \quad (12)$$

- 10 Se pueden obtener asimismo valores para el área de sellado efectiva A y la fuerza de sellado f de la válvula de mediciones de la fuerza de elevación del vástago a dos presiones de fluido diferentes, en donde $pr1$ es superior a la presión atmosférica.

Si las fuerzas de elevación de vástago correspondientes son $F1$ (a la presión $pr1$) y $F2$ (a la presión $pr2$, entonces el área de sellado efectiva A vendrá dada por:

$$A = \frac{F1 - F2}{pr2 - pr1} \quad (13)$$

- 15 Esta expresión, por sí misma, es conocida de pruebas en línea de válvulas de seguridad para determinar una presión de ajuste.

Esta expresión para el área de sellado efectiva puede ser sustituida en una forma más general de las ecuaciones (4) y (5) para obtener las expresiones:

$$f = F1 - \left(\frac{psl - pr1}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2) \quad (14)$$

$$f = F2 - \left(\frac{psl - pr2}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2) \quad (15)$$

- 20 en donde $pr1 \leq pr2 \leq psl$.

Estas pueden ser utilizadas para calcular la fuerza de sellado a partir de mediciones de la fuerza de elevación a dos presiones de fluido diferentes.

- 25 Si las mediciones a dos presiones de fluido distintas de cero se utilizan, entonces puede no ser conocido un valor para la fuerza de izado "en frío" Fc . El indicador de estado para la válvula puede ser calculado entonces utilizando la expresión:

$$\text{Indicador de estado} = \frac{100f}{(f - psl \cdot A)} = \frac{100}{1 + \frac{psl}{f} \left(\frac{Fh1 - Fh2}{pr2 - pr1} \right)} \quad (16)$$

Un valor para la fuerza de sellado f puede ser tomado de cualquiera de las ecuaciones (14) y (15) anteriores.

Se apreciará que, en lugar de la fuerza de elevación en frío Fc , se puede utilizar una fuerza relacionada tal como la fuerza de muelle total de la válvula. Bajo ciertas circunstancias, estas pueden ser la misma.

- 30 Las pruebas pueden ser llevadas a cabo manualmente. Sin embargo, de acuerdo con la invención, el aparato de pruebas puede ejecutar una secuencia automatizada para registrar mediciones y calcular los resultados en un ordenador. En referencia a la figura 4, en este modo de realización un controlador 30 está conectado a un sensor de presión 32 dispuesto para detectar la presión en la entrada de la válvula, un motor de bomba 36, un sensor de desplazamiento 18 y un sensor de fuerza 20. Un actuador 22 de elevación de la válvula está controlado por el

controlador 30 para aplicar una fuerza de elevación al vástago de la válvula y la fuerza aplicada y el desplazamiento resultante del disco de la válvula son medidos y monitorizados por el controlador 30.

5 El controlador 30 controla el suministro de aire comprimido a la tubería de aire comprimido, y de aquí a la entrada de la válvula. La presión en la entrada de la válvula es monitorizada por el sensor de presión 32 y realimentada al controlador 30, permitiendo una acumulación controlada de presión en la entrada de la válvula hasta la presión requerida. El sensor de desplazamiento 18 y el sensor de fuerza 20 forman parte del aparato de pruebas unido a la válvula 1. El controlador 30 controla el motor de bomba 36, la válvula de venteo 34 y el actuador de elevación de la válvula 22 para seguir la secuencia de pruebas descrita anteriormente. El desplazamiento del disco de la válvula 8 y la fuerza requerida para elevar el disco de la válvula son registrados y estas mediciones son realimentadas al controlador 30. En concreto, la medición de fuerza es registrada cuando una señal de sensor de desplazamiento se detecta por primera vez. A continuación, se calculan valores del área de sellado efectiva A , la fuerza de sellado f y la presión de apertura.

15 En un modo de realización alternativo, la presión hidráulica en el actuador de elevación de la válvula es controlada por bombeo manual. El desplazamiento registrado y los valores de fuerza son utilizados a continuación por el controlador 30 para controlar el área de sellado efectiva A , la fuerza de sellado f y la presión de apertura. Este montaje reduce la cantidad de potencia utilizada por el sistema y permite que el sistema sea utilizado cuando no hay suministro de energía disponible.

20 En otro modo de realización, el disco de la válvula es desplazado por un pistón que empuja desde abajo en lugar de ser elevado desde arriba. Este montaje reduce la cantidad de espacio ocupado por el aparato de pruebas ya que el pistón es desplazado por un actuador situado dentro del banco de pruebas. El desplazamiento del disco de la válvula es medido a continuación utilizando cualquier dispositivo de detección adecuado, tal como un sensor de desplazamiento de un haz láser que puede ser utilizado para detectar el movimiento del extremo superior del vástago de la válvula.

25 Se apreciará que las mediciones de la fuerza de sellado pueden ser llevadas a cabo en un intervalo de valores de presión de fuga p_{sl} para obtener una impresión global de la eficiencia de la válvula de seguridad. Asimismo, estos valores variarán de acuerdo con el estado de mantenimiento y desgaste de la válvula, y pueden servir como una medida de cualquier trabajo de reacondicionamiento, que pueda haber sido llevado a cabo.

30 Aunque en los modos de realización descritos anteriormente, todas las pruebas son llevadas a cabo fuera de línea, es posible en algunas circunstancias llevar a cabo las pruebas en línea con la válvula expuesta a dos o más presiones de funcionamiento diferentes. Esto es particularmente deseable cuando se requieren urgentemente los resultados de pruebas o cuando no es posible mantener el sistema en un estado no operativo durante un tiempo suficiente para llevar a cabo las pruebas fuera de línea, y cuando la espera requerida para un momento adecuado en el que el sistema no esté en funcionamiento en cualquier caso, denominado "parada", es demasiado larga. En otras circunstancias la válvula de seguridad está soldada in situ, de modo que puede no ser práctico sacar la válvula del sistema para realizar una prueba fuera de línea.

35 La monitorización en línea del indicador de estado puede ser utilizada para monitorizar cambios en el estado mecánico y puede ser particularmente útil para revelar cualquier deterioro mecánico de la válvula. Monitorizar el indicador de estado antes y después de una revisión proporciona igualmente una evaluación objetiva de la revisión.

40 Por lo tanto, en un modo de realización adicional, se lleva a cabo una prueba en banco fuera de línea antes de instalar la válvula, lo que ofrece valores iniciales para el área de sellado efectiva A , la presión de fuga p_{sl} y el indicador de estado inicial Q , en donde $Q = f/F_c$. Todos estos valores son determinados como se describió anteriormente, y a continuación registrados en un certificado. Por lo tanto, una válvula nueva o reacondicionada puede ser instalada con una certificación que muestre estos valores iniciales.

45 Una vez que la válvula ha sido instalada y en uso durante un periodo de tiempo, se mide una fuerza de elevación "en caliente" Gh en línea a una presión p_2 . Este valor, junto con los valores de preinstalación conocidos, se utiliza a continuación para calcular la presión de apertura p_{so} , en donde:

$$p_{so} = \frac{Gh}{A} + p_2 \quad (17)$$

y la fuerza de sellado actual f_g , en donde

$$f_g = Gh - (p_{sl} - p_s)A \quad (18)$$

50 El valor para la fuerza de sellado actual se utiliza para calcular un indicador de estado actual Q_g , utilizando la

expresión:

$$Qg = \frac{fg}{fg + psl.A} \quad (19)$$

Utilizando las ecuaciones (17) y (18) esto puede ser expresado igualmente como:

$$Qg = 1 - \frac{psl}{pso} \quad (20)$$

- 5 El indicador de estado actual Qg de la válvula tras un tiempo de uso puede ser comparado entonces con el indicador de estado inicial Q determinado fuera de línea antes de la instalación de la válvula.

Al igual que con otros procedimientos descritos anteriormente, este proceso puede ser llevado a cabo de un modo automatizado mediante el aparato de la figura 4.

- 10 Como la fuerza de sellado f está relacionada con la diferencia entre psl y pso , y por lo tanto está relacionada asimismo con el cociente entre psl y pso , entonces esta se verá afectada por un cambio en psl o en pso . Por lo tanto, el indicador de estado Q aumenta generalmente si la fuerza de sellado f aumenta. Obviamente, el indicador de estado podría estar diseñado para disminuir si la fuerza de sellado aumentara. Generalmente, sin embargo, el indicador de estado está diseñado para variar si la fuerza de sellado varía.

- 15 En un caso ideal, $psl = pso$ y el indicador de estado Qg será 0. Cualquier deterioro mecánico de la válvula conducirá a un aumento en la fuerza de elevación de la válvula Gh , y a un aumento en la presión de apertura pso , dando como resultado un aumento en el indicador de estado actual Qg . Sin embargo, un aumento en Qg de la monitorización en línea sólo da una indicación de cualquier deterioro mecánico, y este tipo de prueba en línea que se basa en detectar una apertura de la válvula y sólo puede medir directamente pso , no mide ninguna disminución en el valor de psl debido al deterioro de las superficies de sellado. Sin embargo, un deterioro mecánico es probable que venga
20 acompañado por una degradación de las superficies de sellado y estas pruebas en línea pueden dar por lo tanto una indicación de si son necesarias pruebas adicionales en banco fuera de línea. Por ejemplo, un aumento en la presión de apertura pso medida en línea, resultante de un indicador del estado actual Qg de, aproximadamente, 9 o 10, indica que son necesarias pruebas fuera de línea adicionales. La psl deteriorada puede ser determinada a continuación fuera de línea y calculado el incremento total en el indicador de estado Q . Tras un reacondicionamiento
25 de la válvula, se mide una nueva psl y puede ser registrada asimismo en un certificado adicional antes de reinstalar la válvula. Idealmente, una válvula reacondicionada debe tener un indicador de estado Q no superior a, aproximadamente, 6.

- 30 Como se indicó anteriormente, con el fin de medir el deterioro en el estado de una válvula de modo preciso es necesario medir psl así como pso . Aunque esto generalmente no es posible con sensores de desplazamiento, se han desarrollado sensores de vibración muy sensibles que pueden detectar la fuga de gas a través de la válvula a partir de la vibración o ruido que provoca la fuga. Tales sensores incluyen sensores acústicos y sensores de ultrasonidos dispuestos para detectar vibración en el aire, por ejemplo, o sensores dispuestos para detectar vibración en una parte sólida del sistema, especialmente cerca de la válvula. Estos sensores tienen la ventaja de que pueden detectar la fuga de gas a través de la válvula cuando la válvula está en línea, y por lo tanto pueden permitir mediciones en
35 línea de psl así como de pso , y de aquí una medición en línea precisa del estado de la válvula.

- En referencia la figura 5, en un modo de realización adicional de la invención la válvula 1 está conectada en línea, y el aparato de pruebas 5 está acoplado a la parte superior de la misma, como en las figuras 1 y 2. La entrada de la válvula 6 esta acoplada con una tubería de entrada 24, que a su vez está conectada con el sistema presurizado que la válvula de seguridad está destinada a proteger. La salida de la válvula 16 está acoplada con una tubería de salida
40 26 a través de la cual puede escapar gas de la válvula 1 abierta. Un sensor de vibración 28 en forma de un transductor sensible a vibraciones acústicas está unido a la tubería de salida 26 cerca de la salida de la válvula 16. Este se utiliza como un sensor de fuga de fluido dispuesto para detectar una fuga de fluido a través de la válvula. Aunque el sensor acústico se muestra aquí unido a la tubería de salida, puede estar fijado asimismo a cualquier parte del cuerpo de la válvula, o de hecho a cualquier punto del sistema de tuberías.

- 45 Un controlador del sistema 30 está dispuesto para recibir señales de sensor de vibración 28, el sensor de desplazamiento 18 y el transductor de fuerza 20, y para controlar el funcionamiento del actuador 22 que aplica la fuerza de elevación a la válvula. El sistema comprende además un sensor de presión 32 dispuesto para medir la presión de fluido gaseoso en la entrada de la válvula 6. En la práctica, este sensor puede estar situado en cualquier punto conveniente en el sistema presurizado en el que pueda medir la presión del sistema.

En este modo de realización de la invención, el controlador 30 está dispuesto para llevar a cabo la comprobación de la válvula de un modo automático. Con el fin de llevar a cabo la prueba, el controlador está dispuesto para aumentar la fuerza de elevación aplicada a la válvula por el actuador 22 desde cero. Cuando la fuerza de elevación es cero, la válvula estará generalmente cerrada completamente, y no escapará ningún fluido gaseoso a través de la misma.

5 Esto asume que la presión del sistema p_r es inferior p_{sl} . Obviamente, si este no es el caso, entonces la válvula fugará en funcionamiento. A medida que aumenta la fuerza de elevación, esta comenzará a superar gradualmente la fuerza del muelle de la válvula 9 que tiende a mantener la válvula cerrada. Cuando la fuerza neta sobre el disco 8 alcance un cierto nivel, un fluido gaseoso comenzará a fugarse a través de la válvula. Esta fuga de fluido gaseoso producirá un ruido, que es detectado por el sensor de vibración 28. La señal del sensor de vibración cambiará
10 generalmente de un modo que es fácil de detectar cuando el fluido comienza a fugarse a través de la válvula. El controlador está dispuesto para analizar la señal procedente del sensor de vibración 28 para determinar cuándo tiene lugar por primera vez la fuga de gas, y para registrar la fuerza de elevación de "fuga caliente" F_{hl} que es aplicada al disco de la válvula en ese punto. Esta fuerza es igual a la diferencia entre la fuerza producida por la presión de fuga p_{sl} aplicada al área de sellado de la válvula, y la presión de sistema p_r multiplicada por la propia área de sellado de la válvula. Por lo tanto, el controlador 30 puede determinar p_{sl} a partir de los valores medidos de F_{hl} y p_r .
15

En el punto en el que el fluido comienza a fugarse a través de la válvula, el desplazamiento del disco de la válvula es en general sustancialmente cero, o al menos muy bajo. Esto es debido a que todavía está en contacto con el asiento de la válvula cuando la fuga comienza. No hay separación del disco de la válvula 8 del asiento de la válvula 7, sólo una reducción en la fuerza con la que el disco 8 es presionado contra el asiento 7. Por lo tanto, la fuga de fluido en este punto no puede ser detectada por el sensor de desplazamiento 18. Esta es la razón por la que se necesita un sensor de fuga de fluido separado, en este caso el sensor acústico, para detectar el punto en el cual el fluido fuga a través de la válvula.

El controlador 30 continúa entonces aumentando la fuerza de elevación y monitoriza y registra las señales del hasta la señal del transductor de desplazamiento 18 y el transductor de fuerza 20. En algún momento el disco de la válvula 8 comenzará a levantarse del asiento de la válvula 7. Las señales del sensor pueden ser analizadas entonces, por ejemplo representando desplazamiento frente a fuerza de elevación, para determinar la fuerza de elevación de "apertura en caliente" F_{ho} que estaba siendo aplicada cuando indica que el disco de la válvula 8 estaba a punto de levantarse del asiento de la válvula 7. Este es el punto en el que la fuerza total ascendente aplicada al disco de la válvula 8 por el mecanismo de elevación y el fluido en el sistema es igual a la fuerza descendente de muelle y otros factores. En este punto, el flujo de fluido a través de la válvula será bastante mínimo, pero será distinto de la primera fuga mencionada anteriormente, lo que indica que la válvula se ha abierto. De nuevo, el controlador registra la fuerza de elevación "en caliente" F_{ho} que está siendo aplicada en ese punto. Esta fuerza es igual a la diferencia entre la fuerza producida por la presión de apertura p_{so} aplicada al área de sellado A de la válvula, y la presión del sistema p_r , en el momento en el que se lleva a cabo la prueba, multiplicada por la propia área de sellado de la válvula. Por lo tanto, el controlador 30 puede determinar p_{so} a partir de los valores medidos de F_{ho} y p_r .
25
30
35

El controlador 30 se dispone a continuación para utilizar las dos fuerzas de elevación registradas, F_{hl} y F_{ho} para calcular una indicación del estado de la válvula, en este caso en forma de un indicador de estado para la válvula indicativo del estado de la válvula. En este caso, el indicador de estado es calculado utilizando la ecuación (2) anterior. Sin embargo, se apreciará que se podrían utilizar otras formas de indicación o indicador de estado que ofrezcan alguna medida de la fuerza de sellado f , o la diferencia entre p_{sl} y p_{so} . De hecho, el sistema puede ser dispuesto simplemente para calcular la fuerza de sellado f .
40

El controlador se dispone asimismo para determinar la fuerza de sellado f de la válvula, que es la diferencia entre las dos fuerzas F_{hl} y F_{ho} , que viene dada por:

$$f = F_{ho} - F_{hl} \quad (21)$$

45 Esta expresión puede ser desarrollada todavía más de modo útil para el caso en el que p_{sl} y p_{so} son medidas en línea por medio de pruebas de fuerza de elevación del vástago primera y segunda, controladas por un sensor sónico/de vibración y un sensor de movimiento del vástago de alta sensibilidad, respectivamente.

Si en este caso la primera fuerza se denota por F_{hl} y la segunda por F_{ho} , mientras que la presión en línea es p_l , se concluirá que:

$$50 \quad p_{sl} = p_l + F_{hl}/A \quad (22)$$

y

$$pso = pl + Fho/A \quad (23)$$

en donde claramente $Fhl \leq Fho$. Insertando (22) y (23) en (21), y simplificando:

$$f/Fc = Q = \frac{Fho - Fhl}{Fho + A.pl} \quad (24)$$

5 Q representa aquí el indicador de estado de la válvula de seguridad. Se observa que el área de sellado efectiva A aparece en la expresión, y al menos que pueda ser medida mediante, por ejemplo, una prueba de elevación en frío adicional (a presión de fluido cero), tiene que ser identificada a partir de la información del fabricante o de otros datos.

10 Sin embargo, se debe apreciar que esta fórmula para calcular el indicador de estado es razonablemente insensible a errores en el valor de A. Esto es debido típicamente a que el término A.pl es tan sólo dos tercios o tres cuartos del valor del denominador total $Fho + A.pl$. Por lo tanto, esta fórmula permite medir el estado con bastante precisión incluso si el área de sellado efectiva A no es conocida con mucha precisión.

Si es posible llevar a cabo una prueba en frío, el denominador se convierte en la fuerza de muelle total Fc, y el indicador de estado puede ser escrito como:

$$Q = \frac{Fho - Fhl}{Fc} \quad (25)$$

15 Para derivar valores de psl y pso a partir de las fuerzas Fhl y Fho, el controlador 30 necesita utilizar un valor del área de sellado A de la válvula. Este puede ser un valor medido cuando la válvula es fabricada y que es introducido en el controlador. Alternativamente, puede ser determinado a partir de la media de mediciones de diámetros de asiento externo e interno del asiento de la válvula 17. Sin embargo, en este modo de realización se determina por medición. El controlador 30 se dispone, cuando sistema está a presión cero, para medir una fuerza de elevación "en frío" Fc, que es la fuerza requerida para abrir la válvula a presión cero del sistema. Esta es medida del mismo modo que la fuerza de elevación "en caliente" Fho descrita anteriormente. Esta medición, junto con la fuerza de elevación "en caliente" Fho y la presión del sistema pr a la cual se mide la fuerza de elevación en caliente, puede ser utilizada a continuación para calcular un valor para el área de sellado de la válvula, utilizando la ecuación:

$$A = (Fc - Fho)/pr \quad (26)$$

25 Este es el modo más definitivo de determinar el área de asiento, ya que esta es completamente medida con la válvula montada en línea.

Este procedimiento de medición del estado de la válvula tiene la ventaja, concretamente en mediciones en línea, de que tanto psl como pso pueden ser medidas a partir de una única carrera de elevación, lo que lo convierte en rápido y eficiente.

30 Se apreciará que este procedimiento para determinar el área de sellado puede ser generalizado para medir la fuerza de elevación a cualesquiera dos presiones del sistema pr1 y pr2, en donde $pr1 \leq pr2$ con fuerzas de elevación "en caliente" respectivas Fho1 y Fho2. Las presiones del sistema pr1 y pr2 son registradas conjuntamente con las fuerzas de elevación "en caliente" asociadas, y el área de sellado se obtiene a continuación mediante la ecuación:

$$A = (Fho1 - Fho2)/(pr2 - pr1) \quad (27)$$

35 Aunque en el modo de realización descrito anteriormente la prueba es llevada a cabo de modo automatizado, es posible igualmente controlar la prueba manualmente. Por ejemplo, la fuerza proporcionada por el actuador 22 puede ser aumentada manualmente. En algunos casos, el actuador puede ser omitido y la fuerza de elevación variada manualmente, por ejemplo utilizando un mecanismo de elevación de tornillo roscado. Similarmente, la salida del sensor de vibración 28 puede adoptar la forma de una salida acústica amplificada, de modo que un operario humano pueda escuchar el ruido producido cuando la válvula comienza a fugar. La salida de sensor de desplazamiento puede ser monitorizada asimismo por el operador humano, para determinar cuándo se ha abierto la válvula. Finalmente, las mediciones de Fhl y Fho pueden ser registradas manualmente.

45 Se apreciará que el orden de medición de Fhl y Fho no es crítico. Aunque es eficiente medir ambas en una única carrera del mecanismo de elevación, se podría medir Fho antes que Fhl y las mediciones pueden ser realizadas en pruebas distintas.

5 En un modo de realización adicional de la invención, mientras que la presión del sistema p_r está por encima de cero, la fuerza aplicada al disco de la válvula 8 por el muelle de la válvula 9 es ajustada hasta que la válvula comienza a fugar. Esto se consigue utilizando la abrazadera de ajuste 15. La fuga de la válvula puede ser detectada utilizando una salida acústica amplificada del sensor de vibración 28. Esto iguala efectivamente la presión de fuga p_{sl} a la presión del sistema. La fuerza de elevación aplicada por el mecanismo de elevación de la válvula 5 es aumentada a continuación hasta que se detecta que la válvula está abierta. Esta fuerza de elevación F_{ho} es por tanto una medición directa de la fuerza de sellado f de la válvula. A continuación, se registra un valor de p_{sl} como la presión del sistema, y el valor de p_{so} es obtenido mediante la ecuación (1). El indicador de estado puede ser determinado utilizando, por ejemplo, la ecuación (3).

10 En un modo de realización adicional, el estado de la válvula puede ser monitorizado sin necesidad de medir el área de sellado precisa de una válvula de seguridad, ya que se encuentra disponible un valor adecuado de los datos del fabricante, o disponibles de mediciones físicas de taller. Por lo tanto, en este modo de realización, se miden la presión de fuga y la presión de apertura, y se comprueban para asegurar que la fuerza de sellado f no es demasiado elevada, o no supera un límite predeterminado, asegurando una presión de fuga p_{sl} escogida no diverge excesivamente, o en más de una cantidad predeterminada, de la presión de apertura p_{so} . Esto se realiza en una situación fuera de línea ajustando la p_{sl} de la válvula de seguridad a un valor requerido mediante un ajuste del muelle hasta un silbido audible, o una detección instrumental de la primera fuga.

20 La instrumentación podría utilizar un detector sónico o ultrasónico en o cerca del cuerpo de la válvula, detección de flujo térmico en la salida abierta de la válvula, o detección de vibración en o cerca de la válvula. A continuación, la fuerza total del muelle sobre el disco de la válvula es medida mediante una única prueba en frío para obtener F_c .

A partir del área de sellado A conocida o asumida, se puede determinar p_{so} utilizando la ecuación:

$$p_{so} = F_c/A \quad (28)$$

25 El límite en el cual p_{sl} podrá diferir de p_{so} se puede escoger entonces, por ejemplo, a un 5%. Si este límite es superado, la válvula es rectificada mediante lapeado, desbarbado, y reacondicionamiento hasta que se consigue el límite del 5%. Se apreciará que los parámetros exactos que son medidos vuelven a no ser significativos, sino que, por ejemplo, en este procedimiento se utiliza como parámetro de estado la diferencia entre p_{sl} y p_{so} .

Dependiendo del sistema que va a ser protegido por la válvula, el fluido puede ser gas, o una mezcla de gas y líquido, o en algunos casos tan sólo líquido.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para medir el estado de una válvula de seguridad (1), comprendiendo la válvula un asiento de la válvula (7), un muelle de la válvula (9), y un miembro de cierre (8) empujado por el muelle hasta contactar con el asiento, comprendiendo procedimiento:
- 5 determinar una primera presión a la cual el miembro de cierre comenzará a abrirse, caracterizado porque el procedimiento comprende además:
- determinar una segunda presión, inferior a la primera presión, a la cual la válvula comenzará a fugar con un desplazamiento del miembro de cierre sustancialmente igual a cero,
- definir un parámetro de estado que varía con la diferencia entre las presiones primera y segunda, y
- 10 determinar un valor del parámetro de estado para determinar así el estado de la válvula.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el parámetro de estado está relacionado con la fuerza de sellado f que es la fuerza que existe entre el miembro de cierre (8) y el asiento (7) por encima de la fuerza requerida para contrarrestar la fuerza del fluido sobre el miembro de cierre en el punto de fuga de la válvula, y está definida por $f = (p_{so} - p_{sl})A$, en donde p_{so} es la presión necesaria para provocar que la válvula se abra, p_{sl} es la presión necesaria para provocar que la válvula fugue, y A es el área de sellado efectiva de la válvula.
- 15 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la primera presión es determinada a partir de una fuerza de elevación que provocará que la válvula (1) se abra.
4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la segunda presión es determinada a partir de una fuerza de elevación que provocará que la válvula (1) fugue.
- 20 5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las presiones primera y segunda se determina por medición.
6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que al menos una de las presiones primera y segunda se determina por estar fijada.
- 25 7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye aplicar una fuerza de elevación a un miembro de cierre (8) de la válvula (1) provocando así que un fluido fugue a través de la válvula, y medir una fuerza de elevación productora de fugas a la cual tiene lugar la fuga.
8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la fuga es detectada al menos parcialmente mediante un sensor de vibración (28) dispuesto para detectar una vibración provocada por la fuga de fluido.
- 30 9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye registrar una medición de la segunda presión.
10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye aplicar una fuerza de elevación al miembro de cierre (8) provocando así que la válvula (1) se abra, y medir una fuerza de elevación de apertura de la válvula a la cual la válvula se abre.
- 35 11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la fuerza de elevación aumenta hacia la fuerza de elevación productora de fugas, y la fuerza de elevación productora de fugas es medida como la fuerza aplicada cuando tiene lugar la fuga.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que la fuerza de elevación aumenta hacia la fuerza de elevación de apertura de la válvula, y la fuerza de elevación de apertura de la válvula es medida como la fuerza aplicada cuando tiene lugar la apertura de la válvula (1).
- 40 13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 cuando depende de la 11, en el que la fuerza de elevación es aumentada desde una fuerza inicial que está por debajo de la primera fuerza de elevación hasta al menos la segunda fuerza de elevación.
14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, que incluye detectar la apertura de la válvula (1).
- 45 15. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la apertura de la válvula (1) es detectada al menos parcialmente mediante un sensor de desplazamiento (18) dispuesto para detectar un desplazamiento del miembro de cierre de la válvula (8).

16. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una fuerza de elevación es aplicada a un elemento rígido conectado con el miembro de cierre (8).

17. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas de:

5 medir una primera fuerza de elevación de la válvula F1 con una primera presión de fluido pr1 actuando sobre un lado de entrada del miembro de cierre de la válvula (8);

medir una segunda fuerza de elevación de la válvula F2 con una segunda presión de fluido pr2 actuando sobre un lado de entrada del miembro de cierre de la válvula (8); y

calcular el parámetro de estado a partir de las dos mediciones de fuerzas de elevación de la válvula.

10 18. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17, que comprende la etapa de determinar un área de sellado efectiva A de la válvula utilizando el cociente del cambio de presión de entrada y el cambio resultante en fuerza de elevación de la válvula.

19. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el área de sellado es determinada utilizando la fórmula:

$$A = \frac{F1 - F2}{pr2 - pr1}$$

15 20. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de ajustar la válvula (1) a un valor deseado de presión de fuga psl.

21. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuerza de sellado f es igual a la diferencia entre una fuerza de apertura de la válvula y una fuerza necesaria para contrarrestar la fuerza de entrada de fluido correspondiente.

20 22. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que la fuerza de sellado f se calcula utilizando la fórmula:

$$f = F1 - \left(\frac{psl - pr1}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2)$$

o

$$f = F2 - \left(\frac{psl - pr2}{pr2 - pr1} \right) (F1 - F2)$$

25 donde $pr1 \leq pr2 \leq psl$.

23. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que la primera presión de fluido pr1 es igual a una presión de fluido que actúa sobre un lado de salida del miembro de cierre de la válvula (8).

24. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 23, en el que $pr1 = 0$ y el área de sellado efectiva A de la válvula (1) es determinada utilizando la fórmula:

30
$$A = \frac{F1 - F2}{pr2}$$

25. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 23 o la reivindicación 24, en el que la etapa de calcular la fuerza de sellado f utiliza la fórmula:

$$f = F1 - \frac{psl}{pr2} (F1 - F2)$$

en donde $pr2 \leq psl$, y psl es la presión de fuga.

35 26. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de estado es la fuerza de sellado, o una presión equivalente a la misma.

27. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de estado está basado en el cociente entre la fuerza de sellado f y una fuerza de elevación en frío F_c o una fuerza relacionada con la misma.

5 28. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de estado de la válvula (1) se calcula utilizando el cociente:

$$\frac{f}{(f + psl.A)}$$

en donde $ps1$ es la presión de fuga.

29. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de estado de la válvula (1) se calcula utilizando el cociente:

10

$$\frac{1}{1 + \frac{psl}{f} \left(\frac{Fh1 - Fh2}{pr2 - pr1} \right)}$$

en donde psl es la presión de fuga.

30. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el parámetro de estado de la válvula (1) es el cociente entre la fuerza de sellado f y una fuerza de elevación en frío F_c y se calcula utilizando el cociente:

15

$$\frac{f}{F_c}$$

31. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una etapa del procedimiento se lleva a cabo cuando la válvula está instalada en línea.

32. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 31, en el que el parámetro de estado es un indicador de estado actual Q_g que se determina utilizando la fórmula:

20

$$Q_g = \frac{fg}{fg + psl.A}$$

en donde fg es una fuerza de sellado actual.

33. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 31, en el que el parámetro de estado es un indicador de estado actual Q_g que se determina utilizando la fórmula:

$$Q_g = 1 - \frac{psl}{pso}$$

25 en donde psl es la presión de fuga y pso es la presión de apertura.

34. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 31, en el que el parámetro de estado es un indicador de estado Q que se determina utilizando la fórmula:

$$Q = \frac{Fho - Fhl}{Fho + A.pl}$$

30 35. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 34, en el que el parámetro de estado se dispone para variar con la diferencia entre una presión a la cual fugará la válvula (1) y una presión a la cual se abrirá la válvula (1).

36. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un lado de entrada del miembro de cierre esta empujado por un muelle para contactar con el asiento y se aplican las presiones primera y segunda en el lado de entrada del miembro de cierre.

37. Un aparato para determinar la fuerza de sellado de una válvula de seguridad (1), comprendiendo el aparato: un sensor de fuerza (20), un sensor de desplazamiento (18), un sensor de presión (32), un sensor de vibración o acústico y medios para aplicar una presión de fluido a una entrada de la válvula (6), y un controlador (30) dispuesto para controlar la presión de entrada de la válvula, registrar lecturas de los sensores, determinar una primera presión a la cual comenzará a abrirse el miembro de cierre (8), determinar una segunda presión, inferior a la primera presión, a la cual la válvula comenzará a fugar con un desplazamiento sustancialmente igual a cero del miembro de cierre, caracterizado porque el controlador está dispuesto para definir un parámetro de estado que varía con la diferencia entre las presiones primera y segunda, y determinar un valor del parámetro de estado para determinar así el estado de la válvula.
- 5
38. Aparato de acuerdo con la reivindicación 37, en el que el sensor de fuerza (20) está dispuesto para medir una fuerza de elevación de la válvula.
- 10
39. Aparato de acuerdo con la reivindicación 37 o la reivindicación 38, que comprende además un ajustador que, en uso, comprime un muelle de la válvula (9) para permitir que la presión de aire en la entrada de la válvula (6) alcance una determinada presión.
- 15
40. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 37 a 39, que comprende además una válvula de control dispuesta para ventear la entrada de la válvula (6).
41. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 37 a 40, en el que el controlador (30) está dispuesto para registrar una lectura del sensor de fuerza (20) cuando el sensor de desplazamiento (18) detecta por primera vez un desplazamiento de un miembro de cierre de la válvula (8).
- 20
42. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 37 a 41, dispuesto para calcular el parámetro de estado utilizando el cociente f/F_c .
43. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 37 a 42, dispuesto para generar una salida indicativa del parámetro de estado.
- 25
44. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 37 a 41, que comprende además un dispositivo de visualización dispuesto para generar una presentación indicativa del parámetro de estado.
45. Aparato de acuerdo con la reivindicación 37, que comprende además medios de detección de fuga de fluido dispuestos para detectar una fuga de fluido a través de la válvula.
46. Aparato de acuerdo con la reivindicación 45, en el que los medios de detección de fuga de fluido comprenden un sensor de vibración.

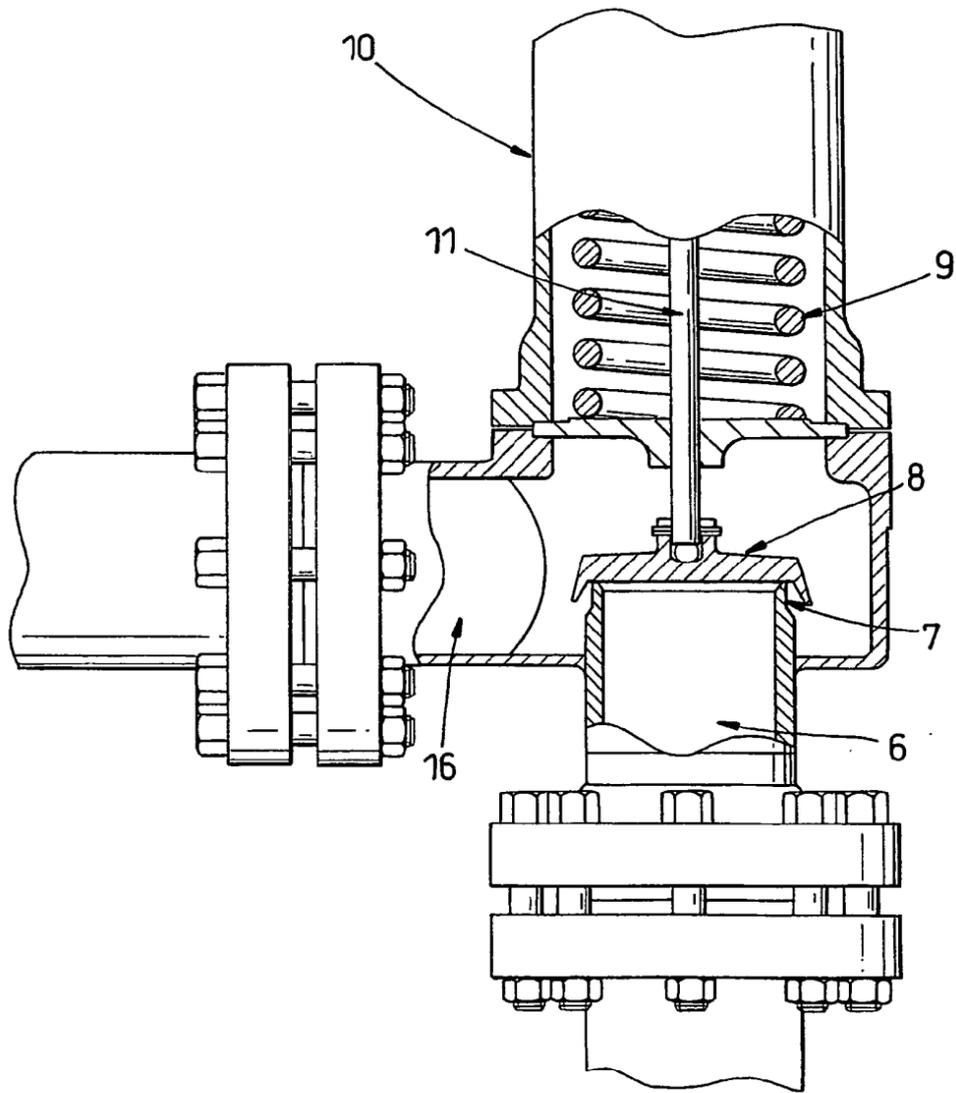
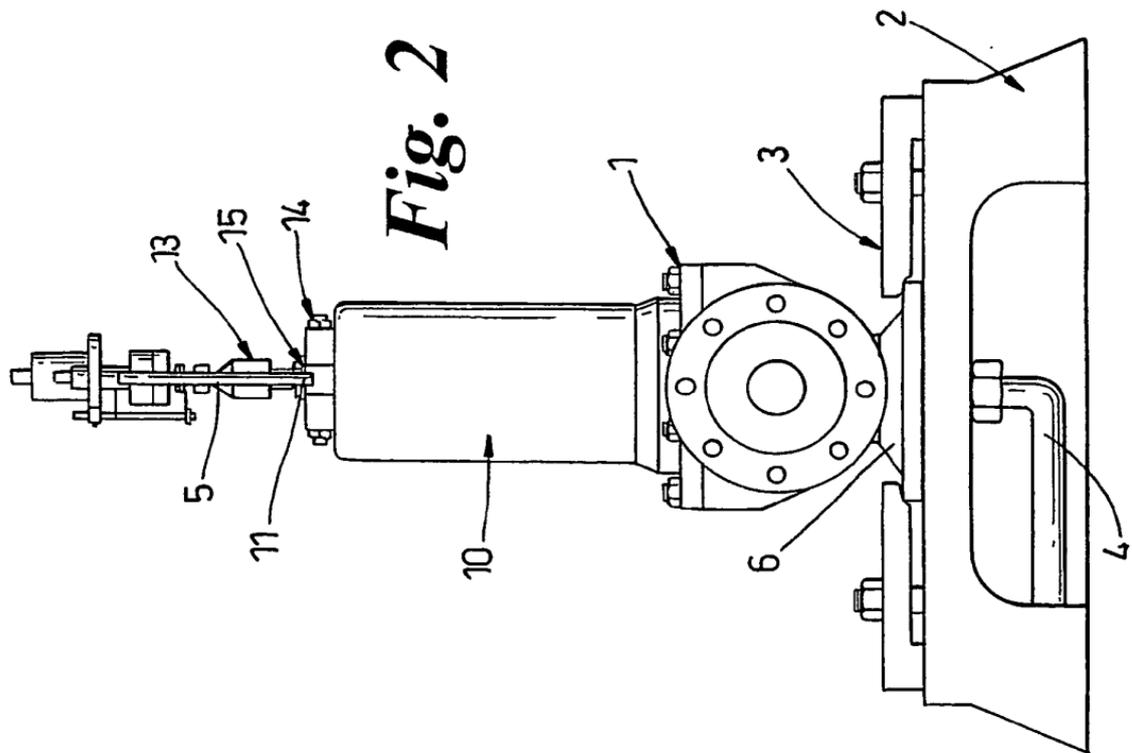
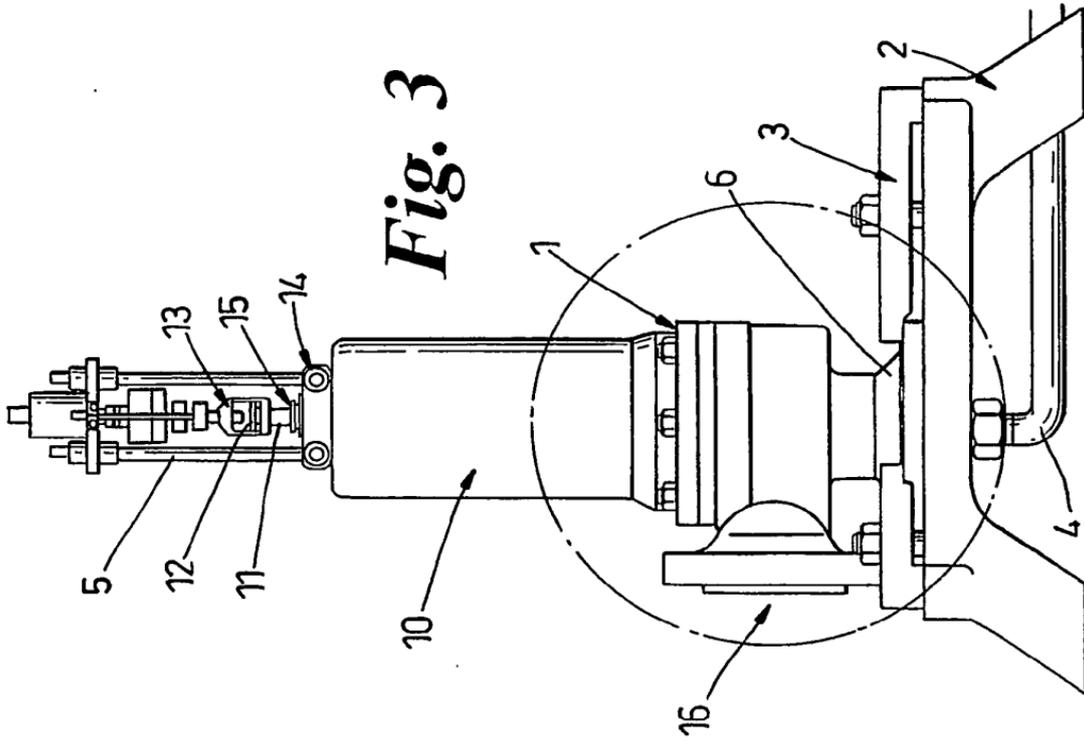


Fig. 1



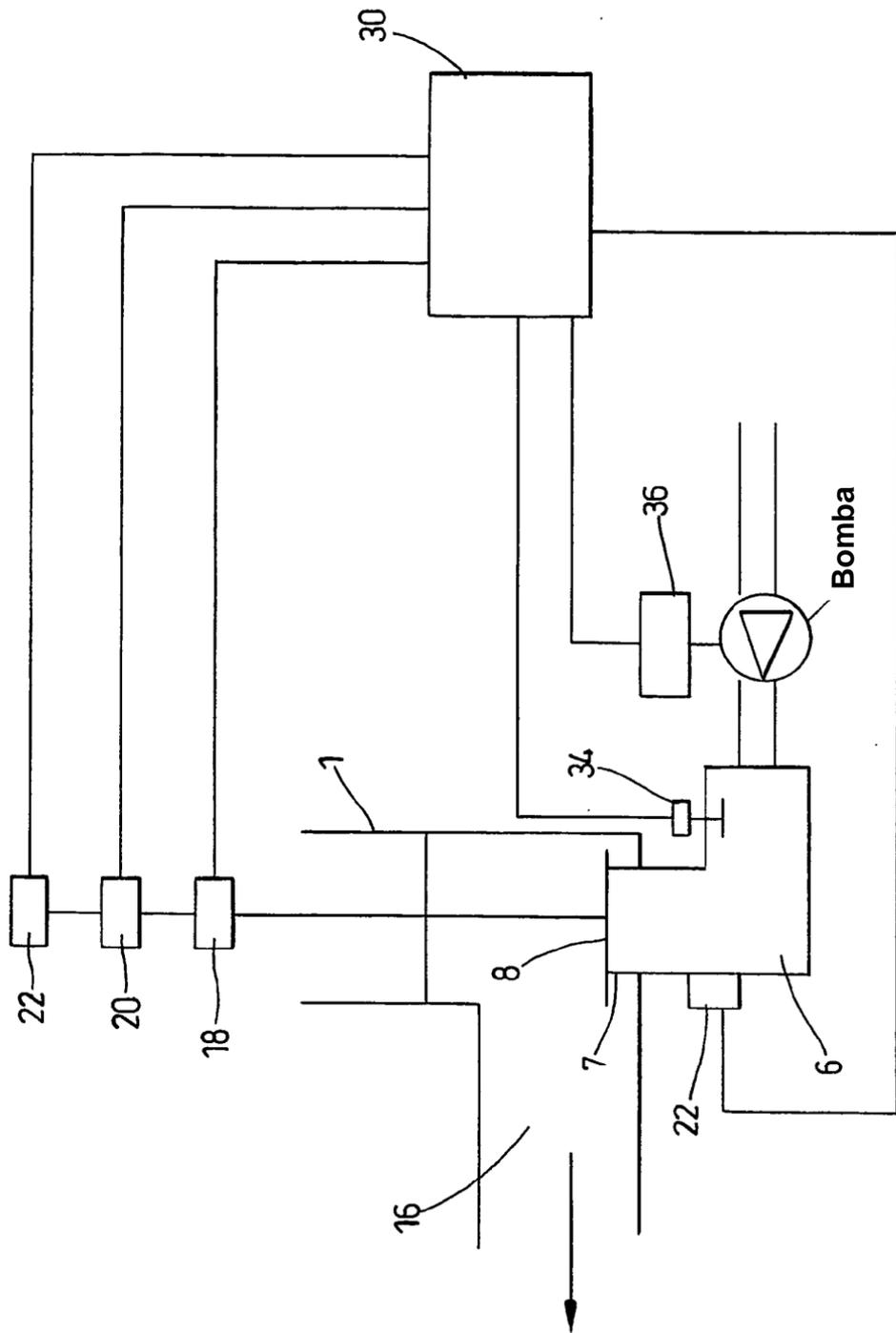


Fig. 4

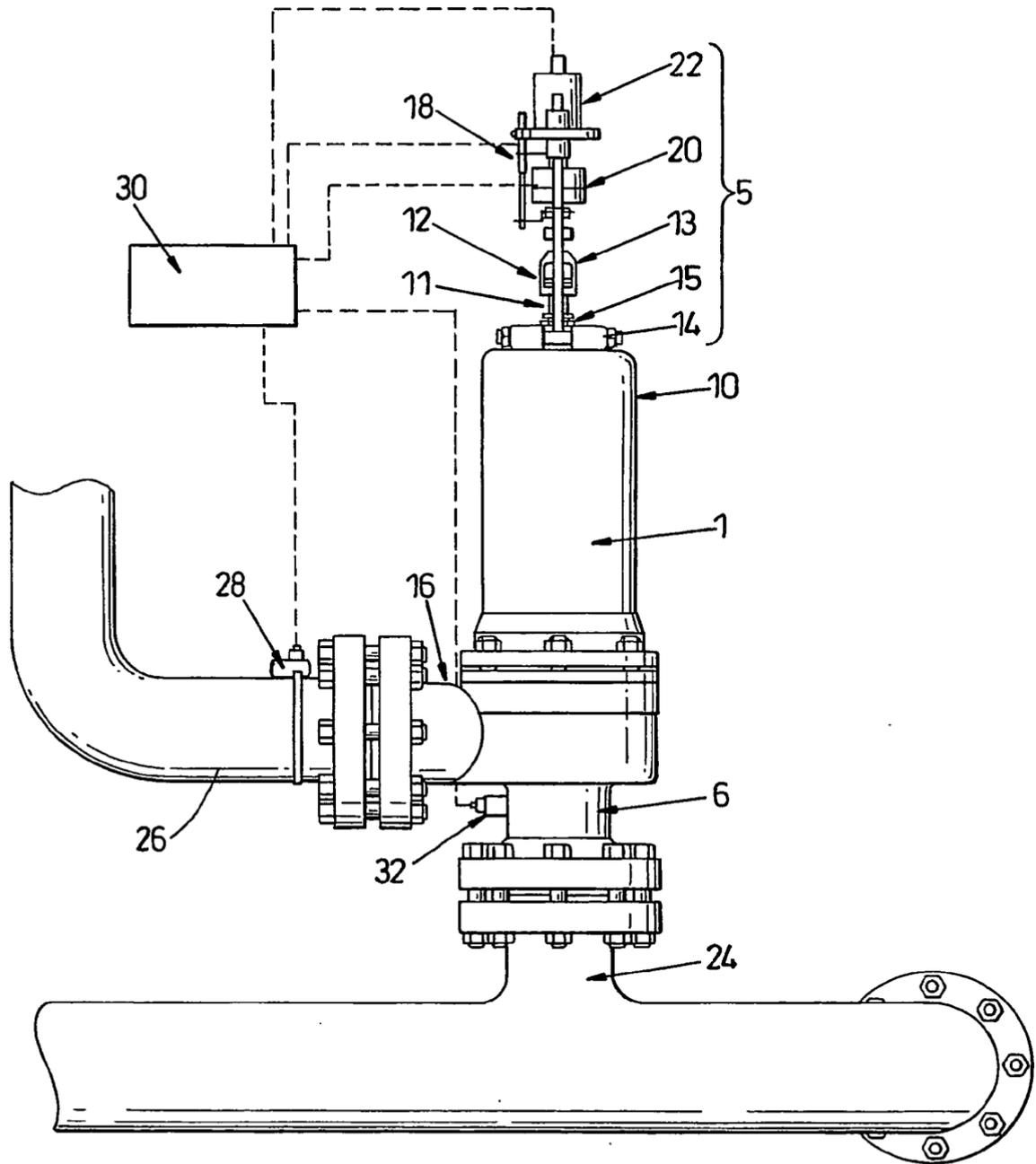


Fig. 5