

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 161**

51 Int. Cl.:

G01M 15/09 (2006.01)

G01M 15/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2012** **E 12706029 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2015** **EP 2678654**

54 Título: **Procedimiento para ensayar el funcionamiento de turbomáquinas, así como instalación de ensayo para ello**

30 Prioridad:

24.02.2011 AT 2512011

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

16.12.2015

73 Titular/es:

**AVL LIST GMBH (100.0%)
Hans-List-Platz 1
8020 Graz, AT**

72 Inventor/es:

BERGER, HARTMUT

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 554 161 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para ensayar el funcionamiento de turbomáquinas, así como instalación de ensayo para ello

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para ensayar el funcionamiento de turbomáquinas, de forma preferida turbocargadores de gas de escape, en donde a la pieza a ensayar se aplica gas sometido a presión y ésta se hace funcionar por medio de lo mencionado, así como una instalación de ensayo para turbomáquinas, de forma preferida turbocargadores de gas de escape, con un alojamiento para la pieza a ensayar, una fuente para gas sometido a presión, de forma preferida para aire comprimido, a la que puede unirse la pieza a ensayar, así como una instalación de análisis.

10 La integración sistemática de bancos de pruebas de aseguramiento de calidad (bancos de pruebas de funcionamiento) en el proceso de producción de motores, transmisiones y otros grupos en la industria automovilística es ya habitual desde hace muchos años. Los requisitos de los consumidores y de la legislación tienen como resultado la exigencia de unos motores cada vez más eficientes, para lo que entre otras cosas se utiliza una carga mediante cargadores mecánicos o turbo-accionados. Por ello también se han investigado unos procedimientos de ensayo adecuados para estos componentes.

15 Las turbomáquinas son en principio unas máquinas rotatorias con una estructura relativamente sencilla con – en comparación p.ej. con un motor de combustión interna – menos piezas rotatorias. De forma muy simplificada puede partirse de la base de que la máquina “funciona bien” si puede girar libremente. Sin embargo, en la práctica surgen muchos problemas de detalle, como demuestran p.ej. las estadísticas de fallos de los fabricantes de automóviles para los turbocargadores utilizados o los parcialmente muy elevados porcentajes de reparación en los bancos de pruebas de funcionamiento de los fabricantes de grupos motopropulsores. Obligados por el principio de funcionamiento de estas máquinas de flujo se ha partido hasta ahora de la base, de que un ensayo práctico de las máquinas sólo es posible en las proximidades de los puntos de funcionamiento normales, lo que exige unas corrientes másicas de gas grandes, que para ello también deben calentarse todavía (en turbinas de gas) o se calientan mediante la máquina (en turbocompresores). El resultado de estos requisitos es después normalmente un banco de pruebas caliente “clásico”, en el que se comprueban las máquinas en el margen de funcionamiento. Los grandes inconvenientes de este ensayo al final de proceso de producción son una detección de fallos tardía, unos mayores costes de reparación a causa de procesos de desequipamiento y equipamiento adicionales, mayores costes de funcionamiento a causa de un ensayo múltiple en caso de fallo, el riesgo de un mayor daño a la máquina a causa de daños resultantes de fallos, el riesgo de lesiones a causa de piezas constructivas calientes y los tiempos de espera para enfriar la pieza a ensayar, antes de que pueda empezarse con el diagnóstico y la eliminación de fallos.

20 Para evitar estos problemas se ha intentado en el pasado llevar a cabo un ensayo de turbomáquinas con gas comprimido (aire comprimido). A este respecto se intenta simular todo lo posible con una corriente másica de gas estacionaria los puntos de funcionamiento que se producen en funcionamiento normal. A causa del elevado consumo de energía, que es necesario para fabricar las grandes corrientes másicas de gas necesarias, esta clase de ensayo no se ha impuesto sin embargo hasta ahora de forma amplia.

25 En los grupos motopropulsores de aviación tiene lugar casi siempre un ensayo final de la turbomáquina ya producida, en condiciones de funcionamiento a plena carga, mientras que en productos en series grandes como por ejemplo turbocargadores para motores de automóvil tiene lugar muchas veces una entrega sin ensayar de la turbomáquina a los clientes, ya que no sería económico un ensayo completo de todas las piezas en condiciones de funcionamiento. En el documento EP 1 426 578 B1 se describe un ensayo de funcionamiento en frío de turbocargadores en estado de montaje en el motor de combustión interna, que sin embargo al igual que el ensayo en condiciones de funcionamiento presenta el inconveniente del descubrimiento tardío de fallos. Este descubrimiento de fallos tardío conduce en el mejor de los casos a unos mayores costes de reparación (procesos adicionales de desequipamiento y equipamiento en el banco de pruebas, pasos de trabajo adicionales en la reparación a causa del desmontaje/montaje de piezas adicionales, nuevo ensayo después de la reparación) y, en el peor de los casos, a un mayor daño a la turbomáquina a causa de los daños resultantes de fallos. Por ese motivo seguía existiendo la necesidad de un procedimiento de ensayo económico y seguro en cualquier circunstancia, ya que un ensayo en caliente al 100% de todos los turbocargadores no parece ser factible por consideraciones económicas.

30 En el documento WO 2008/005679 A2 se describen un procedimiento y un dispositivo, con los que se pretende comprobar mediante el ensayo en uno o varios puntos de funcionamiento aislados (del inglés single test condition) los datos de potencia de un turbocargador. Esta comprobación pretende ofrecer una comparación directa de puntos de funcionamiento del funcionamiento normal con los del banco de pruebas y, de este modo hacer que de los resultados de medición comparables en la estación de pruebas se obtengan los del funcionamiento normal. Sin embargo, no está previsto ningún tipo de disposición para poder detectar posibles causas de fallos mediante una posible adaptación específica de los parámetros de ensayo y del funcionamiento en el borde o por fuera del margen de funcionamiento normal.

- 5 El documento DE 102008031274 B3 revela un procedimiento y un dispositivo para establecer diagramas característicos de un turbocargador. En el procedimiento descrito se superpone una pulsación ajustable a una corriente másica de gas caliente constante, para de este modo simular el comportamiento de un motor de combustión interna con uno o varios cilindros y así poder determinar unos diagramas característicos cercanos a la realidad. El trasfondo del procedimiento es el funcionamiento del turbocargador con la llamada “carga por choque”, en la que se aprovecha la energía del impulso del gas de escape al abrir una válvula de gas de escape. El principio del ensayo aquí descrito, sin embargo, no sirve para el diagnóstico de fallos o el ensayo de funcionamiento, sino para establecer unos diagramas característicos lo más cercanos a la realidad en un banco de pruebas de gas caliente.
- 10 Por ello el objeto de la presente invención consistía en exponer un procedimiento y una instalación de ensayo para turbomáquinas, que permitiese un ensayo de estos componentes sencillo, económico y aún así con gran valor informativo.
- 15 Para solucionar este objeto el procedimiento está caracterizado, conforme a la invención, porque la pieza a ensayar se integra en una instalación de ensayo y mediante esta instalación de ensayo recibe solamente de forma pulsatoria un gas, de forma preferida aire comprimido, en donde se establecen eventuales fallos a partir del comportamiento dinámico de la pieza a ensayar, resultante del al menos un impulso de presión de gas. De este modo puede prescindirse de un ensayo en caliente así como del ensayo de puntos de funcionamiento estacionarios mediante gas comprimido. En lugar de ello se lleva a cabo como base el ensayo giratorio con un impulso de presión de gas en conjunción con una detección y análisis dinámico de valores de medición, lo que hace posible una detección de fallos prematura y económica. La expresión “impulso de presión” se define de forma correspondiente a la definición habitual como aumento y descenso de presión breve o a la inversa, al contrario que en los procedimientos de ensayo conocidos, que trabajan con unas corrientes de gas fundamentalmente constantes. La pieza a ensayar recibe de forma preferida al menos dos impulsos de presión de gas, dado el caso con diferente potencia energética.
- 20 Conforme a una variante de realización ventajosa, la potencia energética de al menos un impulso de presión de gas puede aumentarse mediante un caldeo o calentamiento adicional.
- 25 Otra variante de realización del procedimiento está caracterizada porque la pieza a ensayar se hace funcionar en una dirección de funcionamiento normal, en la que a una entrada de gas o dado el caso a todas las entradas de gas en la pieza a ensayar se aplica el impulso de presión de gas.
- 30 Otra variante para el ensayo rotatorio está caracterizada porque la pieza a ensayar se hace funcionar mediante la aplicación a la o a cada salida de gas de la pieza a ensayar de al menos un impulso de presión de gas, en la dirección de flujo inversa a la dirección de funcionamiento normal.
- Para un ajuste más preciso respecto a la respectiva pieza a ensayar o la aplicación de ensayo concreta del impulso de presión de gas, puede estrangularse ventajosamente, de forma variable, de forma preferida en o en las proximidades de la pieza a ensayar.
- 35 De forma similar puede realizarse un ajuste del ensayo por medio de que se estrangule preferiblemente de forma variable un flujo de gas procedente de la pieza a ensayar, producido mediante el accionamiento de la pieza a ensayar a través del impulso de presión de gas y separada del mismo, en o en las proximidades de la pieza a ensayar.
- 40 Otra forma de realización de la invención prevé que, además del ensayo rotatorio y preferiblemente antes de su realización, se realicen otros ensayos, por ejemplo un control de integridad y/o dimensional, un control mecánico, acústico, óptico y/o visual, una prueba de estanqueidad de la pieza a ensayar en cuanto o falta de estanqueidad interna y/o externa, una prueba de flujo del sistema de lubricación con un gas de ensayo, de forma preferida con aire, o una comprobación de los sensores y actuadores pertenecientes a la pieza a ensayar, en donde de forma preferida a los actuadores pertenecientes a la pieza a ensayar se aplican unas fuerzas adicionales y/o a los
- 45 sensores pertenecientes a la pieza a ensayar se aplican unas señales externas.
- Antes del desarrollo del ensayo se lleva a cabo ventajosamente una identificación automatizada al menos del tipo de producto de la pieza a ensayar mediante el sistema de medición y/o control de la instalación de ensayo y, después, se lleva a cabo el desarrollo del ensayo en función del resultado de la identificación, y la identificación del tipo de producto se realiza de forma preferida mediante la detección de características físicas de la pieza a ensayar como
- 50 por ejemplo tamaño, peso o forma, respectivamente la identificación del tipo de producto o de la pieza a ensayar en sí mismo mediante la consulta o identificación de una caracterización individual, o bien la identificación del tipo de producto o de la pieza a ensayar en sí misma se deriva del sistema guía del proceso mediante informaciones electrónicas.

5 Otra forma de realización de la invención prevé que, mediante la unión al menos de algunos sensores y actuadores de la pieza a ensayar así como al menos de algunos sensores y actuadores del banco de pruebas al menos a un sistema de medición y/o control, se realice un desarrollo al menos parcialmente automático del ensayo, en donde se desarrolla un programa de ensayo dado el caso variable y en donde, de forma preferida, al menos algunos de los valores de medición se recogen parcial o totalmente de forma automática, se archivan y se ponen a disposición para un análisis manual y/o automático.

Puede estar previsto ventajosamente que el desarrollo del ensayo se lleve a cabo de forma variable en función del resultado de unos o varios ensayos anteriores y/o en función de condiciones ambientales.

10 Otra variante ventajosa está caracterizada porque se lleva a cabo un análisis automático de los resultados del ensayo en cuanto a desviaciones respecto a unos valores fijos pre-ajustables o en función del resultado de uno o varios ensayos anteriores y/ de condiciones ambientales de valores variables, la pieza a ensayar se clasifica de forma correspondiente y de forma preferida los resultados del ensayo de archivan y/o se presentan, en donde de forma preferida se archivan localmente en la instalación de ensayo y/o en un sistema prioritario parámetros de ensayo algunos o todos los utilizados, así como los resultados de medición y análisis, en conjunción con una
15 marcación de identificación clara de la pieza a ensayar.

De forma preferida se lleva a cabo un análisis automático de los resultados del ensayo en cuanto a posibles causas de desviaciones respecto al estado normal, se emiten unas indicaciones correspondientes para eliminar las desviaciones y se archivan y/o presentan con los resultados del ensayo.

20 A este respecto puede estar previsto que se detecte al menos un valor de medición dinámicamente basado en el tiempo, dinámicamente basado en el número de revoluciones o dinámicamente basado en el ángulo de giro.

Otra variante de realización alternativa de la invención está caracterizada porque la pieza a ensayar se hace funcionar con el suministro de lubricante externo desconectado.

25 Alternativamente puede realizarse una lubricación de la pieza a ensayar con un lubricante adaptado al ensayo, el cual se alimente con unas características técnicas constantes, respectivamente se acondicione de forma correspondiente a los requisitos del ensayo. La viscosidad del aceite existente en funcionamiento normal a la temperatura de funcionamiento habitual puede reproducirse o variarse específicamente, mediante la utilización de aceites muy fluidos o poco fluidos a unas temperaturas que pueden elegirse libremente para el ensayo, de tal manera que puedan diagnosticarse mejor fallos en el sistema de lubricación y/o en el punto de apoyo. Las características necesarias del lubricante se obtienen de las condiciones del ensayo, en especial fundamentalmente
30 de los números de revoluciones conseguidos durante el desarrollo de la prueba y de los requisitos específicos del producto. Mediante un acondicionamiento adecuado puede regularse una temperatura deseada del lubricante, que es responsable junto con el lubricante especial elegido, de la viscosidad deseada.

35 A este respecto está previsto de forma preferida que se vigile el lubricante alimentado a la pieza a ensayar, por ejemplo que se detecte y valore su corriente volumétrica y/o másica o la temperatura del lubricante que sale de la pieza a ensayar.

40 Una forma de realización particularmente ventajosa está caracterizada porque la detección del número de revoluciones y/o la detección del ángulo de giro de la pieza a ensayar se realice mediante un procedimiento sin contacto, por ejemplo óptica, magnética, acústica, electromagnética o radioeléctricamente, y de forma preferida con una resolución tan alta, que en todo el margen del número de revoluciones del objeto del ensayo puedan reconocerse las hojas individuales de turbina y/o compresor.

De forma preferida se miden a este respecto corriente volumétrica y/o másica y/o temperatura y/o presión del impulso de presión de gas a la entrada y/o del gas a la salida de la pieza a ensayar, de forma preferida dinámicamente.

45 También pueden detectarse emisiones acústicas del cuerpo o del aire en uno o varios puntos en la pieza a ensayar y/o en el banco de pruebas, estática y/o dinámicamente, dado el caso también sin contacto.

También es posible una medición preferiblemente dinámica de corriente volumétrica y/o másica y/o temperatura y/o presión del gas a la entrada y/o a la salida de una segunda máquina acoplada a la pieza a ensayar, por ejemplo de un compresor.

50 Para la instalación de prueba, como se ha descrito al comienzo, el objeto impuesto es resuelto conforme a la invención por medio de que la fuente para aplicar la o cada entrada de gas a la pieza a ensayar, dado el caso alternativa o adicionalmente también de la o de cada salida de gas, está diseñada con al menos un impulso de

presión de gas, y de que en la instalación de análisis se vigila el comportamiento dinámico de la pieza a ensayar, resultante del impulso de presión de gas, y a partir de esto se establecen los fallos.

Una forma de realización ventajosa del dispositivo está caracterizada porque la fuente está diseñada para aplicar a la pieza a ensayar al menos dos impulso de presión de gas, dado el caso con diferente potencia energética.

5 De forma preferida está prevista una instalación adicional para caldear o calentar el gas sometido a presión.

Asimismo puede estar prevista ventajosamente una instalación de estrangulamiento de forma preferida ajustable para el gas sometido a presión en o en las proximidades de la o de cada entrada de gas en la pieza a ensayar y/o en o en las proximidades de la o de cada salida de gas posible desde la pieza a ensayar.

10 Pueden estar previstas ventajosamente otras instalaciones de ensayo, por ejemplo para un control de integridad y/o dimensional, un control mecánico, acústico, óptico y/o visual, una prueba de estanqueidad de la pieza a ensayar en cuanto a falta de estanqueidad interna y/o externa, una prueba de flujo del sistema de lubricación con un gas de ensayo, de forma preferida con aire, o una comprobación de los sensores y actuadores pertenecientes a la pieza a ensayar, de forma preferida mediante la aplicación de fuerzas y/o señales externas.

15 Una instalación de ensayo conforme a la invención también puede estar caracterizada porque estén integradas unas instalaciones para la identificación automatizada al menos del tipo de producto de la pieza a ensayar en el sistema de medición y/o control de la instalación de ensayo, y porque de forma preferida en el sistema de control se realiza un desarrollo, en el que se lleva a cabo el desarrollo del ensayo en función del resultado de la identificación.

20 A este respecto están previstas unas instalaciones para la identificación del tipo de producto, de forma preferida mediante la detección de características físicas de la pieza a ensayar como por ejemplo tamaño, peso o forma, o mediante la consulta o identificación de una caracterización individual, o bien mediante informaciones electrónicas procedentes del sistema guía del proceso.

25 La instalación de ensayo puede presentar también ventajosamente las características de que al menos algunos sensores y actuadores de la pieza a ensayar así como al menos algunos sensores y actuadores del banco de pruebas están unidos al menos a un sistema de medición y/o control, en el que se realiza un desarrollo al menos parcialmente automático del ensayo, en el que al menos algunos de los valores de medición se recogen parcial o totalmente de forma automática, se archivan y se ponen a disposición para un análisis manual y/o automático.

Conforme a una posible forma de realización de la instalación de ensayo está previsto un sistema para suministrar a la pieza a ensayar un lubricante adaptado al ensayo que, dado el caso, comprende un sistema acondicionador para el lubricante.

30 Una forma de realización de este tipo está caracterizada ventajosamente además porque están previstas unas instalaciones para vigilar el lubricante alimentado a la pieza a ensayar, por ejemplo su corriente volumétrica y/o másica o la temperatura del lubricante que sale de la pieza a ensayar.

35 Otra forma de realización alternativa de la invención está caracterizada porque están previstas unas instalaciones para la detección del número de revoluciones y/o la detección del ángulo de giro de la pieza a ensayar, sin contacto y de forma preferida con una alta resolución, por ejemplo mediante detectores ópticos, magnéticos, acústicos, electromagnéticos o radioeléctricos.

40 También pueden estar previstas unas instalaciones para el establecimiento preferiblemente dinámico de la corriente volumétrica y/o másica y/o de la temperatura y/o de la presión del impulso de presión de gas a la entrada y/o del gas a la salida de la pieza a ensayar y/o, dado el caso, unas instalaciones sin contacto para establecer las emisiones acústicas del cuerpo o del aire en uno o varios puntos en la pieza a ensayar y/o en el banco de pruebas.

En la siguiente descripción se pretende explicar con más detalle la invención haciendo referencia al dibujo adjunto.

La figura del dibujo muestra un croquis esquemático de un dispositivo de ensayo conforme a la invención para turbomáquinas.

45 Los procedimientos y dispositivos que se describen a continuación hacen posible la detección fiable, temprana y económica de fallos en turbomáquinas, que desde ahora también reciben alternativamente el nombre de pieza a ensayar. Dentro del término turbomáquinas se incluyen aquí todo tipo de turbinas, que transforman la energía de un portador de energía gaseoso o líquido en energía mecánica, y todo tipo de compresores rotatorios o bombas, que transforman energía mecánica en una energía gaseosa o líquida. También entran dentro del término de pieza a ensayar, en el marco de la presente invención, las combinaciones de estas máquinas acopladas mecánicamente
50 directamente o a través de una transmisión, ya se trate por ejemplo de turbocargadores para motores de combustión

interna o turbomotores para aviones. Las características que se explican a continuación pueden aplicarse a cualquier clase de las citadas piezas a ensayar, individualmente o en combinación.

Las máquinas ensayadas según el procedimiento descrito pueden ensayarse a continuación en condiciones de funcionamiento, sin tener que temer fallos de funcionamiento. Por medio de lo mencionado pueden acortarse los procesos de ensayo y se evita una ocupación múltiple con turbomáquinas defectuosas y reparadas a continuación, lo que conduce a una rentabilidad claramente mejorada de la instalación de ensayo que con frecuencia comprende varios bancos de pruebas. A gran escala las turbomáquinas ensayadas según los procedimientos descritos pueden entregarse en su mayoría sin una prueba final en condiciones de funcionamiento. Para obtener un aseguramiento de calidad fiable es suficiente un control aleatorio de los datos de potencia y/o emisiones según las normas reconocidas del control de procesos estadístico (SPC). Partiendo de la entrega de turbomáquinas, hasta ahora casi siempre sin ensayar, con el procedimiento descrito se consigue una importante mejora de calidad y una rastreabilidad de las turbomáquinas producidas. En comparación con un ensayo de las turbomáquinas 1 en condiciones de funcionamiento pueden conseguirse unos ahorros considerables en energía, tiempo de trabajo e inversión.

A una turbina 1 está unido por ejemplo mecánicamente un compresor 2 a través de la unión mecánica 3, en donde aquí esta disposición conjunta representa la pieza a ensayar. Para el accionamiento de la pieza a ensayar 1, 2, 3 en el marco del ensayo de funcionamiento conforme a la invención se utiliza a continuación un impulso de presión de gas breve procedente de una fuente de presión de gas 4 y el comportamiento dinámico de ello resultante se utiliza para la detección de fallos. A este respecto se utiliza de forma preferida aire comprimido, aunque en caso necesario pueden utilizarse también otros gases. Como fuente de presión de gas 4 se emplea habitualmente un recipiente de presión de gas adaptado al ensayo requerido en las proximidades de la instalación de ensayo, que puede formar parte de un sistema, que se compone de varias instalaciones de ensayo, de forma preferida encadenadas. A este respecto se aplican para ello normalmente a la pieza a ensayar 1, 2, 3 exclusivamente unos impulsos cortos, claramente delimitados, del gas respectivo, que no están superpuestos a una corriente de gas fundamentalmente constante. De forma ventajosa se utiliza más de un solo impulso de presión de gas para el ensayo, en donde se utilizan de forma preferida al menos dos, dado el caso varios impulsos de presión de gas con diferente potencia energética. La potencia energética de cualquier impulso de presión de gas aplicado a la pieza a ensayar puede aumentarse mediante un caldeo o calentamiento adicional, por ejemplo a través de un calentamiento de gas 5.

El impulso de presión de gas que acciona la pieza a ensayar 1, 2, 3 puede controlarse a través de la válvula 6 y estrangularse, de forma preferida a través de un dispositivo de estrangulamiento 7, en o en las proximidades de la entrada de gas de la pieza a ensayar 1, 2, 3, en donde el dispositivo de estrangulamiento 7 está realizado preferiblemente de forma ajustable. A través de una instalación de medición 8 para el flujo másico y/o la corriente volumétrica y/o la presión y/o la temperatura en la entrada de gas de la pieza a ensayar 1, 2, 3 y una instalación de medición 9 para el flujo másico y/o la corriente volumétrica y/o la presión y/o la temperatura en la salida de gas de la pieza a ensayar 1, 2, 3 se establecen unos valores de medición correspondientes y se transmiten al dispositivo de análisis del banco de pruebas.

Como se ha descrito anteriormente para la entrada de gas, también la salida de gas puede estrangularse en o en las proximidades de la salida desde la pieza a ensayar 1, 2, 3, de forma estática o variable, para lo cual está previsto el dispositivo de estrangulamiento 10 ajustable de forma preferida.

Sin embargo, también es posible influir en el movimiento giratorio de la pieza a ensayar con información sobre su estado a través de la máquina 2 acoplada mecánicamente. Para poder controlar con precisión esta influencia, conforme a un ejemplo de realización de la invención se estrangula la entrada de gas en esta máquina 2, realizada casi siempre como compresor, de forma estática o variable. Para ello está previsto un dispositivo de estrangulamiento 11 de forma preferida ajustable en la entrada de gas de la máquina 2, acoplada como unión mecánica 3 por ejemplo a través de un árbol o un engranaje. También aquí pueden estar previstas ventajosamente al menos una instalación de medición 12 para el flujo másico y/o la corriente volumétrica y/o la presión y/o la temperatura en la entrada de gas de la máquina acoplada 2 así como también una instalación de medición 13 para el flujo másico y/o la corriente volumétrica y/o la presión y/o la temperatura en la salida de gas de la máquina acoplada 2. Es posible un ajuste particularmente fino si a través de un dispositivo de estrangulamiento 14, preferiblemente de forma ajustable, en la salida de gas de la máquina acoplada 2 se estrangula preferiblemente de forma variable la salida de gas de esta máquina 2.

En realidad puede influirse en la pieza a ensayar 1, 2, 3 indirectamente a través de la máquina 2 acoplada mecánicamente, lo que también puede materializarse a través de impulsos de presión de gas que actúan adicionalmente sobre la máquina 2 de forma que accionan y/o frenan. Para ello puede estar conectado un acumulador de gas 21 rígido o flexible, adaptado al ensayo, en o en las proximidades de una o varias entradas y/o salidas de gas de la segunda máquina 2 acoplada mecánicamente. En cualquier caso la fuente de presión de gas 4 puede utilizarse también adicionalmente como fuente de presión de gas para la máquina 2.

Sin embargo, la fuente de presión de gas 4 no sólo puede actuar sobre la entrada de gas de la pieza a ensayar 1, 2, 3, sino también sobre su salida de gas, de tal modo que la pieza a ensayar 1, 2, 3 en cualquier caso también puede hacerse funcionar en la dirección de flujo inversa.

5 Como ya se ha mencionado anteriormente, una o varias de las instalaciones de ensayo pueden estar integradas en el proceso de producción de las turbomáquinas. En lugar de una naturalmente también posible carga o descarga manual, respectivamente adaptación o desadaptación de la instalación de ensayo, está previsto ventajosamente que las piezas a ensayar 1, 2, 3 de la instalación de ensayo se alimenten a la instalación de ensayo o se evacuen desde la misma mediante un sistema de transporte de forma parcial o totalmente automática. También el montaje o
10 desmontaje y/o la adaptación o desadaptación de las piezas de ensayo 1, 2, 3 en el banco de pruebas se lleva a cabo de forma preferida de forma parcial y/o totalmente automática. A este respecto todos los desarrollos para la carga y descarga así como para el montaje/desmontaje y la adaptación/desadaptación son vigilados ventajosamente desde un sistema de control y/o controlados de forma parcial o totalmente automática.

15 A través del sistema de control del banco de pruebas o de toda la instalación se establece ventajosamente el tipo de producto preciso de la pieza a ensayar 1, 2, 3 antes de y/o durante la entrega y se adapta al proceso ulterior de montaje/desmontaje, adaptación/desadaptación y naturalmente también de forma correspondiente al ensayo. El establecimiento de tipo puede realizarse a este respecto tanto mediante la detección de características físicas de la propia pieza a ensayar 1, 2, 3 (p.ej. tamaño, peso, forma o marcación especial) como mediante la consulta y/o aportación de informaciones mecánicas o electrónicas (p.ej. codificación mecánica, soporte de datos u ordenador prioritario) o una combinación de estas posibilidades.

20 Antes del ensayo rotatorio se lleva a cabo convenientemente un control de integridad y/o dimensional con procedimientos de ensayo apropiados (p.ej. mecánica, acústica, óptica y/ o visualmente (sistema de cámaras)), al igual que ventajosamente una prueba de estanqueidad de una o varias cámaras de la máquina en busca de faltas de estanqueidad internas y/o externas. Otros pasos de procedimiento adicionales pueden ser que, antes y/o durante el ensayo rotatorio, los sensores y actuadores pertenecientes a la pieza a ensayar se ensayen y/o accionen, que
25 antes y/o durante el ensayo rotatorio se apliquen a los actuadores pertenecientes a la pieza a ensayar 1, 2, 3 unas fuerzas adicionales y/o que antes y/o durante el ensayo rotatorio se apliquen unas señales externas a los sensores pertenecientes a la pieza a ensayar.

30 Para el verdadero ensayo de la turbomáquina está previsto ventajosamente que algunos o todos los sensores y actuadores de la pieza a ensayar 1, 2, 3 así como todos los sensores y actuadores del banco de pruebas estén conectados a uno o varios sistemas de medición y/o control, que vigilan y controlan el desarrollo parcial o totalmente automático del ensayo. A este respecto el sistema de medición y/o control activo en cada caso puede llevar a cabo un ensayo parcial o totalmente automático de la pieza a ensayar según un programa de ensayo prefijado y/o variable (p.ej. en función de resultados de ensayos anteriores con otros bancos de pruebas y/o ensayos anteriores en el mismo banco de pruebas y/o condiciones ambientales). Los valores de medición de aquí resultantes son recogidos
35 por el uno o los varios sistemas de medición y/o control de forma parcial o totalmente automática, dado el caso archivados y/o puestos a disposición para un análisis manual y/o automático. Algunos o todos los valores de medición pueden detectarse tanto estática como dinámicamente en base al tiempo, alternativa o adicionalmente también tanto estática como dinámicamente en base al número de revoluciones y/o en base al ángulo de giro.

40 Es particularmente ventajosa una detección sin contacto de la pieza a ensayar 1, 2, 3 a través del detector de número de revoluciones 15 sin contacto, por ejemplo óptica, magnética, acústica, electromagnética (corriente parásita) o radioeléctricamente (radar). A este respecto la detección del número de revoluciones se realiza de forma preferida con una resolución tan alta, que a través de todo el margen de número de revoluciones del objeto del ensayo pueden reconocerse las hojas individuales de turbina y/o compresor.

45 También la corriente volumétrica y/o másica y/o la temperatura y/o la presión del impulso de presión de gas se miden estática y/o dinámicamente, ya sea a la salida de la turbomáquina 1 de la pieza a ensayar 1, 2, 3 y/o a la entrada y/o a la salida de la segunda máquina 2 (p.ej. compresor) acoplada mecánicamente. Como procedimientos de ensayo adicionales pueden detectarse también estática y/o dinámicamente emisiones acústicas del cuerpo y/o del aire en uno o varios puntos en la pieza a ensayar 1, 2, 3 y/o en el banco de pruebas, a través detectores acústicos del cuerpo 16, 17 en la pieza a ensayar 1, 2, 3 y la máquina acoplada 2 así como dado el caso unos
50 detectores acústicos del aire 18. La detección acústica del cuerpo puede realizarse a este respecto con detectores de oscilaciones en contacto con piezas constructivas o instalados fijamente en el banco de pruebas y/o con detectores de oscilaciones sin contacto (p.ej. láser o ultrasonidos).

Mientras que la pieza a ensayar 1, 2, 3 en el marco del ensayo conforme a la invención también puede hacerse funcionar dado el caso sin lubricante, está prevista de forma preferida una lubricación con un lubricante adaptado al
55 ensayo, que se alimenta con unas características técnicas constantes. El lubricante puede presentarse por ejemplo una viscosidad diferente a la del funcionamiento normal de la pieza a ensayar, y puede calentarse y/o refrigerarse en particular de forma correspondiente a los requisitos del ensayo. También las características y los estados del lubricante después de salir de la pieza a ensayar pueden ofrecer información adicional sobre la pieza a ensayar 1, 2,

3, de tal manera que también pueden estar previstas al menos una instalación de medición 19 para el flujo másico y/o la corriente volumétrica Y/o la presión y/o la temperatura en la salida de lubricante así como una instalación de medición 20 para la temperatura en la salida de lubricante.

5 Antes del ensayo rotatorio de la pieza a ensayar 1, 2, 3 es ventajoso a este respecto un ensayo de flujo del sistema de lubricación con aire o un gas de ensayo. En el marco del ensayo está previsto después ventajosamente que la corriente volumétrica y/o másica del suministro de lubricante se detecte y valore estática y/o dinámicamente, al igual que puede detectarse y analizarse estática y/o dinámicamente la temperatura del lubricante que sale.

10 Los valores de medición recogidos y archivados durante el ensayo de la pieza a ensayar 1, 2, 3 por uno o varios sistemas de medición y/o control pueden comprobarse ventajosamente también automáticamente mediante este o estos sistemas o, sin embargo, también mediante otro sistema independiente en cuanto a desviaciones respecto a unos valores límite definidos fijamente y/o variables. Según el resultado de esta comprobación la pieza a ensayar 1, 2, 3 puede clasificarse automáticamente y también caracterizarse, por ejemplo mediante marcación en la propia pieza constructiva, mediante impresión o electrónicamente sobre un soporte de datos o en un ordenador descentralizado o central. La clasificación con los resultados del ensayo se archivan y/o presentan convenientemente. Otra posibilidad es el análisis automático de los resultados del ensayo en cuanto a posibles causas de desviaciones respecto al estado normal, en donde pueden emitirse adicionalmente también unas indicaciones correspondientes para la eliminación de las desviaciones y archivar y/o presentarse con los resultados del ensayo. El sistema o varios sistemas de medición y/o control pueden transmitir automáticamente algunos o todos los valores de medición detectados y los resultados del ensayo establecidos, después de un almacenamiento intermedio local, a un ordenador prioritario, en donde pueden asegurarse, analizarse y archivar para análisis ulteriores con independencia del funcionamiento de producción en el banco de pruebas. A la inversa, cada uno de los sistemas de medición y/o control puede extraer los parámetros de ensayo más actuales automáticamente desde un ordenador central prioritario y almacenarlos localmente de forma intermedia, por ejemplo para evitar una parada de producción en el caso de una caída de la red. A este respecto es también naturalmente conveniente que algunos o todos los parámetros de ensayo utilizados y los resultados de medición y análisis se archiven, en conjunción con una marcación de identificación clara de la pieza constructiva ensayada, en el sistema de medición y/o control local y/o en el ordenador prioritario.

30 Para asegurar la rastreabilidad de todas las piezas, éstas se proveen habitualmente de una marcación de identificación clara, y todos los datos que aparezcan en el proceso de producción se asocia a esta marcación de identificación. Dado el caso la marcación de identificación puede adjudicarse también virtualmente al comienzo del proceso y almacenarse de forma intermedia en unos medios de almacenamiento adecuados (p.ej. soporte de datos del soporte de pieza de trabajo u ordenador prioritario), antes de que se aplique físicamente a la pieza constructiva la marcación definitiva en el transcurso o al final del proceso de producción (p.ej. marcación sólo después de que haya concluido el ensayo de E/S (del inglés IO)).

35 Las características anteriormente expuestas del procedimiento del ensayo así como del sistema de ensayo también deben tenerse en cuenta en el contexto prioritario del aseguramiento de la calidad en la fabricación de las turbomáquinas. Ya hoy en día se integran pruebas de calidad aisladas en prácticamente todos los procesos de producción de la fabricación en serie. En la mayoría de los casos aplicativos se comprueban en estos ensayos unas características de fallos específicas – ligadas al inconveniente de que, por definición, los fallos ligados a un riesgo bajo no se buscan y de este modo tampoco de detectan. El procedimiento que se describe a continuación para asegurar la calidad de turbomáquinas en la producción en serie reduce el riesgo de una detección insuficiente de fallos en el proceso de producción y conduce a un ahorro considerable de costes frente a un ensayo completo (que no se realiza hoy en día normalmente) de todas las piezas aisladas en busca de características de fallos específicas.

45 En lugar de ensayos aislados en busca de características de fallos específicas en piezas aisladas se llevan a cabo ensayos de unidades funcionales, en las que un gran número de fallos posibles (y posiblemente inesperados) conducen a un resultado del ensayo que difiere del “estado normal”. El punto de partida para la definición de las instalaciones de ensayo necesarias en el marco de este procedimiento es la creación de un “FMEA de proceso” (Análisis de Modos y Efectos de Fallos), conocido de forma general en el planeamiento del desarrollo y de la producción. En el mismo se filtran los fallos que se consideran críticos y se definen unas contramedidas para reducir el riesgo. Por motivos económicos, sin embargo, en la práctica casi nunca es posible impedir todos los fallos (es decir, también los que tienen un bajo riesgo pronosticado) con ayuda de contramedidas en el lugar o en las proximidades de su aparición.

55 Aquí se aplica ahora el nuevo procedimiento para el aseguramiento de la calidad en el proceso de producción. En un primer paso se intenta en primer lugar evitar posibles fallos con un riesgo elevado en el lugar o en las proximidades de su aparición (p.ej. mediante medidas constructivas o mejoras del proceso). En un segundo paso se comprueba el análisis FMEA (mejorado), con la finalidad de saber con qué métodos de ensayo y en qué puntos del proceso de producción puede hacerse visible cada fallo aislado. En un tercer paso se comprueba qué métodos de ensayo en qué puntos del proceso de producción pueden detectar la máxima amplitud de banda de fallos y qué diferentes métodos de ensayo pueden reunirse en un punto del proceso de producción.

A este respecto el objetivo es la definición de las menos posibles instalaciones de ensayo, que se disponen en puntos importantes “estratégicos” del proceso de producción y actúan prácticamente como “red de seguridad”. En suma las instalaciones de ensayo definidas deben ser capaces de detectar un número máximo de fallos diferentes – en un caso ideal también aquellos que “en realidad” no deberían producirse.

5 En un último paso se realiza un análisis económico del concepto de aseguramiento de calidad desarrollado. En el mismo deben incluirse, aparte de los costes de inversión para la o las instalaciones de ensayo (que pueden ser mayores para una única instalación de ensayo compleja que para varias instalaciones de ensayo sencillas), también los costes para la infraestructura (p.ej. edificios), las instalaciones de abastecimiento y desabastecimiento, los costes de energía, los costes de producción y sobre todo también los costes de mantenimiento (que en pocas instalaciones de ensayo centrales son normalmente claramente menores que en muchas instalaciones de ensayo descentralizadas). Un factor importante de las consideraciones económicas, sin embargo, son también los costes para la reparación (o destrucción) del producto ensayado, en el caso de que se detecte un fallo en la estación de pruebas. Cuanto mayores se hagan estos costes en el transcurso del proceso de producción, más pronto el análisis económico conducirá a distribuir los procesos de ensayo entre varias instalaciones en el proceso de producción.

15 Para la aplicación especial de estos principios en el proceso de producción de turbomáquinas se dispone de procedimientos individuales, conocidos de la producción en serie de motores y transmisiones en la industria automovilística, que comprenden la comprobación en todas las piezas aisladas durante y tras finalizar el proceso de fabricación de si se cumplen las características físicas exigidas, la evitación de fallos de selección y montaje mediante métodos “a prueba de errores” (del japonés Poka-Yoke), la vigilancia de procesos de fabricación y montaje (p.ej. vigilancia de herramientas en máquinas de fabricación, vigilancia de fuerza/recorrido en procesos de ensamblaje, vigilancia de pares de giro/ángulos de giro en procesos de atornillado, control de aplicación de juntas líquidas), la comprobación de integridad, estanqueidad, fuerzas de rozamiento, contactos y funcionamiento en grupos constructivos montados parcial o totalmente, la comprobación de integridad, estanqueidad, fuerzas de rozamiento, contactos y funcionamiento del producto final montado por completo o casi por completo, sin que sea necesario hacerlo funcionar en condiciones de funcionamiento normales (como se ha descrito anteriormente en profundidad), así como la comprobación de integridad, estanqueidad, fuerzas de rozamiento, contactos, funcionamiento, potencia y emisiones en condiciones de funcionamiento normales del producto final montado por completo o casi por completo – ya sea como ensayo al 100% para ajuste y comprobación de potencia y emisiones o como control de calidad en el marco de un control de proceso estadístico (SPC) – en un banco de pruebas de potencia especial o incorporado al producto final.

Conforme a los resultados del análisis económico se eligen los procedimientos de ensayo necesarios, prácticos y económicamente justificables de entre los procedimientos anteriormente expuestos. A este respecto el objetivo es la detección del mayor número posible de posibles fallos con el menor número posible de ensayos. A este respecto adquiere una importancia particular la comprobación de integridad, estanqueidad, fuerzas de rozamiento, contactos y funcionamiento en los grupos constructivos y productos finales montados de parcial a completamente. Por último se realiza una integración sin interrupciones en el proceso de producción previsto.

A este respecto es particularmente ventajoso que la comprobación de integridad, estanqueidad, fuerzas de rozamiento, contactos, funcionamiento, potencia y emisiones en el producto final montado por completo o casi por completo en condiciones de funcionamiento normales se lleve a cabo para el ajuste de la potencia y/o para el ajuste y/o la comprobación de emisiones (ensayo al 100%), o que sólo se lleve a cabo como control de calidad en el marco de un control de proceso estadístico (SPC) en una parte de la cantidad total producida.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para ensayar el funcionamiento de turbomáquinas, de forma preferida turbocargadores de gas de escape, en donde a la pieza a ensayar se aplica gas sometido a presión y ésta se hace funcionar por medio de lo mencionado, caracterizado porque la pieza a ensayar se integra en una instalación de ensayo y mediante esta instalación de ensayo recibe un gas, de forma preferida aire comprimido, con un impulso de presión de gas al que no está superpuesta ninguna corriente de gas fundamentalmente constante, en donde se establecen eventuales fallos a partir del comportamiento dinámico de la pieza a ensayar, resultante del al menos un impulso de presión de gas.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la pieza a ensayar recibe de forma preferida al menos dos impulsos de presión de gas, dado el caso con diferente potencia energética.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la potencia energética de al menos un impulso de presión de gas puede aumentarse mediante un caldeo o calentamiento adicional.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la pieza a ensayar se hace funcionar en una dirección de funcionamiento normal, en la que a una entrada de gas o dado el caso a todas las entradas de gas en la pieza a ensayar se aplica el impulso de presión de gas.
- 15 5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la pieza a ensayar se hace funcionar mediante la aplicación a la o a cada salida de gas de la pieza a ensayar de al menos un impulso de presión de gas, en la dirección de flujo inversa a la dirección de funcionamiento normal.
6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque el impulso de presión de gas se estrangula preferiblemente de forma variable en o en las proximidades de la pieza a ensayar.
- 20 7. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque se estrangula preferiblemente de forma variable un flujo de gas procedente de la pieza a ensayar, producido mediante el accionamiento de la pieza a ensayar a través del impulso de presión de gas y separado del mismo, en o en las proximidades de la pieza a ensayar.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque además del ensayo rotatorio y preferiblemente antes de su realización, se realizan otros ensayos, por ejemplo un control de integridad y/o dimensional, un control mecánico, acústico, óptico y/o visual, una prueba de estanqueidad de la pieza a ensayar en cuanto a falta de estanqueidad interna y/o externa, una prueba de flujo del sistema de lubricación con un gas de ensayo, de forma preferida con aire, o una comprobación de los sensores y actuadores pertenecientes a la pieza a ensayar, en donde de forma preferida a los actuadores pertenecientes a la pieza a ensayar se aplican unas fuerzas adicionales y/o a los sensores pertenecientes a la pieza a ensayar se aplican unas señales externas.
- 25 9. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque antes del desarrollo del ensayo se lleva a cabo ventajosamente una identificación automatizada al menos del tipo de producto de la pieza a ensayar mediante el sistema de medición y/o control de la instalación de ensayo y, después, se lleva a cabo el desarrollo del ensayo en función del resultado de la identificación, y la identificación del tipo de producto se realiza de forma preferida mediante la detección de características físicas de la pieza a ensayar como por ejemplo tamaño, peso o forma, respectivamente porque la identificación del tipo de producto o de la pieza a ensayar en sí mismo se realiza mediante la consulta o identificación de una caracterización individual, o porque la identificación del tipo de producto o de la pieza a ensayar en sí misma se deriva del sistema guía del proceso mediante informaciones electrónicas.
- 30 10. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque mediante la unión al menos de algunos sensores y actuadores de la pieza a ensayar así como al menos algunos sensores y actuadores del banco de pruebas al menos a un sistema de medición y/o control, se realiza un desarrollo al menos parcialmente automático del ensayo, en donde se desarrolla un programa de ensayo dado el caso variable y en donde de forma preferida al menos algunos de los valores de medición se recogen parcial o totalmente de forma automática, se archivan y se ponen a disposición para un análisis manual y/o automático.
- 35 11. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el desarrollo del ensayo se lleva a cabo de forma variable en función del resultado de unos o varios ensayos anteriores y/o en función de condiciones ambientales.
- 40 12. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se lleva a cabo un análisis automático de los resultados del ensayo en cuanto a desviaciones respecto a unos valores fijos pre-ajustables o en función del resultado de uno o varios ensayos anteriores y/ de condiciones ambientales de valores variables, la pieza a ensayar se clasifica de forma correspondiente y de forma preferida los resultados del ensayo de archivan y/o se presentan, en donde de forma preferida se archivan localmente en la instalación de ensayo y/o en un sistema prioritario algunos o todos los parámetros utilizados, así como los resultados de medición y análisis, en conjunción con una marcación de identificación clara de la pieza a ensayar.
- 45 50

13. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se lleva a cabo un análisis automático de los resultados del ensayo en cuanto a posibles causas de desviaciones respecto al estado normal, se emiten unas indicaciones correspondientes para eliminar las desviaciones y se archivan y/o presentan con los resultados del ensayo.
- 5 14. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se detecta al menos un valor de medición dinámicamente basado en el tiempo, dinámicamente basado en el número de revoluciones o dinámicamente basado en el ángulo de giro.
15. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la pieza a ensayar se hace funcionar con el suministro de lubricante externo desconectado.
- 10 16. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se realiza una lubricación de la pieza a ensayar con un lubricante adaptado al ensayo, el cual se alimenta con unas características técnicas constantes, respectivamente se acondiciona de forma correspondiente a los requisitos del ensayo.
- 15 17. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se vigila el lubricante alimentado a la pieza a ensayar, por ejemplo se detecta y analiza su corriente volumétrica y/o másica o la temperatura del lubricante que sale de la pieza a ensayar.
- 20 18. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la detección del número de revoluciones y/o la detección del ángulo de giro de la pieza a ensayar se realiza mediante un procedimiento sin contacto, por ejemplo óptica, magnética, acústica, electromagnética o radioeléctricamente, y de forma preferida con una resolución tan alta, que en todo el margen del número de revoluciones del objeto del ensayo pueden reconocerse las hojas individuales de turbina y/o compresor.
19. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se miden a este respecto corriente volumétrica y/o másica y/o temperatura y/o presión del impulso de presión de gas a la entrada y/o del gas a la salida de la pieza a ensayar, de forma preferida dinámicamente.
- 25 20. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque pueden detectarse emisiones acústicas del cuerpo o del aire en uno o varios puntos en la pieza a ensayar y/o en el banco de pruebas, estática y/o dinámicamente, dado el caso también sin contacto.
21. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se miden, de forma preferida dinámicamente, la corriente volumétrica y/o másica y/o temperatura y/o presión del gas a la entrada y/o a la salida de una segunda máquina acoplada a la pieza a ensayar, por ejemplo de un compresor.
- 30 22. Instalación de ensayo para turbomáquinas, de forma preferida turbocargadores de gas de escape, con un alojamiento para la pieza a ensayar, una fuente para gas sometido a presión, de forma preferida para aire comprimido, a la que puede unirse la pieza a ensayar, así como una instalación de análisis, caracterizada porque la fuente (4) para aplicar la o cada entrada de gas a la pieza a ensayar (1, 2, 3), dado el caso alternativa o adicionalmente también de la o de cada salida de gas, está diseñada con al menos un impulso de presión de gas, al que no está superpuesta ninguna corriente de gas fundamentalmente constante, y porque en la instalación de análisis se vigila el comportamiento dinámico de la pieza a ensayar (1, 2, 3), resultante del impulso de presión de gas, y a partir de esto se establecen los fallos.
- 35 23. Instalación de ensayo según la reivindicación 22, caracterizada porque la fuente (4) está diseñada para aplicar a la pieza a ensayar (1, 2, 3) al menos dos impulsos de presión de gas, dado el caso con diferente potencia energética.
- 40 24. Instalación de ensayo según la reivindicación 22 ó 23, caracterizada porque está prevista una instalación adicional (5) para caldear o calentar el gas sometido a presión.
- 45 25. Instalación de ensayo según la reivindicación 22, caracterizada porque está prevista una instalación de estrangulamiento (7, 10, 11, 14) de forma preferida ajustable para el gas sometido a presión en o en las proximidades de la o de cada entrada de gas en la pieza a ensayar (1, 2, 3) y/o en o en las proximidades de la o de cada salida de gas posible desde la pieza a ensayar (1, 2, 3).
- 50 26. Instalación de ensayo según la reivindicación 22, caracterizada porque al menos algunos sensores y actuadores de la pieza a ensayar (1, 2, 3) así como al menos algunos sensores y actuadores del banco de pruebas están unidos al menos a un sistema de medición y/o control, en el que se realiza un desarrollo al menos parcialmente automático del ensayo, en el que al menos algunos de los valores de medición se recogen parcial o totalmente de forma automática, se archivan y se ponen a disposición para un análisis manual y/o automático.

ES 2 554 161 T3

27. Instalación de ensayo según la reivindicación 22, caracterizada porque está previsto un sistema para suministrar a la pieza a ensayar (1, 2, 3) un lubricante adaptado al ensayo, que dado el caso comprende un sistema acondicionador para el lubricante.
- 5 28. Instalación de ensayo según la reivindicación 22, caracterizada porque están previstas unas instalaciones (19, 20) para vigilar el lubricante alimentado a la pieza a ensayar (1, 2, 3), por ejemplo su corriente volumétrica y/o másica o la temperatura del lubricante que sale de la pieza a ensayar (1, 2, 3).
- 10 29. Instalación de ensayo según la reivindicación 22, caracterizada porque están previstas unas instalaciones (15) para la detección del número de revoluciones y/o la detección del ángulo de giro de la pieza a ensayar (1, 2, 3), sin contacto y de forma preferida con una alta resolución, por ejemplo mediante detectores ópticos, magnéticos, acústicos, electromagnéticos o radioeléctricos.
- 15 30. Instalación de ensayo según la reivindicación 22, caracterizada porque está previstas unas instalaciones (8, 9, 12, 13) para el establecimiento preferiblemente dinámico de la corriente volumétrica y/o másica y/o de la temperatura y/o de la presión del impulso de presión de gas a la entrada y/o del gas, a la salida de la pieza a ensayar (1, 2, 3) y/o, dado el caso, unas instalaciones (16, 17, 18) sin contacto para establecer las emisiones acústicas del cuerpo o del aire en uno o varios puntos en la pieza a ensayar (1, 2, 3) y/o en el banco de pruebas.

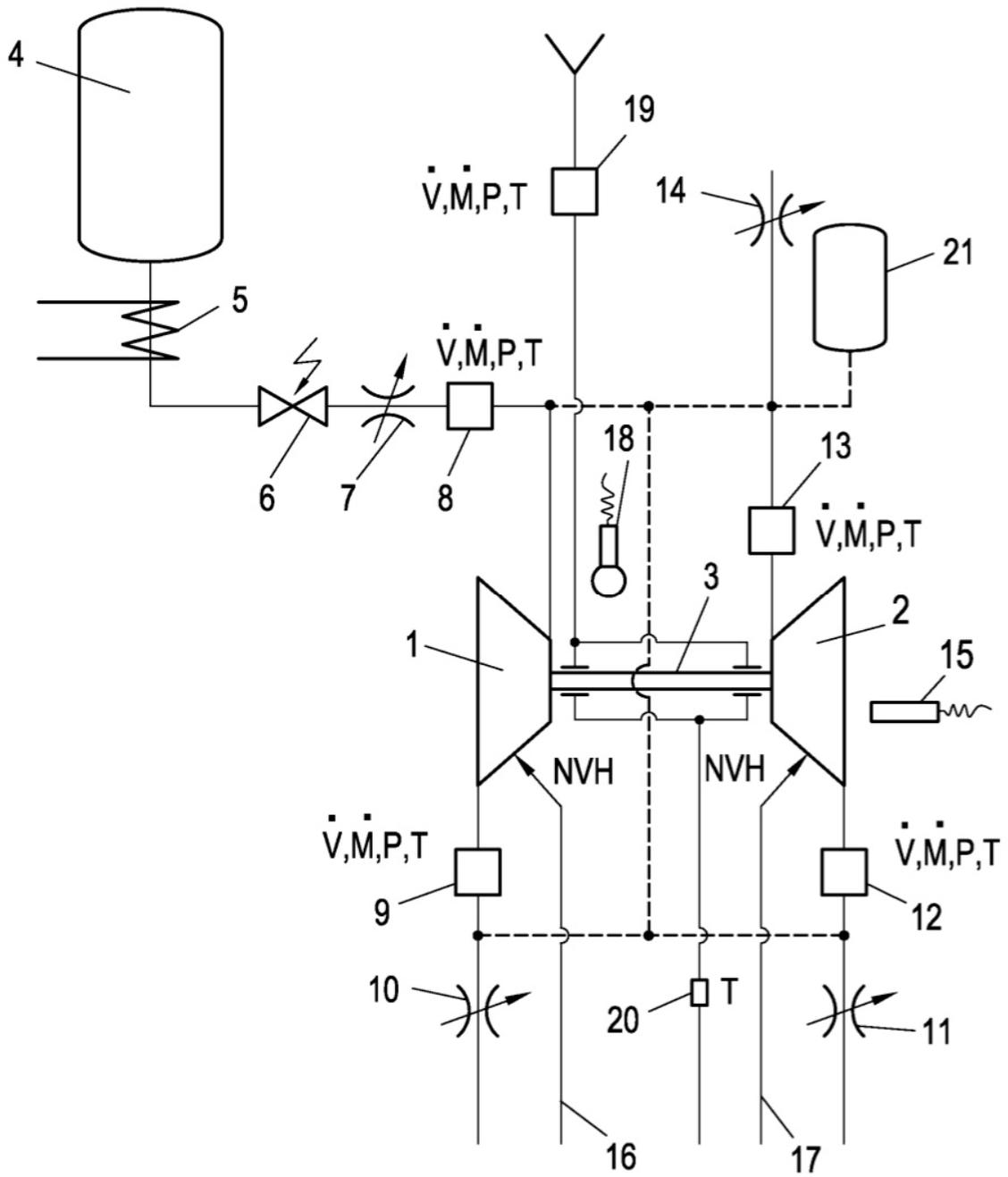


FIGURA 1