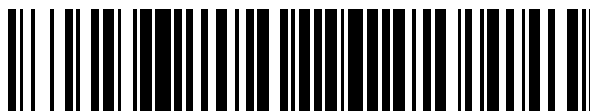


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 235**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/22** (2006.01)

**G01N 27/90** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2005** **E 05291252 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017** **EP 1605259**

54 Título: **Instalación de control no destructivo de una pieza**

30 Prioridad:

**11.06.2004 FR 0406340**

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

**14.03.2018**

73 Titular/es:

**SNECMA (100.0%)  
2 BOULEVARD DU GÉNÉRAL MARTIAL VALIN  
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**CABANIS, PATRICK;  
COULETTE, RICHARD y  
MARCEAU, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 659 235 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

Instalación de control no destructivo de una pieza

El invento se refiere a una instalación de control no destructivo de una pieza, especialmente de una pieza relativamente de grandes dimensiones y de forma compleja, como, por ejemplo, el rotor de un compresor de alta presión. El invento se refiere de una manera más particular a una disposición de detectores que permiten efectuar simultáneamente varias medidas y reducir, de esta manera, el tiempo de adquisición de datos los necesarios para evaluar el estado de la pieza.

Ciertas piezas de forma compleja y sometidas a esfuerzos mecánicos y térmicos importantes, como, por ejemplo, el rotor de un compresor de alta presión de un turborreactor, necesitan un control riguroso antes de su puesta en servicio o en el marco de una revisión rutinaria. Por ejemplo, tal rotor está constituido por unos discos soldados y separados unos de otros, en una aleación de titanio o a base de níquel, que incluye unas cavidades anulares reputadas como difícilmente accesibles. Diferentes defectos o degradaciones pueden afectar a este rotor y especialmente a los discos interiores. Por ejemplo, se sabe que la aleación de titanio de la que están hechos puede encerrar inclusiones. Estas heterogeneidades crean zonas de debilidad en el metal. Pueden ser detectadas, por ejemplo, mediante un examen con ultrasonidos como el descrito en el documento US5781007.

La aparición de fisuras, especialmente después de un cierto tiempo de explotación, es posible igualmente. Estos defectos pueden, por ejemplo, ser detectados mediante un examen por medio de una sonda de corrientes de Foucault. No se había contemplado hasta ahora controlar los discos interiores de una pieza como ésta. El invento permite realizar esta operación.

De una manera más particular, el invento se refiere a una instalación de control no destructivo de una pieza según la reivindicación 1.

La superficie a controlar no es completamente plana: se llama "evolutiva", radialmente.

En un modo de realización preferido actualmente, el citado soporte está equipado con un detector de corrientes de Foucault y con al menos un detector de ultrasonidos. Preferentemente, el citado soporte está equipado con dos detectores de ultrasonidos a ambos lados del citado detector de corrientes de Foucault.

Se pueden prever también varios detectores de las corrientes de Foucault de características diferentes y, de una manera más general varios detectores que utilizan fenómenos físicos diferentes.

De una manera ventajosa, el citado soporte del detector incluye unas rudecillas de los rodamientos por las cuales está y permanece en contacto con la citada superficie a controlar durante todo el escrutinio. De esta manera, la distancia óptima entre los detectores y el material a controlar se mantiene permanentemente.

Además, el soporte puede estar obligado a desplazarse en un líquido de acoplamiento, necesario o al menos ventajoso para la utilización del control por ultrasonidos. Clásicamente, este líquido de acoplamiento es el agua. Para ello, la pieza a controlar puede estar completamente sumergida en una cuba llena de agua y el soporte se desplaza en esta cuba manteniéndose siempre en contacto con la pieza a controlar.

En el caso de un soporte que lleva un detector de las corrientes de Foucault y dos detectores de ultrasonidos, el detector de las corrientes de Foucault está situado en el soporte para ser colocado con respecto a una zona elemental, en el transcurso del control, de la pieza a controlar mientras que los dos detectores de ultrasonidos están instalados sobre el soporte de tal manera que sus ejes de acción converjan sensiblemente hacia la citada zona elemental. En efecto, para un control por ultrasonidos parece ventajoso escrutar la superficie a controlar bajo varias incidencias. Por ejemplo, estos ejes pertenecen al mismo plano. Además, para evitar que los detectores de ultrasonidos se perturben mutuamente, pueden ser utilizados alternativamente.

El invento será mejor comprendido y aparecerán mejor otras ventajas a la luz de la descripción que sigue a continuación de una instalación de control no destructivo de una pieza equipada con un conjunto de detectores, de acuerdo con el principio del invento, dada a título de ejemplo con referencia a los dibujos anexos en los cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática de la instalación de control no destructivo de un rotor de un compresor de alta presión;

- la figura 2 es una vista con detalle a mayor escala de la instalación, ilustrando la puesta en marcha del escrutinio de la superficie de uno de los discos del citado rotor;

- la figura 3 es una vista desde arriba de la figura 2;

- la figura 4 es una vista con detalle del soporte de los detectores;

- la figura 5 es una vista según la flecha V de la figura 4; y

- la figura 6 es una vista desde arriba de la figura 4.

La instalación de control no destructivo 11 tal como la descrita y representada está adaptada de manera más específica al control de una pieza 13 que forma un rotor, del tipo de los que equipan a un turborreactor de un avión, llamándose este rodete particular "spool". En el reactor, esta pieza lleva los álabes y gira a gran velocidad. Es completamente de aleación de titanio o a base de níquel y realizada a partir de unos discos 15 soldados unos a otros. Una vez terminada, la pieza, de grandes dimensiones, (hasta 50 cm de diámetro más o menos) es de forma compleja incluyendo varias cavidades anulares 17 coaxiales y adyacentes axialmente, separadas por unos discos anulares 15, que presentan cada uno un abultamiento 19 cerca de su borde interior. Un espacio 21 común a todas las cavidades, que se extiende a su vez axialmente, se encuentra definido así en el centro de la pieza.

Se desea especialmente controlar todos los discos 15 y de una manera más particular detectar en ellos eventuales inclusiones o incluso fisuras (llamadas incluso calas).

En el ejemplo, se prevé detectar las inclusiones principalmente a través de un análisis con ultrasonidos y detectar en ellos las fisuras principalmente a través de un análisis por las corrientes de Foucault.

Los detectores de ultrasonidos y de las corrientes de Foucault, que forman un emisor-detector, están disponibles en el mercado.

De una manera más general, el invento trata de realizar un análisis de una pieza a partir de varios detectores que utilizan fenómenos físicos diferentes, con el fin de conseguir grupos de datos específicos de estos detectores y que se corresponden respectivamente (para cada grupo) con zonas de la superficie de cada disco. Los grupos de datos se obtienen escrutando la citada superficie zona tras zona. De esta manera, se adquieren todos los datos necesarios en un solo escrutinio.

En el ejemplo, todos los detectores son soportados por un mismo soporte de detectores 25 apto para desplazarse con respecto a cada superficie a controlar de cada disco 15. El soporte de los detectores está equipado con un detector de corrientes de Foucault 27 y al menos un detector de ultrasonidos. En el ejemplo representado, el soporte está equipado con dos detectores de ultrasonidos 29a, 29b situados a ambos lados del detector de corrientes de Foucault 27. Este último está instalado sobre el soporte para estar enfrente de la zona elemental 31 de la superficie del disco (perpendicularmente a ésta) que es objeto del control en un instante dado, mientras que los dos detectores de ultrasonidos 29a, 29b están orientados de tal manera que sus ejes de acción convergen sensiblemente hacia la citada zona elemental. De una manera más precisa aquí, los ejes de acción de los detectores de ultrasonidos forman un ángulo de 25° con respecto a un eje del detector de las corrientes de Foucault, él mismo, a su vez, sensiblemente perpendicular a la superficie a controlar. Para evitar que los detectores de ultrasonidos 29a, 29b se perturben mutuamente, son utilizados temporalmente de manera alternativa. Las direcciones de estos ejes están previstas para que los ejes golpeen sensiblemente la misma zona elemental, sometida al análisis por las corrientes de Foucault. Por ejemplo, se puede proceder a "tiros" de ultrasonidos desfasados de 300 a 400 micro-segundos, teniendo los haces acústicos ultrasónicos una frecuencia cercana a 5 mega-hertzios. Se pueden desfasar también los detectores para que "vean" zonas vecinas pero diferentes; lo esencial es que el conjunto de datos se adquiera en un solo escrutinio.

Como se ve en los dibujos, el soporte de los detectores 25 tiene la forma de un pequeño carrito con unas ruedecillas de los rodamientos 32 por las cuales está en contacto con la superficie a controlar durante el escrutinio de uno de los discos. Por este medio tan sencillo, se asegura que los detectores se encuentran siempre situados a la distancia requerida de la zona a controlar. En efecto, al estar situado el disco horizontalmente durante el análisis, el carrito reposa sobre la superficie del disco y rueda sobre ésta a medida que adquiere los datos. Las ruedecillas de los rodamientos 32 están situadas para que sus ejes de rotación estén orientados aproximadamente de manera radial con respecto al disco, para favorecer un desplazamiento circular. En efecto, el citado escrutinio se efectúa por vueltas sucesivas que permiten analizar una banda anular estrecha, zona tras zona. Entre dos vueltas, se ordena un desplazamiento radial elemental del carrito para proseguir el escrutinio de una banda anular adyacente. Las ruedecillas de los rodamientos podrían ser reemplazadas, por otra parte, por esferas mantenidas cautivas en los alojamientos correspondientes del soporte, facilitando los desplazamientos elementales en el sentido radial.

Durante el análisis, la pieza 13 es arrastrada en rotación alrededor de su propio eje de revolución y el soporte se posa sobre uno de los discos a una distancia radial regulable. Para ello, la instalación incluye también un platillo horizontal giratorio 35, motorizado. La pieza a analizar se coloca sobre este platillo de tal manera que su eje de revolución coincida con el eje de rotación del citado platillo. A este último se le ordena girar a una velocidad constante. La velocidad se adapta sin embargo al radio de la zona escrutada para que el control se efectúe siempre a una misma velocidad elegida, por ejemplo, del orden de 300 milímetros por segundo.

El control se efectúa vuelta tras vuelta con una progresión radial paso a paso de 6 décimas de milímetro, más o menos. Se pueden adquirir de esta manera simultáneamente en un solo escrutinio tres "imágenes" diferentes de la estructura de la aleación, lo que permite detectar con una casi certeza todos los defectos mencionados anteriormente.

Además, el soporte está obligado a desplazarse en un líquido de acoplamiento favorable al análisis por ultrasonidos. En este caso, este líquido es simplemente agua. A estos efectos, el platillo 35 está situado en el fondo de la cuba 37 llena de agua 38 de tal manera que la pieza 13 a analizar se encuentra completamente sumergida en el agua durante el control. El control, disco por disco, se efectúa completamente en el agua.

Se comienza por escrutar y analizar las superficies situadas horizontalmente pasando de una a otra como se indicará más adelante. A continuación, se puede girar la pieza 13 para controlar los mismos discos de nuevo, pero escrutando las demás superficies de éstos. Se puede, de esta manera, detectar de manera fiable los defectos que se sitúan a diferentes profundidades en el espesor del metal. Hay que observar que el hecho de proceder al control de la superficie horizontal inferior en cada cavidad 17 permite evitar que las medidas sean perturbadas por burbujas de aire, teniendo éstas la tendencia a acumularse contra la superficie horizontal superior, por encima del soporte 25, por lo que interesa girar la pieza para escrutar el conjunto de las superficies.

Para realizar el citado escrutinio de una superficie anular de un disco, por el soporte de los detectores, es necesario combinar un desplazamiento circular con un desplazamiento radial del soporte y/o de la pieza. En el ejemplo descrito, se ha elegido hacer girar la pieza 13 alrededor de su eje de revolución y desplazar el carrito radialmente, paso a paso. Otra solución, fácil de poner en práctica, consiste en no hacer girar la pieza sino en desplazar el soporte 25 en una sucesión de rotaciones y de desplazamientos en el sentido radial. En el ejemplo, el citado soporte 25 está unido de manera articulada al extremo de un medio de desplazamiento 41 que puede hacerle también dar tanto una rotación como un desplazamiento radial pero que (teniendo en cuenta el hecho de que la pieza está montada a su vez sobre un platillo giratorio) está preparado aquí para desplazar el citado carrito radialmente con respecto al eje de rotación del platillo.

Se va a describir ahora el medio de desplazamiento 41 al cual está unido el soporte. Incluye una columna vertical 45 móvil, con un posicionamiento regulable, instalado encima del platillo y situado para introducirse en el citado espacio

21 común a las citadas cavidades anulares, definido axialmente en el centro del conjunto de los discos 15 y una cadena con eslabones bloqueantes 47 montada de forma deslizante a lo largo de la citada columna. Esta última es móvil longitudinalmente según su propio eje, es decir verticalmente. Lleva en su extremo inferior una cajera de reenvío 49 que incluye una especie de conducto de guiado 51 acodado, por el que circula la citada cadena. Este conducto presenta una salida lateral 53 por donde la cadena sale horizontalmente bajo la forma de un tramo rígido 55 con sus eslabones mutuamente bloqueados. El extremo de la cadena, es decir el extremo del tramo rígido está unido a al menos un detector de medida, es decir, según el ejemplo, al soporte 25 que lleva el conjunto de los detectores, descrito anteriormente. De esta manera, haciendo variar la longitud del tramo rígido 55, el detector o el soporte 25 puede desplazarse con respecto a la superficie de uno de los discos 15, para efectuar el control y la detección de los defectos. En el ejemplo, el desplazamiento es esencialmente radial puesto que la pieza a controlar está situada sobre un platillo giratorio. El eje de la columna 41 coincide también con el eje de rotación del platillo 35. Según un modo de realización descrito y dado únicamente a título de ejemplo, el otro extremo de la cadena está fijado a una corredera 59 situada en una especie de guía vertical instalada a lo largo de la columna. La cajera alberga un piñón 61 ajustado a la cadena. Este piñón es accionado por un motor eléctrico comandado 63, a través de un sistema de engranajes. El motor puede estar montado en el extremo inferior de la columna. La cadena con eslabones bloqueantes 47 es de tipo conocido. Se puede utilizar una cadena llamada "paso 25" comercializada bajo la marca "SERAPID". Tal cadena es notable porque sus eslabones están provistos de unos abultamientos 65 que se bloquean unos a otros cuando están alineados y solicitados en rotación en un sentido dado, aquí bajo la acción de la gravedad. La rotación del piñón 61 permite regular la longitud del tramo horizontal rígido 55 de la cadena. El desplazamiento comandado de la columna permite pasar de un disco dado a un disco vecino, inferior o superior, estando la cadena completamente retractada. El soporte está unido, de manera articulada, al extremo del citado tramo rígido de la cadena, por medio de una palanca pivotante 67 de dos brazos. Es solicitado hacia la superficie a escrutar mediante un muelle 69, para que el soporte que forma el carrito se ponga perfectamente en contacto, en cualquier circunstancia, con la superficie a controlar.

**REIVINDICACIONES**

1. Instalación de control no destructivo de una pieza que forma un rotor que admite un eje de revolución y que incluye unas cavidades anulares coaxiales y adyacentes axialmente y un espacio común (21) que se extiende axialmente entre las citadas cavidades anulares (17), que incluye un soporte de unos detectores (25) apto para desplazarse con respecto a una superficie a controlar de la citada pieza y unos medios para combinar un desplazamiento circular con un desplazamiento radial del citado soporte y/o de la citada pieza y por que el citado soporte está equipado con varios detectores de características físicas diferentes (27, 29) para obtener grupos de datos específicos de estos detectores, que se corresponden respectivamente con unas zonas de la citada superficie definidas por un solo escrutinio de ésta, y estando caracterizada la instalación por que incluye un platillo horizontal (35) sobre el cual la citada pieza (13) puede estar situada para el control, una columna (41) vertical móvil encima del citado platillo y dispuesta para introducirse en el citado espacio común de la citada pieza a controlar, una cadena con los eslabones bloqueantes (47) montada de manera deslizante a lo largo de la citada columna y una cajera de reenvío (49) soportada por la citada columna y que incluye un conducto de guiado acodado para la citada cadena, presentando una salida lateral por la que sale la cadena de una manera sensiblemente horizontal bajo la forma de un tramo rígido (55) con sus eslabones mutuamente bloqueados, estando unido el extremo del citado tramo rígido al citado soporte de los detectores para desplazarlo con respecto a una superficie a controlar de la citada pieza.
2. Instalación según la reivindicación 1, caracterizada por que los citados detectores utilizan fenómenos físicos diferentes.
3. Instalación según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que el citado soporte está equipado con un detector de corrientes de Foucault (27) y al menos un detector de ultrasonidos (29a, 29b).
4. Instalación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el citado soporte de los detectores incluye unas ruedecillas de los rodamientos (32) por las cuales está en contacto con la citada superficie a controlar durante el citado escrutinio.
5. Instalación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el citado soporte de los detectores está obligado a desplazarse en un líquido de acoplamiento (38).
6. Instalación según la reivindicación 5, caracterizada por que el citado líquido de acoplamiento es el agua.
7. Instalación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el platillo horizontal (35) es giratorio, estando depositada la citada pieza de tal manera que su eje de revolución coincide con un eje de rotación del citado platillo.
8. Instalación según la reivindicación 7 y la reivindicación 5 ó 6, caracterizada por que el citado platillo está instalado en una cuba (37) llena del líquido de acoplamiento citado anteriormente.
9. Instalación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el citado soporte está unido de manera articulada al extremo de un medio de desplazamiento (41) dispuesto para desplazarlo radialmente con respecto al eje de rotación del citado platillo.
10. Instalación según una de las reivindicaciones 3 a 9, caracterizada por que el citado soporte está equipado con dos detectores de ultrasonidos (29a, 29b) situados a ambos lados del citado detector de corrientes de Foucault (27).
11. Instalación según la reivindicación 10, caracterizada por que el detector de corrientes de Foucault (27) está preparado para ser colocado frente a una zona elemental en el transcurso del control y por que los dos detectores de ultrasonidos (29a, 29b) están orientados de tal manera que sus ejes de acción convergen sensiblemente hacia la citada zona elemental.
12. Instalación según la reivindicación 11, caracterizada por que los citados ejes están sensiblemente en el mismo plano.
13. Instalación según la reivindicación 12, caracterizada por que los citados detectores de ultrasonidos son utilizados alternativamente.
14. Instalación según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada por que la citada cajera (49) alberga un piñón (61) ajustado a la citada cadena y está accionado por un motor eléctrico comandado (63).
15. Instalación según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizada por que la citada cajera de reenvío (49) está conectada al extremo inferior de la citada columna y por que ésta es móvil verticalmente para permitir el posicionamiento de la citada cajera de reenvío a una altura tal que el citado soporte de los detectores pueda escrutar una superficie anular dada de la citada pieza.
16. Instalación según una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizada por que el citado platillo (35) es un platillo rotativo de eje de rotación vertical.
17. Instalación según una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizada por que el citado platillo está situado en el fondo de la cuba (37) conformado y dimensionado para recibir a la citada pieza y por que la citada cuba está llena de un líquido de acoplamiento (38) necesario para el buen funcionamiento de al menos uno de los detectores citados anteriormente.

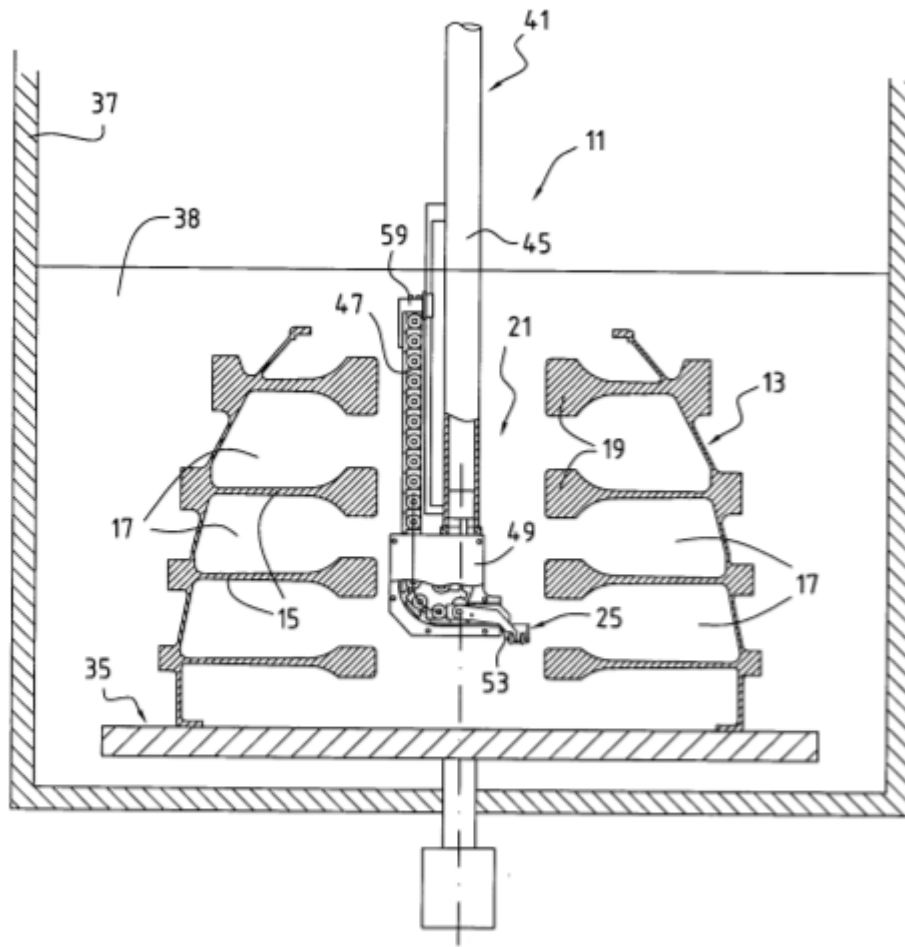
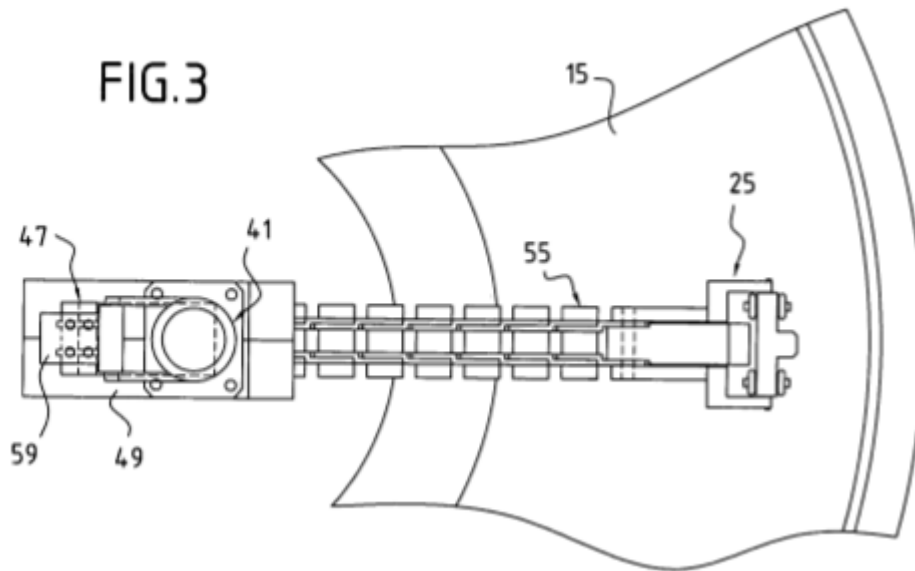
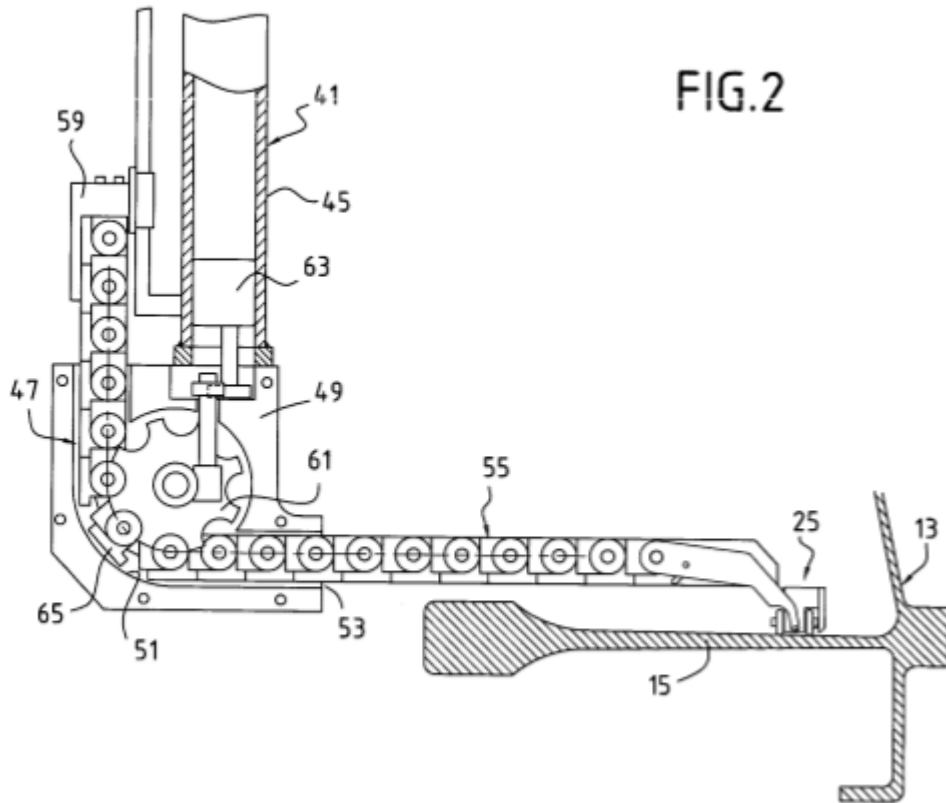


FIG.1



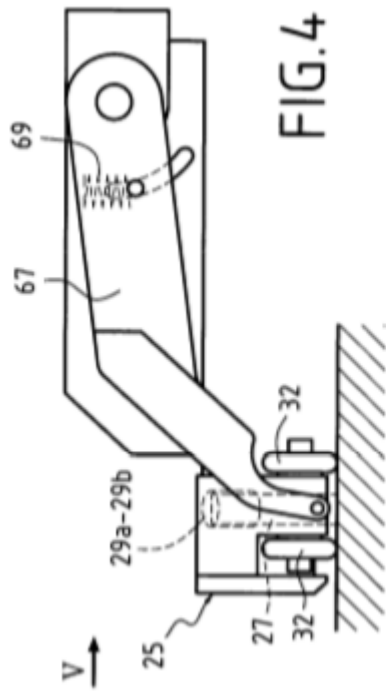


FIG. 4

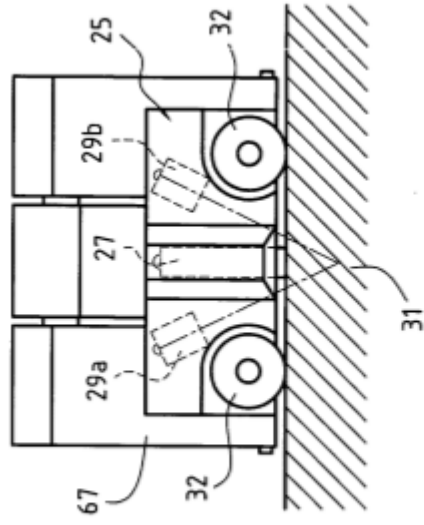


FIG. 5

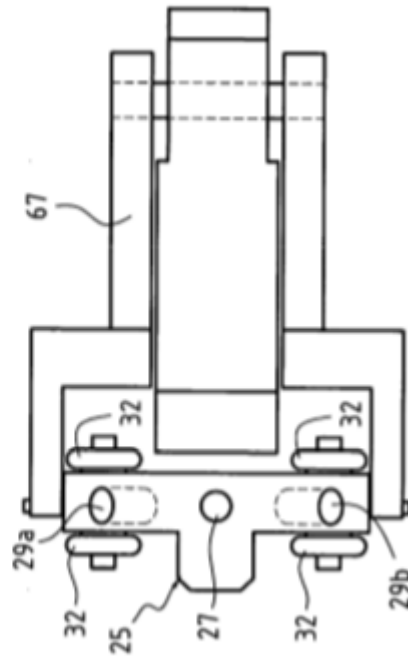


FIG. 6