

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 792**

51 Int. Cl.:

G01N 29/06 (2006.01)
G01N 29/22 (2006.01)
G01N 29/26 (2006.01)
G01N 29/265 (2006.01)
G01N 29/27 (2006.01)
G01S 15/89 (2006.01)
G01M 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2008 E 08826362 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2014 EP 2158479**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo automático de control no destructivo de ejes motores tubulares con perfiles de radios interno y externo variables**

30 Prioridad:

21.06.2007 FR 0704435

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

03.07.2014

73 Titular/es:

**VALLOUREC TUBES FRANCE (100.0%)
27 Avenue du Général Leclerc
92100 Boulogne-Billancourt , FR**

72 Inventor/es:

**LESAGE, FRÉDÉRIC;
NOËL, ALEXANDRE y
NOGUEIRA DE PAULA, RENATO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 472 792 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 y dispositivo automático de control no destructivo de ejes motores tubulares con perfiles de radios interno y externo variables

5 La invención se refiere a los ejes motores, que son por ejemplo utilizados en el ámbito ferroviario, y más precisamente el control (o la inspección) de tales ejes por medio de técnica(s) no destructiva(s).

10 Como lo sabe el experto, ciertos ejes motores, y particularmente aquellos que deben soportar cargas importantes, deben ser objeto de controles no destructivos en diferentes estadios de fabricación y de mantenimiento a fin de cumplir con los estándares internacionales. Los procedimientos de control no destructivo conocidos están lo suficientemente bien adaptados a los ejes motores completos (o macizos). Se basan generalmente en el análisis acústico, por medio de sondas de ultrasonido cf WO2006/099397, así como eventualmente sobre un análisis complementario, como por ejemplo un análisis de superficie o un análisis radiográfico. Entre los estándares a los que debe satisfacer los ejes motores completos, se puede particularmente citar NF EN 13261-2004 para Europa, ISO 5948 -1994 e ISO 6933-1986 para el mundo, M 101/90-A para Estados Unidos de América (Association of American Railroads (AAR)), NBR 7947-1989 para Brasil y JIS 4502-1-2002 para Japón.

20 A partir de datos de análisis adquiridos, se puede estimar las posiciones de las imperfecciones y de los defectos transversales o longitudinales dentro del material completo que constituyen un eje y así determinar si este eje satisface o no un estándar internacional (de fabricación o de mantenimiento periódico).

25 Recientemente se propuso reemplazar ciertos ejes motores completos (o macizos) por ejes motores tubulares cuya pared presenta perfiles de radios exterior e interior variables. Estos nuevos ejes tubulares son particularmente ventajosos porque permiten una reducción notable de peso, típicamente del orden de 30% y por lo tanto un aumento de la carga transportada, acompañada por una disminución del consumo de energía y por lo tanto de la polución. Pero, el control de este tipo de eje tubular cf DE 20 2004 015456 plantea un cierto número de problemas.

30 En efecto, en razón de la existencia de un perfil de radio interior variable, es difícil diferenciar los ecos que resultan de zonas angulares (o esquinas) de aquellos que resultan de imperfecciones o de defectos estructurales.

35 Por otra parte, un buen número de estas imperfecciones y/o defectos presenta dimensiones más pequeñas que aquellas encontradas en un eje completo, lo que hace su detección aún más difícil teniendo en cuenta las pocas distancias recorridas por los ultrasonidos.

40 Finalmente, el posicionamiento en ciertas porciones de un eje tubular de ciertos equipamientos, tales como particularmente las ruedas (fijadas por la fuerza) y los discos de freno, en miras a constituir eje motor, es también susceptible de inducir imperfecciones y/o defectos estructurales suplementarios, incluso de amplificar las dimensiones de ciertos defectos estructurales y/o imperfecciones inducidas por las operaciones precedentes de forjado en caliente y de mecanización. De esto resulta que es aún más necesario controlar estas porciones y las zonas adyacentes, tanto como al momento del primer ensamblaje como durante operaciones de mantenimiento (con o sin desmontaje de equipamiento(s) del eje motor). Ahora bien, estos análisis son difíciles, incluso hasta imposibles, de efectuar con los procedimientos de control existentes en ciertas porciones del eje, cuando este último está acumulado de equipamientos.

45 La invención tiene por objetivo entonces proponer un procedimiento y un elemento de control no destructivo que permita controlar de forma al menos semi-automática con precisión la mayor parte, si es posible la totalidad de un eje motor tubular (o más generalmente un producto de revolución hueco (tubular)), incluyendo cuando este último está provisto de equipamientos.

50 Se propone a tal efecto un procedimiento de control de ejes motores tubulares que comprenden las siguientes etapas:

55 a) colocar en un banco de control un eje motor tubular que posee una pared que presenta perfiles de radios exterior e interior variables y conocidos,

60 b) colocar al menos una sonda de ultrasonido en la superficie externa o interna de esta pared en un primer lugar que es elegido en función de sus perfiles y de los eventuales obstáculos sobre eje, luego analizar con cada sonda una primera porción elegida de la pared en un primer sector angular elegido, orientado según un primer sentido longitudinal o transversal, con el fin de adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas del eje respecto a una sonda,

65 c) recolocar al menos una sonda en un segundo lugar que siempre es elegido en función de los perfiles y de los eventuales obstáculos del eje, luego analizar con cada sonda recolocada una segunda porción elegida de la pared en un segundo sector angular elegido, orientado según un segundo sentido opuesto al primer sentido, con el fin de adquirir otros datos de análisis para diferentes posiciones angulares relativas del eje respecto de una sonda, y

d) constituir a partir de datos de análisis adquiridos mapas que representan las posiciones y las orientaciones de indicaciones de los ecos transversales o longitudinales dentro de la pared (PA).

5 Se entiende aquí por “indicación de eco” una información obtenida en una pared por reflexión sobre una interface (materia/aire) o sobre una imperfección o aún sobre un defecto (estructural). Por otra parte, se entiende aquí por “imperfección” una parte de una pared que induce un eco cuya amplitud es inferior a un umbral elegido, y por lo tanto no es de naturaleza que implique el desecho del eje. Finalmente, se entiende aquí por “defecto” una parte de una pared que indujo un eco cuya amplitud es superior al umbral elegido, y por lo tanto que es de naturaleza a ocasionar el desecho del eje.

El procedimiento según la invención puede declinarse según numerosas variantes, de las cuales algunas al menos de las características pueden ser combinadas entre ellas, y particularmente:

15 – Se puede por ejemplo efectuar una primera vez las etapas b) a d) colocando cada sonda de ultrasonido en la superficie externa de la pared a fin de constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos dentro la pared, luego se puede efectuar una segunda vez al menos las etapas b) y d) colocando al menos una sonda de ultrasonido en la superficie interna de la pared en un tercer lugar que es elegido en función de sus perfiles, luego analizando con cada sonda una tercera posición elegida de la pared en un tercer sector angular elegido, orientado según al menos un sentido longitudinal o transversal elegido, a fin de adquirir datos de análisis para diferentes posiciones angulares relativas del eje respecto de una sonda, y de constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos dentro de la pared;

20 – Se puede por ejemplo efectuar las etapas b) a d) al menos una vez colocando cada sonda de ultrasonido en la superficie externa o interna de la pared a fin de efectuar un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado según una dirección longitudinal, y así constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos transversales dentro la pared, luego se puede efectuar nuevamente las etapas b) a d) aún al menos una vez colocando al menos una sonda de ultrasonido en la superficie externa o interna de la pared a fin de efectuar un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado según una dirección transversal y así constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos longitudinales dentro de la pared;

25 – Después de haber efectuado una etapa d) se puede por ejemplo prever una etapa e) en la que se efectúa un análisis de al menos la superficie externa de la pared por medio de otra técnica de análisis, diferente de aquella basada en ultrasonido, con el fin de adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas de al menos una sonda respecto del eje, así que una eventual etapa f) en la que se constituye a partir de estos datos de análisis adquiridos mapas que representan las posiciones y orientaciones de las indicaciones de superficie de la pared;

30 ➤ Por ejemplo, esta otra técnica de análisis puede ser elegida entre la técnica llamada de flujo magnético disperso y la técnica llamada las corrientes de Foucault;

35 – Se puede por ejemplo analizar cada una de las primeras, segundas y eventuales terceras porciones de la pared por medio de un desplazamiento longitudinal relativo de al menos una sonda respecto al eje y/o por medio de un barrido electrónico con al menos una sonda;

40 – Durante por lo menos una de las etapas b), c) y e) se puede por ejemplo obtener las diferentes posiciones angulares relativas del eje respecto de cada sonda ya sea impulsando en rotación este eje respecto de cada sonda, o impulsando en rotación cada sonda respecto de este eje;

45 – Se puede comprender una etapa g) en la que se comparan los datos de mapas que han sido obtenidos durante una etapa d) con datos de primeros mapas de referencia que han sido previamente obtenidos en un primer eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero desprovisto de defectos, con el fin de sólo retener los datos que son representativos de indicaciones de ecos que no están presentes en los primeros mapas de referencia y así constituir mapas “corregidos”;

50 – Se puede comprender una etapa h) en la que se comparan los datos de los mapas que han sido obtenidos durante una etapa d) o g) con los datos de los segundos mapas referencia que han sido obtenidos de un segundo eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero que contiene defectos conocidos, con el fin de sólo retener defectos conocidos presentes en los segundos mapas referencia y así constituir mapas de defectos;

55 – Se puede comprender una etapa i) en la que se compara a una amplitud del umbral elegido las amplitudes de los datos de los mapas que han sido obtenidos durante una etapa d) o g), con el fin de sólo retener los datos representativos de indicaciones de los ecos cuyas amplitudes son superiores a la amplitud umbral y que en consecuencia señalan defectos, y así constituir mapas de defectos;

➤ en caso de detección de una amplitud superior a la amplitud umbral se puede eventualmente generar una alarma;

– Se puede comprender una etapa j) que constituye mostrar al menos un mapa en una pantalla;

– Se puede por ejemplo utilizar sondas capaces de emitir ultrasonidos que sigan una única dirección de ángulo variable;

➤ Por ejemplo el ángulo puede variar entre aproximadamente 0° y alrededor de 70° respecto a la dirección longitudinal o transversal;

– Como variante, se puede por ejemplo utilizar sondas del tipo llamado red de fase (o “phased array”), capaces de emitir ultrasonidos que siguen direcciones que están comprendidas en un sector angular elegido;

➤ Por ejemplo el sector angular puede estar comprendido entre alrededor de 0° y aproximadamente 70° respecto de la dirección longitudinal o transversal.

Se notará que las etapas a) a d) deben hacerse en este orden, pero que las otras etapas citadas e) a j) no son necesariamente en este orden. En particular, una etapa j) puede tener lugar después de una etapa d).

La invención propone también un dispositivo de control de ejes motores destinado a utilizar el procedimiento presentado anteriormente. Este dispositivo comprende más precisamente:

– un banco de control encargado de recibir un eje motor tubular que posee una pared que presenta perfiles de radios exterior e interior variables y conocidos,

– al menos una sonda de ultrasonido encargada de analizar al menos una porción elegida de esta pared en un sector angular elegido y así adquirir datos de análisis,

– medios de control encargados de manejar el banco de control con el fin de colocar cada sonda en la superficie externa o interna de la pared en un primer lugar que es elegido en función de sus perfiles y de un eventual obstáculo sobre eje de manera tal que analice al menos en una primera y en una segunda porción escogida de la pared respectivamente en al menos un primer y segundo sector angular elegido, orientados según el primer y segundo sentido opuesto longitudinal o transversal, y que adquiere así datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas al eje respecto a la sonda,

– medios de procesamiento encargados de constituir a partir de datos de análisis adquiridos mapas que representan las posiciones y las orientaciones de indicaciones de los ecos longitudinales o transversales y longitudinales o transversales dentro de la pared.

Este dispositivo según la invención puede declinarse según varias variantes, de las cuales al menos algunas características pueden ser combinadas entre ellas, y particularmente:

– Sus medios de control pueden estar encargados de controlar una primera vez el desplazamiento relativo de cada sonda respecto de la superficie externa de la pared con el fin de adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas del eje respecto a la sonda, luego controlar una segunda vez el desplazamiento relativo de al menos una sonda respecto a superficie interna de la pared con el fin de que analice al menos una tercera porción elegida de la pared en al menos un tercer sector angular elegido, orientado siguiendo un sentido longitudinal o transversal elegido, y adquirir así otros datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas al eje respecto a la sonda. En este caso, los medios de procesamiento están encargados de constituir a partir de los datos de análisis adquiridos mapas que representan las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos dentro de la pared;

– Sus medios de control pueden estar encargados i) de controlar al menos una primera vez el desplazamiento relativo de cada sonda respecto de la superficie externa o interna de la pared con el fin de que efectúe un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado siguiendo una dirección longitudinal y que adquiere datos de análisis a partir de los cuales los medios de procesamiento van a constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos transversales, luego ii) controlar al menos una segunda vez el desplazamiento relativo de cada sonda respecto de la superficie externa o interna de la pared con el fin de que efectúe un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado siguiendo una dirección transversal y que adquiera datos de análisis a partir de los cuales los medios de procesamiento van a constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos longitudinales ;

– Puede comprender medios de análisis de superficie encargados de analizar al menos la superficie externa de la pared por medio de otra técnica de análisis, diferente de aquella basada en los ultrasonidos, con el fin de adquirir los datos de análisis por diferentes posiciones relativas del eje respecto a una sonda. En este caso, los medios de

procesamiento pueden estar eventualmente encargados de constituir a partir de estos datos de análisis (adquiridos por medios de análisis de superficie) mapas que representan las posiciones y orientaciones de las indicaciones de superficie de la pared;

- 5 ➤ Por ejemplo los medios de análisis de superficie son elegidos entre los medios de análisis de flujo magnético disperso y los medios de análisis por corrientes de Foucault;
- 10 – Puede comprender medios de desplazamiento encargados de desplazar relativamente según la dirección longitudinal al menos una sonda respecto del eje. En este caso sus medios de control están encargados de controlar los medios de desplazamiento con el fin de que desplacen longitudinalmente y relativamente al menos una sonda respecto del eje para que analice una parte al menos de la primera, segunda y eventual tercera porción de la pared;
- 15 – Como variante o complemento, sus medios de control pueden estar encargados de efectuar un barrido electrónico con al menos una sonda para que analice una parte al menos de la primera, segunda y eventual tercera porción de la pared;
- 20 – Su banco puede estar encargado de impulsar la rotación el eje respecto de cada sonda con el fin de definir las diferentes posiciones angulares relativas de este eje respecto a la sonda. Como variante, el banco puede estar encargado de impulsar la rotación de al menos una sonda respecto del eje con el fin de definir las diferentes posiciones angulares relativas a este eje respecto de dicha sonda;
- 25 – Sus medios de procesamiento pueden estar encargados de comparar los datos de los mapas obtenidos del eje a controlar con datos de los primeros mapas de referencia que han sido obtenidos en un primer eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero desprovisto de defectos, y de retener sólo los datos que son representativos de las indicaciones de los ecos que no están presentes en los primeros mapas de referencia y así constituir mapas corregidos;
- 30 – Sus medios de procesamiento pueden estar encargados de comparar los datos de los mapas obtenidos del eje a controlar con los datos de los segundos mapas de referencia obtenidos de un segundo eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero que contiene defectos conocidos, y sólo retener los datos representativos de indicaciones de los ecos representativos de los defectos conocidos presentes en los segundos mapas referencia y así constituir mapas de defectos;
- 35 – Sus medios de procesamiento pueden estar encargados de comparar a una amplitud umbral elegida las amplitudes de los datos de los mapas obtenidos del eje a controlar, y sólo retener datos representativos de las indicaciones de los ecos cuyas amplitudes son superiores a esta amplitud umbral y que señalan defectos, y así constituir los mapas de defectos;
- 40 ➤ Sus medios de procesamiento pueden estar encargados de generar una alarma en caso de detección de una amplitud superior a la amplitud umbral;
- 45 – Puede comprender una pantalla propia para mostrar al menos algunos mapas que han sido constituidos por sus medios de procesamiento;
- 50 – Cada sonda puede por ejemplo estar encargada de emitir ultrasonidos según una única dirección de ángulo variable, por ejemplo entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto de la dirección longitudinal o transversal;
- 55 – Como variante cada sonda puede ser por ejemplo del tipo llamado de red de fase y estar encargada de emitir ultrasonidos siguiendo direcciones comprendidas en un sector angular elegido, por ejemplo comprendido entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto de la dirección longitudinal o transversal.
- Otras características y ventajas de la invención aparecerán en la descripción detallada a continuación, y en los dibujos anexos, en los que:
- 60 – La figura 1 ilustra en forma esquemática, en una vista en corte longitudinal, un ejemplo de eje motor tubular desprovisto de equipamiento,
- La figura 2 ilustra en forma esquemática, en una vista en corte longitudinal, una parte de un ejemplo de un eje motor tubular provisto de equipamientos;
- La figura 3 ilustra en forma esquemática y funcional un ejemplo de realización de un dispositivo de control según la invención,

– Las figuras 4 A y 4 B ilustran en forma esquemática dos ejemplos de colocación de la sonda en dos lugares elegidos diferentes de la superficie externa de una parte de una pared de eje (en una vista en perspectiva), en miras a un análisis longitudinal,

5 – La figura 5 ilustra en forma esquemática un ejemplo de colocación de la sonda en un lugar elegido de la superficie externa de una parte de una pared de eje (en una vista en perspectiva), en miras a un análisis transversal,

– La figura 6 ilustra en forma esquemática un ejemplo de colocación de la sonda en un lugar elegido de la superficie interna de una parte de una pared de eje (en una vista en perspectiva), en miras a un análisis longitudinal,

10 – Las figuras 7 A a 7 C representan primeras porciones de una parte de una pared cubiertas por tres sondas mono-direccionales desplazadas longitudinalmente de la derecha hacia la izquierda con ángulos de emisión respectivamente iguales a 30°, 45° y 60° orientados según un primer sentido longitudinal,

15 – Las figuras 8 A a 8C ilustran dos porciones de la parte de pared de las figuras 7 A a 7C cubiertas por las tres mismas sondas mono-direccionales desplazadas longitudinalmente de la izquierda hacia la derecha con ángulos de emisión respectivamente iguales a 30°, 45° y 60° orientados según un segundo sentido longitudinal,

20 – Las figuras 9 A y 9 B ilustran primeras y segundas porciones de la parte de pared de las figuras 7 A a 7 C cubiertas por tres sondas de red de fase para sectores angulares comprendidos entre 30° y 70° y respectivamente orientados según el primero y segundo sentido longitudinal,

25 – La figura 10 ilustra una tercera porción de una parte de una pared cubierta por una sonda de red de fase colocada en la superficie interna, por un sector angular comprendido entre 30° y 70° orientado según un sentido longitudinal, y

– Las figuras 11 A y 11 B ilustran dos ejemplos de mapas obtenidos en una misma pared de un eje motor.

30 Los dibujos anexos podrán no sólo servir para completar la invención, sino también contribuir a su definición, llegado el caso.

La invención tiene por objeto permitir el control no destructivo y de forma al menos semi-automática de la mayor parte, y si es posible de la totalidad, de un eje motor tubular, incluyendo cuando este último está provisto de equipamientos.

35 Se considera en lo que sigue que los ejes tubulares a controlar están destinados a formar parte de los ejes motores de vagones de transporte de mercancía(s) o de pasajeros. Pero, la invención no está limitada a esta aplicación. Se refiere en efecto a todo tipo de producto de revolución hueca (tubular), sometido a exigencias de servicio, como por ejemplo esfuerzos en fatiga, y cuya pared comprende perfiles de radios exterior e interior variables y conocidos.

40 Como se ilustra en la figura 1, un eje (de árbol) tubular AE comprende una pared PA que está definida por medio de operaciones de forjadura en calor y de mecanizado y que presenta al final perfiles de radios exteriores R1 e interior R2 variables. Se notará que el espesor radial (es decir según una dirección perpendicular al eje longitudinal XX) no es necesariamente constante. En otras palabras los perfiles de los radios exterior R1 e interior R2 no son necesariamente congruentes según una homotecia.

45 El control automático de un eje de este tipo, ya sea desprovisto de equipamientos como en el ejemplo de la figura 1, o que esté provisto de equipamientos EQ (particularmente tales como ruedas y/o discos de freno) como en el ejemplo de la figura 2, se hace por medio de un dispositivo de control del tipo de aquel ilustrado esquemáticamente y funcionalmente en la figura 3.

50 Un dispositivo tal comprende al menos un banco de control BC, al menos una sonda de ultrasonido SU (aquí tres son representadas), un módulo de control MC y un módulo de procesamiento MT, además de una pantalla EC en preferencia. Se notará que el módulo de control MC, el módulo de procesamiento MT y la pantalla EC pueden formar parte de una microcomputadora (o de una estación de trabajo) MO conectada al banco de control BC y a cada sonda SU, como se ilustra a título de ejemplo en la figura 3. En lo que sigue se considera que el elemento comprende al menos dos sondas SU.

55 El banco de control BC comprende por ejemplo soportes MS sobre los que se puede colocar un eje motor AE (con o sin equipamiento(s)) y guías de giro AB encargadas de impulsar este último en rotación según porciones angulares elegidas, en caso de recepción de instrucciones generadas por el módulo de control MC. Se notará que una porción angular elegida puede ser eventualmente igual a 360°, lo que corresponde a una vuelta completa. Se notará también que los soportes MS no son necesarios cuando las guías de giro AB pueden también soportar al eje motor. Por supuesto, otro medio que permita impulsar el eje AE en rotación puede ser considerado. Es importante notar que lo que cuenta es el hecho de que el banco BC puede estar encargado ya sea de impulsar en rotación el eje AE respecto de las sondas SU con el fin de definir diferentes posiciones angulares relativas de este eje AE respecto a

las sondas SU, o de impulsar en rotación las sondas SU respecto del eje AE con el fin de definir diferentes posiciones angulares relativas de este eje AE respecto de las sondas SU. En otras palabras, el banco BC controla el posicionamiento relativo del eje AE respecto de las sondas SU. En lo que sigue, se considera, a título de ejemplo no limitativo, que el banco BC puede impulsar en rotación el eje AE respecto de las sondas SU.

Las sondas de ultrasonido SU pueden ser colocadas de manera de que emitan el ultrasonido según una única dirección cuyo ángulo es elegido pero puede variar en función de las necesidades, o éstas pueden ser del tipo llamado de red de fase (o "phased array"), es decir colocadas de manera tal que emitan ultrasonidos según varias direcciones comprendidas en un sector angular elegido en función de las necesidades (gracias a un barrido angular electrónico). Se puede también obtener el equivalente de un desplazamiento longitudinal del sensor por medio de un barrido electrónico.

En el primer caso (mono-direccional), cada sonda SU comprende un único elemento de detección encargado de recibir los ecos que provienen de la pared PA objeto del análisis. En el segundo caso (sonda de red de fase), cada sonda SU comprende varios elementos de detección encargados de recibir los ecos que provienen de la pared PA objeto del análisis después de una refracción y/o reflexiones (eventualmente múltiples) bajo diferentes ángulos. Se recuerda que los elementos de detección son generalmente realizados de un material compuesto y colocados en los transductores. Cuando los elementos de detección de una sonda son accionados, producen un haz de análisis divergente. La forma de este último y por lo tanto su dirección general de incidencia pueden ser modificados electrónicamente introduciendo retardos temporales a los instantes de excitación de elementos de detección elegidos de una sonda. Se llama generalmente "sonda virtual" a la combinación de elementos de detección de una sonda y de los eventuales retardos temporales asociados que son utilizados para producir un haz de análisis en una dirección general dada. Una sonda de red de fase puede así constituir varios (por ejemplo decenas) sondas virtuales en función de las combinaciones de las cuales es objeto. La frecuencia de activación de los transductores es típicamente del orden de algunos megahercios (2 a 5 MHz). Cuando no son activados en emisión, estos mismos elementos de detección sirven para la detección de los ecos que provienen de las interfaces materia/aire o materia/líquido, de las imperfecciones y defectos. Estos constituyen así sensores de tipo emisor/receptor.

Los perfiles de radios interno R2 y externo R1 que presenta la pared PA y los eventuales obstáculos sobre el eje AE son analizados, por ejemplo por medio de un programa de simulación de tipo CIVA 8.0 (desarrollado y comercializado por el "Commissariat à l' Energie Atomique" (CEA)), para determinar el número de sondas SU que van a ser necesarias para analizar la totalidad o solamente una parte elegida del eje AE, teniendo en cuenta su tipo (mono-direccional o de red de fase (y en este segundo caso de su número de elementos de detección) y por el hecho de que las sondas pueden estar orientadas de manera tal que efectúen análisis longitudinales o transversales según un primer y segundo sentido opuesto.

Se entiende aquí por "análisis longitudinal" a un análisis efectuado en miras a buscar defectos y/o imperfecciones orientados preferentemente longitudinalmente o según un pequeño ángulo agudo respecto de la dirección longitudinal XX (ángulo agudo típicamente inferior a $\pm 25^\circ$, y preferentemente inferior a $\pm 5^\circ$). Se emplea en ocasiones el término de oblicuidad para designar esta orientación del defecto. Este análisis es efectuado por medio de un haz emitido siguiendo una dirección perpendicular a la dirección longitudinal XX, es decir cuya dirección general está sensiblemente contenida en un plano perpendicular a la dirección longitudinal XX o bien que tiene un pequeño ángulo agudo (típicamente inferior a $\pm 10^\circ$) con esta dirección perpendicular.

Por otra parte, se entiende aquí por "análisis transversal" un análisis efectuado en miras a buscar defectos y/o imperfecciones orientados preferentemente transversalmente o según un pequeño ángulo agudo respecto de un plano perpendicular a la dirección longitudinal XX (ángulo agudo típicamente inferior a $\pm 25^\circ$, y preferentemente inferior a $\pm 5^\circ$). Se emplea a veces el término de oblicuidad para designar esta orientación del defecto. Este análisis es efectuado por medio de un haz emitido siguiendo una dirección paralela a la dirección longitudinal XX, es decir cuya dirección general es sensiblemente contenida en un plano que contiene él mismo la dirección longitudinal XX o bien que forma ángulo agudo (típicamente inferior a $\pm 10^\circ$) con esta dirección longitudinal.

Teniendo en cuenta las formas de perfiles de los radios interno R2 y externo R1 que presenta habitualmente la pared PA de los ejes AE y los obstáculos habituales sobre estos últimos, el ángulo de emisión de una sonda SU mono-direccional debe generalmente poder variar entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto a la dirección longitudinal XX, y el sector angular de emisión de una sonda SU de red de fase debe generalmente estar comprendido entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto de la dirección longitudinal XX.

Una vez que se determinó para cada sonda SU el (primer) lugar elegido en el que deberá inicialmente ser colocada con relación al eje AE de manera a analizar una primera porción elegida de la pared PA dentro de un primer sector angular elegido, orientado según un primer sentido longitudinal o transversal, además del eventual (segundo) lugar elegido en el que deberá ser ulteriormente colocada relativamente al eje AE de manera a analizar una segunda porción elegida de la pared PA dentro de un segundo sector angular elegido, orientado según un segundo sentido longitudinal o transversal opuesto al primer sentido, se pueden colocar las sondas SU en sus primeros lugares elegidos respectivos.

Esta colocación relativa de las sondas SU relativamente al eje AE puede hacerse en primeros lugares elegidos que están situados o en la superficie externa SE de la pared PA, o en la superficie interna SI de esta pared PA, según las necesidades (y la configuración del eje AE). Se puede por ejemplo comenzar por efectuar el análisis por ultrasonido colocando sondas SU en la superficie externa SE de la pared PA, luego eventualmente completar estos análisis colocando sondas SU en la superficie interna SI de la pared PA (es decir en el interior del eje tubular AE). Pero el inverso es también posible.

El acoplamiento entre las sondas SU y la superficie interna SI o externa SE de una pared PA puede hacerse por cualquier medio conocido por el experto, y particularmente por medio de glicerina o por inmersión en agua preferentemente mezclada con un producto anticorrosivo.

Se representó en las figuras 4 A y 4 B dos ejemplos de colocación relativa de una sonda SU en dos lugares elegidos de la superficie externa SE de una parte de una pared PA del eje AE, en miras a un análisis longitudinal. Se representó también en la figura 5 un ejemplo de colocación relativa de una sonda SU en un lugar elegido de la superficie externa SE de una parte de una pared PA de eje AE, en miras a un análisis transversal. Se representó también en la figura 6 un ejemplo de colocación relativa de una sonda SU en un lugar elegido de la superficie interna SI de una parte de una pared PA de eje AE, en miras a un análisis longitudinal.

Es importante notar que una sonda SU puede analizar una porción que le fue atribuida o quedando al nivel de un lugar elegido, o siendo desplazada relativamente y longitudinalmente y/o transversalmente entre una posición de partida (que corresponde al lugar inicialmente elegido) y una posición final (correspondiente a un otro lugar elegido), eventualmente pasando por una o varias posiciones intermedias (correspondiendo cada una a otro lugar elegido).

Estos desplazamientos relativos de sonda(s) SU pueden ser efectuados con la ayuda de medios de desplazamiento MD que son acoplados a ésta(s). Cada medio de desplazamiento MD es por ejemplo un porta-sonda montado en traslación respecto al banco BC para poder ser desplazado longitudinalmente en función de instrucciones generadas por el módulo de control MC. Se notará que cada porta-sonda MD puede eventualmente ser impulsado en rotación para cambiar la orientación de su sonda SU ya sea de 180° de manera tal que pueda pasar un análisis longitudinal o transversal (dirección general de emisión perpendicular a la dirección longitudinal XX) en un primer sector angular elegido, orientado según un primer sentido longitudinal o transversal, a un análisis longitudinal o transversal en un segundo sector angular elegido, orientado según un segundo sentido longitudinal o transversal opuesto al primer sentido, o de 90° de manera tal que pueda pasar un análisis longitudinal en primero y segundo sectores angulares elegidos en un análisis transversal en un tercer sector angular elegido, y a la inversa. Se puede también considerar de efectuar un análisis que resulta de un desplazamiento combinado longitudinal y transversal.

Se notará que las sondas SU pueden estar fijas mientras que el banco BC puede desplazar longitudinalmente el eje AE y/o impulsarlo en rotación. También es posible desplazar las sondas SU longitudinalmente respecto al eje AE e impulsar este último en rotación, o a la inversa.

Como variante, el módulo de control MC puede estar encargado de efectuar un barrido electrónico con al menos algunas sondas SU con el fin de que analicen al menos una parte de las primeras, segundas y eventuales terceras porciones de una pared PA. Se recuerda que un barrido electrónico es obtenido por una sonda SU utilizando algunos de sus elementos de detección situados en emplazamientos elegidos de su red de fase y atribuyendo los retardos elegidos a estos elementos de detección elegidos de manera tal que emitan secuencialmente. Este modo de desplazamiento "electrónico" es ventajoso porque evita tener que desplazar mecánicamente una sonda SU.

Se notará que se puede también considerar de combinar a la vez un desplazamiento longitudinal (mecánico) y un barrido electrónico con el fin de permitir a al menos ciertas sondas SU de analizar una porción de pared que les fue atribuida. En este caso, es el módulo de control MC que puede estar encargado de generar las instrucciones necesarias a los medios de desplazamiento MD para desplazar relativamente y longitudinalmente las sondas SU elegidas y las instrucciones necesarias a sondas SU elegidas para inducir un barrido electrónico.

También se notará que la solución utilizada para analizar toda una porción de pared PA elegida depende del tipo de sonda SU disponible y además, en el caso de sondas de red de fase, del número de elementos de detección que las constituyen. En efecto, se comprenderá que si el número de elementos de detección de una sonda SU es adaptado a la cobertura de la porción de la pared PA que le es atribuida, es inútil prever un desplazamiento longitudinal mecánico porque se le puede sustituir un barrido electrónico. A título de ejemplo, si una sonda SU debe cubrir una porción de pared PA de extensión longitudinal igual a 100 mm, entonces debe poseer al menos 200 elementos de detección de 0,5 mm de lado, por ejemplo separados dos a dos de una distancia igual a aproximadamente 0,1 mm. Se aclara que en cuanto más pequeñas sean las dimensiones de los elementos de detección, los sectores angulares de análisis pueden ser más amplios. Un ajuste puede encontrarse entre el número de elementos de detección de las sondas SU y las posibilidades de extensión de cobertura ofrecidas por el barrido electrónico, y de esta manera evitar los desplazamientos longitudinales mecánicos.

También se notará que la utilización de sondas de red de fase es más ventajosa que la de sondas mono-direccionales porque permite obtener una mejor continuidad en un mismo sector angular de análisis evitando todo desplazamiento angular de la fuente de ultrasonidos.

5 Según la invención, una vez que las sondas SU fueron colocadas en la superficie externa SE o interna SI de una pared PA en los primeros lugares (elegidos en función de sus perfiles y de los eventuales obstáculos sobre el eje AE), cada una de esas sondas SU procede al análisis de la primera porción de la pared PA que le ha sido atribuida, en un primer sector angular elegido que es orientado según un primer sentido longitudinal o transversal. Cada sonda SU puede así adquirir datos de análisis para la posición angular actual relativa del eje AE respecto a dicha sonda SU. Impulsando el eje AE en rotación sobre sectores angulares sucesivos elegidos (aquí por medio del banco de control BC y por ejemplo con sus guías de giro AB), cada sonda SU puede efectuar una nueva adquisición de datos de análisis después de cada desplazamiento angular. Así, se puede disponer de los datos de análisis relativos a la totalidad de la circunferencia de cada primera porción de pared PA inspeccionada.

15 Estos datos de análisis comprenden por ejemplo los ángulos de emisión, los instantes de emisión y de recepción de los ultrasonidos (o lo que es equivalente a los intervalos temporales entre los instantes de emisión y de recepción), y los ángulos de recepción. Estos datos de análisis son por ejemplo transmitidos por las sondas SU al módulo de control MC que se encarga de almacenarlos en una memoria MY en correspondencia a las posiciones longitudinales y angulares de las primeras porciones inspeccionadas respecto a un referencial elegido, así como eventualmente del identificador de la sonda SU utilizada para obtenerlos.

Luego, al menos algunas sondas SU son re-situadas (relativamente) en la superficie externa SE o interna SI de la pared PA en segundos lugares (elegidos en función de sus perfiles y de los eventuales obstáculos sobre el eje AE) con el fin de que procedan al análisis de las segundas porciones de la pared PA que les fueron respectivamente atribuidas, en segundos sectores angulares elegidos que están orientados según un segundo sentido longitudinal o transversal, opuesto al primer sentido.

Por ejemplo, si el primer sentido corresponde a un sentido que va de la izquierda hacia la derecha del eje longitudinal XX, entonces el segundo sentido corresponde a un sentido que va de la derecha hacia la izquierda de dicho eje longitudinal XX. Del mismo modo, si el primer sentido corresponde a un sentido que va de la izquierda hacia la derecha de un segundo eje perpendicular al eje longitudinal XX, entonces el segundo sentido corresponde a un sentido que va de la derecha hacia la izquierda de dicho segundo eje.

Cada sonda SU re-situada puede de esta manera adquirir datos de análisis por la posición angular actual del eje AE. Impulsando el eje AE en rotación en sectores angulares elegidos, cada sonda SU puede efectuar una nueva adquisición de datos de análisis después de cada desplazamiento angular. Así, se puede disponer de datos de análisis relativos a la totalidad de la circunferencia de cada segunda porción de pared PA inspeccionada. Estos datos de análisis son por ejemplo transmitidos por las sondas SU al módulo de control MC que se encarga de almacenarlos en una memoria en correspondencia a las posiciones longitudinales y angulares de las segundas porciones inspeccionadas respecto a un referencial elegido, así como eventualmente del identificador de la sonda SU utilizada para obtenerlos.

Gracias a este doble análisis según sentidos opuestos, se puede inspeccionar todo o parte de un eje motor AE (según las necesidades), como se resalta en las figuras 7 a 10. Más precisamente:

- 45 - las figuras 7 A a 7 C representan las primeras porciones de una parte de una pared que pueden ser cubiertas por tres sondas mono-direccionales, colocadas en la superficie externa SE y desplazadas relativamente y longitudinalmente de la derecha hacia la izquierda, con ángulos de emisión respectivamente iguales a 30°, 45° y 60° orientados según un primer sentido longitudinal (que va de la derecha hacia la izquierda),
- 50 - las figuras 8 A a 8 C representan las segundas porciones de esta misma parte de pared que pueden ser cubiertas por las tres mismas sondas mono-direccionales, colocadas en la superficie externa SE y desplazadas relativamente y longitudinalmente de la izquierda hacia la derecha, con ángulos de emisión respectivamente iguales a 30°, 45° y 60° orientados según un segundo sentido longitudinal (que va de la izquierda hacia la derecha).
- 55 - la figura 9 A representa las primeras porciones de esta misma parte de pared que pueden ser cubiertas por tres sondas de red de fase, colocadas en la superficie externa SE, por un sector angular comprendido entre 30° y 70° orientado según un primer sentido longitudinal (que va de la derecha hacia la izquierda),
- 60 - la figura 9 B representa las segundas porciones de esta misma parte de pared que pueden ser cubiertas por las tres mismas sondas de red de fase, colocadas en la superficie externa SE, por un sector angular comprendido entre 30° y 70° orientado según un segundo sentido longitudinal (que va de la izquierda hacia la derecha), y
- 65 - la figura 10 representa las terceras porciones de esta misma parte de pared que pueden estar cubiertas por una sonda de red de fase, colocada en la superficie interna SI, por un sector angular comprendido entre 30° y 70° orientado según un sentido longitudinal (que va de la izquierda hacia la derecha).

5 Teniendo en cuenta las formas de los perfiles de los radios internos R2 y externos R1 que presenta habitualmente la pared PA de los ejes AE y de los obstáculos habituales sobre éstos, el ángulo de emisión de una sonda SU mono-
 10 direccional debe generalmente poder variar entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto de la dirección longitudinal XX o transversal, y el sector angular de emisión de una sonda SU de red de fase debe generalmente estar comprendido entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto a la dirección longitudinal XX o transversal.

10 En los ejemplos de las figuras 7 a 10 cada flecha de doble sentido materializa la extensión longitudinal de la (primera) porción analizada por una sonda SU (colocada arriba). Se comprenderá que los obstáculos de un eje motor AE reducen notablemente, en algunas de sus partes, las extensiones longitudinales de las porciones que pueden ser técnicamente analizadas (cubiertas) por una misma sonda SU. Mas específicamente, en las partes que están situadas bajo las ruedas, las cuales tienen una probabilidad más importante de poseer defectos estructurales inducidos por la acción de enmangar a la fuerza y/o por las cargas soportadas, y por lo tanto ser objeto de una inspección (análisis) lo más precisa posible y lo más completa posible.

20 Los datos de análisis almacenados son extraídos por el módulo de procesamiento MT, que se encarga entonces de reagruparlos en función de las zonas del eje que éstos conciernen, y así constituir los mapas que representan las posiciones y las orientaciones de las indicaciones de los ecos transversales o longitudinales dentro de la pared PA.

Se recuerda que las indicaciones de los ecos resultan de una reflexión ya sea sobre una interfaz materia/aire o material/líquido, o sobre una imperfección, o aún sobre un defecto.

25 También se recuerda que los análisis longitudinales están más particularmente adaptados a la detección de imperfecciones y de defectos transversales (que son generalmente los más frecuentes), mientras que los análisis transversales están más particularmente adaptados a la detección de imperfecciones y de defectos longitudinales.

30 El hecho de inspeccionar materiales en dos sentidos opuestos, es decir, siguiendo direcciones de análisis muy diferentes permite detectar imperfecciones y defectos de menores dimensiones, por lo tanto, un mayor número de imperfecciones y defectos que con los procedimientos y dispositivos de control de las anteriores tecnologías adaptadas a los ejes completos (o masivos). Además, permite también una buena detección de imperfecciones y defectos oblicuos e inclinados (o "tiltés") en el interior de la pared PA.

35 Se notará que el módulo de procesamiento MT puede eventualmente ser habilitado para efectuar "correlaciones" entre los datos de análisis relativos a zonas idénticas que constituyen las zonas de recubrimiento de la(s) primera (s) y/o la(s) segunda(s) porciones de pared. Estos datos de análisis pueden así constituir mapas "brutos" de estas zonas de recubrimiento, eventualmente de tipo tridimensional (3D).

40 Los archivos de datos que constituyen los mapas brutos son preferentemente almacenados en una memoria MY. Estos mapas pueden ser mostrados en la pantalla EC, ya sea de forma individual (unos después de otros) o de forma agrupada (varios al mismo tiempo) en miras a ser analizados por un técnico, este análisis puede hacerse inicialmente de forma automatizada, para luego ser convertidos en mapas "corregidos" o en mapas "de defectos" que pueden ser mostrados en la pantalla EC de forma individual o de forma agrupada.

45 Muchos tipos de análisis comparativos pueden ser efectuados en los mapas "brutos".

50 Por ejemplo, el módulo de procesamiento MT puede estar encargado de comparar los datos de al menos ciertos mapas, que han sido obtenidos de un eje AE controlado, con los datos de primeros mapas de referencia que han sido obtenidos de un primer eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero desprovisto de defectos. En este caso, el módulo de procesamiento MT sólo retiene los datos que son representativos de las indicaciones de los ecos que no están presentes en los primeros mapas de referencia, con el fin de constituir mapas corregidos que se almacenaran en la memoria MY.

55 Como variante o complemento, el módulo de procesamiento MT puede estar encargado de comparar los datos de al menos algunos de los mapas (brutos o corregidos) que han sido obtenidos de un eje AE, con los datos de segundos mapas de referencia que han sido obtenidos de un segundo eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero que contiene defectos conocidos. En este caso, el módulo de procesamiento MT sólo retiene los datos que son representativos de las indicaciones de los ecos representativos de los defectos conocidos, presentes en las segundas cartas de referencia, con el fin de constituir los mapas de defectos que se almacenaran en la memoria MY.

60 Como variante o complemento, el módulo de procesamiento MT puede estar encargado de comparar a una amplitud umbral elegida las amplitudes de las indicaciones de los ecos representados en al menos algunos de los mapas. En este caso, el módulo de procesamiento MT sólo retiene los datos que son representativos de las indicaciones de los ecos cuyas amplitudes son superiores a la amplitud umbral elegida y que por este hecho se les considera de ser producidos por los defectos, con el fin de constituir mapas de defectos.

Por otra parte, también se puede considerar que el módulo de procesamiento MT genera una alarma (sonora y/o visual (mostrada en la pantalla EC)) cada vez que se detecta que una amplitud es superior a la amplitud umbral elegida.

5 Se representó en las figuras 11 A y 11 B dos ejemplos de mapas brutos obtenidos en una misma pared PA de eje motor AE. Los defectos estructurales detectados son referenciados DS.

10 Como se indicó precedentemente, se puede analizar una pared PA colocando las sondas SU en su superficie externa SE o bien en una superficie interna SI. Pero, también se puede considerar efectuar un doble análisis, por ejemplo comenzando por colocar las sondas SU en su superficie externa SE luego colocando algunas sondas SU en su superficie interna SI. Más precisamente, en este caso se colocan las sondas SU en la superficie externa SE de la pared PA en los primeros lugares elegidos y se analiza con estas sondas SU las primeras porciones elegidas de la pared PA en los primeros sectores angulares elegidos, orientados según un primer sentido longitudinal (o transversal), con el fin de adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas del eje AE respecto a las sondas SU. Luego, se re-sitúan al menos algunas sondas SU en la superficie externa SE de la pared PA en segundos lugares elegidos y se analiza con estas sondas SU las segundas porciones elegidas de la pared PA en los segundos sectores angulares elegidos, orientados según un segundo sentido longitudinal (o transversal), opuesto al primero, con el fin de adquirir los datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas del eje AE respecto de las sondas SU. Finalmente, se coloca al menos algunas de las sondas SU en la superficie interna SI de la pared PA en terceros lugares elegidos y se analiza con estas sondas SU las terceras porciones elegidas de la pared PA en terceros sectores angulares elegidos, orientados según al menos un sentido longitudinal (o transversal), incluso en dos sentidos opuestos, con el fin de adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas del eje AE respecto de las sondas SU.

25 El módulo de procesamiento MT constituye entonces, a partir del conjunto de los datos de análisis, mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos dentro de la pared PA.

30 Este doble análisis por el exterior y por el interior puede permitir cubrir la totalidad de las porciones de una pared PA a inspeccionar, este control puede resultar imposible por medio del solo análisis por el exterior, por el hecho de los perfiles de esta pared PA y/o los obstáculos sobre el eje AE.

35 También es posible efectuar un primer análisis longitudinal en los dos sentidos (como se indicó anteriormente) por el exterior (o el interior), luego un segundo análisis transversal en al menos un sentido por el exterior (o por el interior), y así constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos transversales dentro de la pared PA y también mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones los de ecos longitudinales dentro de esta misma pared PA.

40 También es posible efectuar un primer análisis longitudinal en los dos sentidos por el exterior, luego un segundo análisis transversal en al menos un sentido por el interior.

También es posible efectuar un primer análisis transversal en los dos sentidos por el interior, luego un segundo análisis en al menos un sentido por el exterior.

45 De manera general, todas las combinaciones de análisis longitudinal(es) y transversal(es) por el interior y por el exterior pueden ser consideradas.

50 Se notará que los análisis por el interior pueden en ciertos casos necesitar de un re-mecanizado al menos en los extremos del eje motor tubular AE, para permitir la colocación de al menos una sonda SU en el interior de este eje AE, contra la superficie interna SI de su pared PA, y además su eventual desplazamiento relativo por medios de desplazamiento MD apropiados.

55 Se notará también que los lugares de colocación de las sondas SU, los diferentes ángulos o los diferentes sectores angulares de análisis por ultrasonido de cada una de las sondas SU y las porciones de pared atribuidas a las diferentes sondas pueden eventualmente ser elegidos en función de obstrucción(es). Así, se puede considerar que una parte de un control sea realizada con un haz cuya dirección general es sensiblemente incluida en un plano que contiene la dirección longitudinal XX y en porciones de pared que presentan dos a dos tasas de recubrimiento elegidas, por ejemplo de un 50%, y/o que una parte de un control sea hecha con haces sucesivos cuyas direcciones generales están sensiblemente contenidas en planos que forman ángulos agudos con esta dirección longitudinal XX que se extienden entre 0° y +20° y entre 0° y -20°. Por otra parte, el ángulo de inclinación de los elementos de detección de una sonda SU puede ser elegido en función de las necesidades. A título de ejemplo no limitativo, un ángulo de 45° respecto de la dirección longitudinal XX puede ser elegido.

65 Se notará también, como lo sabe el experto, que la ganancia de cada transductor debe ser objeto de un ajuste durante una fase de calibración, por ejemplo para que la amplitud de la señal obtenida en el primer eco que proviene

de una interfaz de la pared PA corresponde a una amplitud igual por ejemplo a aproximadamente 50% de la dinámica total de la amplitud utilizada en los mapas.

Por otra parte, la fase de calibración comporta preferentemente una primera parte dedicada a la obtención de los mapas de referencia mencionados, que son representativos de los resultados de análisis por ultrasonido efectuados en un eje motor tubular de referencia del mismo tipo que aquellos que deben ser objeto de un control, pero sano (es decir sin imperfecciones, ni defectos estructurales). Esta primera parte de la fase de calibración permite en efecto conocer por adelantado los ecos que son inducidos por la geometría de la pared PA (particularmente de las esquinas y más generalmente de las zonas en las que el radio interior R2 o exterior R1 varía de forma importante) y así diferenciarlos de aquellos que son inducidos por las imperfecciones y defectos en los ejes motores tubulares AE a controlar.

Del mismo modo, la fase de calibración puede también comportar una segunda parte dedicada a la obtención de los mapas de referencia mencionados, que son representativos de los resultados de análisis por ultrasonido efectuados en un eje motor tubular de referencia del mismo tipo que aquellos que deben ser objeto de un control, este eje de referencia comprende defectos estructurales o artificiales característicos (como por ejemplo muescas o cavidades características) definidas en lugares elegidos. Estos defectos estructurales o artificiales característicos son definidos según un pliego de especificaciones técnicas y/o de normas que fijan un umbral de selección entre las imperfecciones y los defectos. Cuando la amplitud de la señal que proviene de los ecos de defectos naturales es inferior al umbral de selección se está ante una imperfección. En el caso contrario (superior al umbral) se está ante un defecto. Esta segunda parte de la fase de calibración permite en efecto conocer por adelantado los ecos que son inducidos por defectos estructurales o artificiales característicos y así poder detectarlos más fácilmente en los mapas, por comparación a un umbral de selección, los "objetos" que inducen los ecos (o firmas) de tipos similares en los ejes motores tubulares AE a controlar.

Una vez que se finaliza el análisis longitudinal y/o transversal por ultrasonido de un eje motor tubular AE, es posible efectuar al menos un análisis complementario de otro tipo. Por ejemplo, se puede efectuar un análisis de la superficie externa SE de la pared PA con el fin de adquirir datos de análisis de superficie por diferentes posiciones relativas del eje AE respecto de los medios de análisis de superficie.

Entre las técnicas de análisis de superficie que pueden ser utilizadas, se puede particularmente citar aquella llamada flujo magnético disperso y aquella llamada las corrientes de Foucault. Algunas de estas técnicas son ventajosas por el hecho de que proveen datos de análisis de superficie a partir de los que se pueden realizar mapas representativos de las posiciones y orientaciones de los defectos de superficie de la pared PA. Los archivos de datos que constituyen estos mapas de defectos de superficie son preferentemente almacenados en una memoria MY con el fin de que dichos mapas de defectos de superficie puedan ser mostrados en forma individual (unos después de otros) o de forma agrupada (varios al mismo tiempo), eventualmente con mapas de defectos estructurales (obtenidos por ultrasonido), en la pantalla EC en miras a ser analizados por un técnico y/o con una confrontación de los mapas obtenidos con las sondas SU. Esto también puede permitir una comparación automática por el dispositivo de los mapas de defectos de superficie y de los mapas obtenidos por ultrasonido.

Se notará que también se puede efectuar un análisis de superficie de tipo MPI ("Magnetic Particle Inspection"-inspección con partículas magnetizadas). Se recuerda que esta técnica consiste en recubrir la superficie externa SE de una pared PA por medio de partículas magnéticas y de un revelador, luego se magnetiza la pared a inspeccionar, y luego se observa (con los ojos) de forma visual bajo una luz UV (ultravioleta) las irregularidades de orientación de estas partículas magnéticas, las irregularidades de orientación son relacionadas a la presencia de defectos o imperfecciones. El inconveniente de esta técnica de análisis de superficie radica en el hecho de que no permite, por ahora, proveer mapas de defectos de superficie, y por lo tanto se basa exclusivamente en la observación visual del técnico que efectúa el control del eje AE, y necesita luego una comparación visual y no automática con los mapas obtenidos por ultrasonido. Se depende entonces de la interpretación del operador y de sus riesgos.

Se notará también que los mapas en cuestión pueden ser de todo tipo conocido por el experto, y particularmente de tipo A-Scan, B-Scan, C-Scan, D-Scan, S-Scan (o Sector Scan). A título de ejemplo puramente ilustrativo, se puede por ejemplo constituir mapas de tipo C-Scan (que proveen una representación de localización de la imperfección respecto de la geometría de la pieza) así como eventualmente mapas de tipo S-Scan (que proveen indicaciones de localización en el volumen, en posición de sonda fijada).

Gracias a la invención, es posible detectar imperfecciones y defectos de aproximadamente 2 mm de profundidad (es decir de alrededor de 5% del espesor nominal de la pared PA en la dirección radial), de alrededor de 5 mm de largo y de aproximadamente 1 mm de ancho. Además, imperfecciones y defectos longitudinales y transversales que presentan una oblicuidad según ángulos agudos típicamente inferiores a $\pm 25^\circ$ y preferentemente inferiores a $\pm 5^\circ$ pueden también ser detectados. Asimismo, cavidades (o "flaws") longitudinales o transversales que presentan ángulos de desorientación (o "tilt angles") que pueden ir hasta aproximadamente 60° pueden ser detectados.

La invención no se limita a los ejemplos de procedimiento ni del dispositivo de control de los ejes motores tubulares descritos anteriormente, sólo es a título de ejemplo, sin embargo ésta abarca todas las variantes que podría considerar el experto en el marco de las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de ejes motores por medio de sonda(s) de ultrasonido, que comprende las siguientes etapas:
- 5 a) colocar en un banco de control (BC) un eje motor (AE) que posee una pared (PA) que presenta perfiles de radios exterior e interior variables y conocidos, caracterizado por que comprende las etapas suplementarias,
- 10 b) colocar al menos una sonda de ultrasonido (SU) en la superficie externa (SE) o interna (SI) de dicha pared (PA) en un primer lugar elegido en función de sus perfiles y de los eventuales obstáculos sobre dicho eje (AE), luego analizar con cada sonda (SU) una primera porción elegida de dicha pared (PA) en un primer sector angular elegido, orientado según un primer sentido longitudinal o transversal, para así adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto a la sonda (SU),
- 15 c) re-situar al menos una sonda (SU) en al menos un segundo lugar elegido en función de los perfiles de la pared (PA) y de los eventuales obstáculos sobre el eje (AE), luego analizar con cada sonda (SU) una segunda porción elegida de dicha pared (PA) en un segundo sector angular elegido, orientado según un segundo sentido opuesto al primer sentido, para así adquirir otros datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas a dicho eje (AE) respecto a la sonda (SU),
- 20 d) constituir a partir de dichos datos de análisis adquiridos mapas representativos de las posiciones y orientaciones de indicaciones de los ecos transversales o longitudinales dentro de dicha pared (PA).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se efectúa una primera vez las etapas b) a d) colocando cada sonda de ultrasonido (SU) en la superficie externa (SE) de dicha pared (PA) y así constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos dentro de dicha pared (PA), luego se efectúa una segunda vez al menos las etapas b) y d) colocando al menos una sonda de ultrasonido (SU) en la superficie interna (SI) de dicha pared (PA) en al menos un tercer lugar, elegido en función de sus perfiles, luego analizando con cada sonda (SU) una tercera porción elegida de dicha pared (PA) en un tercer sector angular elegido, orientado según al menos un sentido longitudinal o transversal elegido, y así adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto de la sonda (SU), y constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos dentro de dicha pared (PA).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que se efectúa las etapas b) a d) al menos una vez colocando cada sonda de ultrasonido (SU) en la superficie externa (SE) o interna (SI) de dicha pared (PA) para efectuar un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado según una dirección longitudinal, y así constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos transversales dentro de dicha pared (PA), luego se efectúan nuevamente las etapas b) a d) al menos una vez colocando al menos una sonda de ultrasonido (SU) en la superficie externa (SE) o interna (SI) de dicha pared (PA) para efectuar un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado según una dirección transversal y así constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos longitudinales dentro de dicha pared (PA).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, que se caracteriza por que después de haber efectuado una etapa d) se prevé una etapa e) en la que se efectúa un análisis de al menos la superficie externa (SE) de dicha pared (PA), por medio de otra técnica de análisis diferente de aquella basada en los ultrasonidos, para adquirir datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto a una sonda (SU) y después de haber efectuado una etapa e) se efectúa una etapa f) en la que se constituyen a partir de estos datos de análisis adquiridos mapas representativos de las posiciones y orientación de las indicaciones de superficie de dicha pared (PA), dicha otra técnica de análisis es elegida entre un grupo que comprende la técnica llamada flujo magnético disperso y la técnica llamada las corrientes de Foucault.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que se analiza cada una de las primeras, segundas y eventuales terceras porciones de dicha pared por medio de un desplazamiento longitudinal relativo de al menos una sonda (SU) respecto a dicho eje (AE) y/o por medio de un barrido electrónico con al menos una sonda (SU).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que en al menos una de dichas etapas b), c) y e) las diferentes posiciones angulares relativas a dicho eje (AE) respecto de una sonda (SU) se obtienen impulsando dicho eje (AE) en rotación en relación a una sonda (SU) o viceversa.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que comprende una etapa g) en la que se compara los datos de los mapas obtenidos durante una etapa d) con datos de primeros mapas de referencias obtenidos en un primer eje de referencia de mismo tipo que aquel controlado, pero desprovisto de defectos, con el fin de sólo retener los datos representativos de las indicaciones de los ecos que no están presentes en dichos primeros mapas de referencias y así constituir los mapas corregidos, una etapa h) en la que se compara los datos

de los mapas obtenidos durante una etapa d) o g) con los datos de segundos mapas de referencia obtenidos en un segundo eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero que contiene defectos conocidos, con el fin de sólo retener los datos representativos de las indicaciones de los ecos representativos de los defectos conocidos presentes en dichos segundos mapas de referencia, y así constituir los mapas de defectos, una etapa i) en la que se compara una amplitud umbral elegida con las amplitudes de los datos de los mapas obtenidos durante una etapa d) o g) con el fin de sólo retener datos representativos de indicaciones de ecos cuyas amplitudes son superiores a dicha amplitud umbral y que señalan defectos, y así constituir mapas de defectos, en caso de detección de una amplitud superior a dicha amplitud umbral se genera una alarma y una etapa j) en la que se muestra al menos un mapa en una pantalla (EC).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que se utilizan sondas (SU) aptas para emitir ultrasonido según una única dirección de ángulo variable, dicho ángulo varía entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto de la dirección longitudinal o transversal.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que se utilizan sondas (SU) del tipo llamado de red de fase, aptas para emitir ultrasonido según direcciones comprendidas en un sector angular elegido, dicho sector angular está comprendido entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto a la dirección longitudinal o transversal.

10. Dispositivo de control de ejes motores, caracterizado por que comprende i) un banco de control (BC) dispuesto para recibir un eje motor tubular (AE) que posee una pared (PA) que presenta perfiles de radios exterior e interior variables y conocidos, ii) al menos una sonda de ultrasonido (SU) dispuesta para analizar al menos una porción elegida de dicha pared (PA) en un sector angular elegido y así adquirir datos de análisis, iii) medios de control (MC) dispuestos para manejar dicho banco de control (BC) para colocar cada sonda (SU) en la superficie externa (SE) o interna (SI) de dicha pared (PA) en un primer lugar elegido en función de sus perfiles y de los eventuales obstáculos sobre dicho eje de manera que analice al menos una primera y al menos una segunda porción elegidas de dicha pared (PA) respectivamente en al menos un primer y al menos un segundo sector angular elegido, orientados según el primero y segundo sentido longitudinal o transversal opuestos, y que adquiere así datos de análisis por diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto a una sonda (SU), iv) de los medios de procesamiento (MT) dispuestos para constituir a partir de dichos datos de análisis adquiridos mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos transversales o longitudinales dentro de dicha pared (PA).

11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que dichos medios de control (MC) están dispuestos para controlar una primera vez el desplazamiento relativo de al menos una sonda (SU) respecto a la superficie externa (SE) de dicha pared (PA) de tal manera que adquiera datos de análisis para diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto a la sonda (SU), luego para controlar una segunda vez el desplazamiento relativo de al menos una sonda (SU) respecto de la superficie interna (SI) de dicha pared (PA) de tal manera que analice al menos una tercera porción elegida de dicha pared (PA) en al menos un tercer sector angular elegido, orientado según un sentido longitudinal o transversal elegido y que adquiera así otros datos de análisis para diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto a la sonda (SU), y por que dichos medios de procesamiento (MT) están dispuestos para constituir a partir de dichos datos de análisis adquiridos mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos dentro de dicha pared (PA) y/o dichos medios de control (MC) están dispuestos i) para controlar al menos una primera vez el desplazamiento relativo de al menos una sonda (SU) respecto de la superficie externa (SE) o interna (SI) de dicha pared (PA) de tal manera que efectúe un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado siguiendo una dirección longitudinal, y que adquiera datos de análisis a partir de los cuales dichos medios de procesamiento (MT) van a constituir mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de los ecos transversales, luego ii) para controlar al menos una segunda vez el desplazamiento relativo de al menos una sonda (SU) respecto a la superficie externa (SE) o interna (SI) de dicha pared (PA) de tal manera que efectúe un análisis ultrasonoro en un sector angular orientado siguiendo una dirección transversal, y que adquiera datos de análisis a partir de los cuales dichos medios de procesamiento (MT) van a constituir mapas representativos de las orientaciones longitudinales y de las posiciones de las indicaciones de los ecos.

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 11, caracterizado por que comprende medios de análisis de superficie dispuestos para analizar al menos la superficie externa (SE) de dicha pared (PA), por medio de otra técnica de análisis diferente de aquella basada en los ultrasonidos, y así adquirir datos de análisis por diferentes posiciones relativas de dicho eje (AE) respecto de una sonda (SU), dichos medios de procesamiento (MT) están dispuestos para constituir a partir de estos datos de análisis adquiridos por dichos medios de análisis de superficie (MAS) mapas representativos de las posiciones y orientaciones de las indicaciones de superficie de dicha pared (PA), dichos medios de análisis de superficie son elegidos de un grupo que comprende medios de análisis de flujo magnético disperso y medios de análisis por corrientes de Foucault y medios de desplazamiento (MD) dispuestos para desplazar relativamente según la dirección longitudinal al menos una sonda (SU) respecto a dicho eje (AE), y por que dichos medios de control (MC) están dispuestos para controlar dichos medios de desplazamiento (MD) de tal manera que desplacen longitudinalmente y relativamente al menos una sonda (SU) respecto a dicho eje (AE) para que analice al menos una parte de dichas primeras, segundas y eventuales terceras porciones de dicha pared (PA), dichos medios de control (MC) están dispuestos para efectuar un barrido electrónico con al menos una sonda

(SU) para que analice al menos una parte de dichas primeras, segundas y eventuales terceras porciones de dicha pared (PA), dicho banco (BC) está dispuesto para impulsar en rotación dicho eje (AE) respecto a cada sonda (SU) para definir las diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto a cada sonda (SU) o dicho banco (BC) está dispuesto para impulsar en rotación al menos una sonda (SU) respecto de dicho eje (AE) para definir las diferentes posiciones angulares relativas de dicho eje (AE) respecto a la sonda (SU).

13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que dichos medios de procesamiento (MT) están dispuestos para comparar los datos de mapas obtenidos en dicho eje (AE) a controlar con los datos de primeros mapas de referencia obtenidos en un primer eje de referencia del mismo tipo que aquel controlado, pero desprovisto de defectos, con el fin de sólo retener los datos representativos de las indicaciones de los ecos que no están presentes en dichos primeros mapas de referencia y así constituir mapas corregidos, dichos medios de procesamiento (MT) están dispuestos para comparar los datos de mapas obtenidos en dicho eje (AE) a controlar con los datos de segundos mapas de referencia obtenidos en un segundo eje de referencia de mismo tipo que aquel controlado, pero que posee defectos conocidos, con el fin de sólo retener los datos representativos de las indicaciones de los ecos representativos de los defectos conocidos presentes en dichos segundos mapas de referencia, y así constituir mapas de defectos, dichos medios de procesamiento (MT) están dispuestos para comparar una amplitud umbral elegida con las amplitudes de los datos de mapas obtenidos en dicho eje (AE) a controlar, con el fin de sólo retener datos representativos de las indicaciones de los ecos cuyas amplitudes son superiores a dicha amplitud umbral y que señalan defectos, y así constituir los mapas de defectos y dichos medios de procesamiento (MT) están dispuestos para generar una alarma en caso de detección de una amplitud superior a dicha amplitud umbral.

14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que dichas sondas (SU) son aptas para emitir ultrasonidos según una única dirección de ángulo variable, dicho ángulo varía entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto a la dirección longitudinal o transversal.

15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que dichas sondas (SU) son del tipo llamado red de fase y son aptas para emitir ultrasonidos según direcciones comprendidas en un sector angular elegido, dicho sector angular está comprendido entre aproximadamente 0° y aproximadamente 70° respecto a la dirección longitudinal o transversal.

1/4

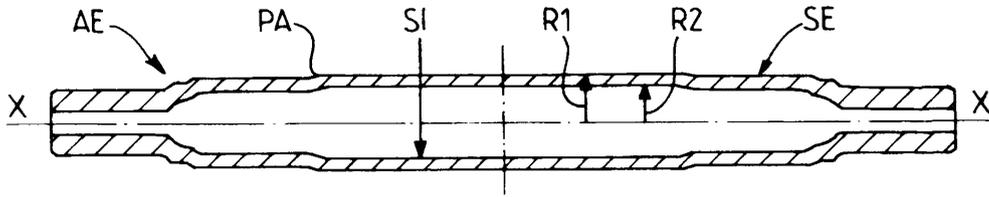


FIG.1

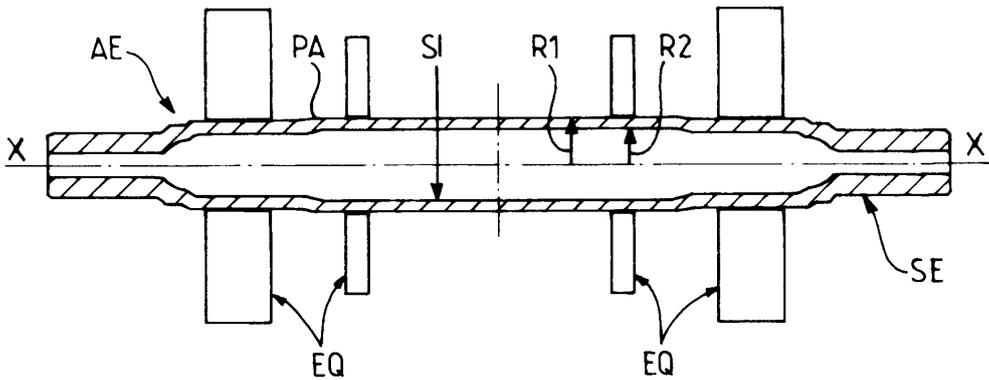


FIG.2

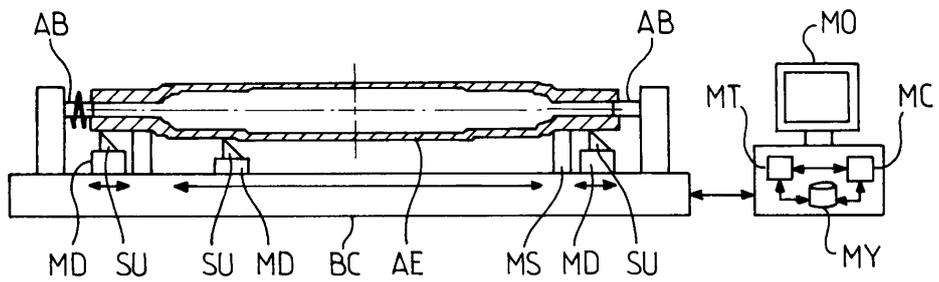


FIG.3

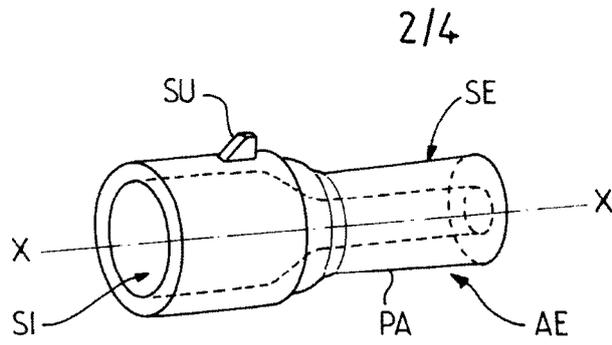


FIG. 4A

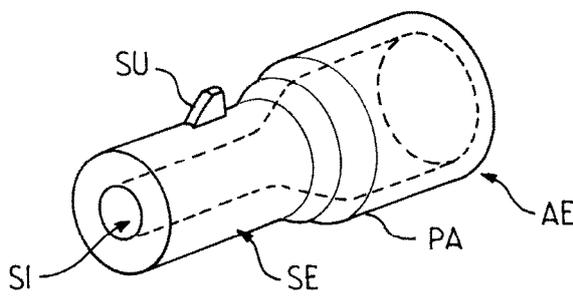


FIG. 4B

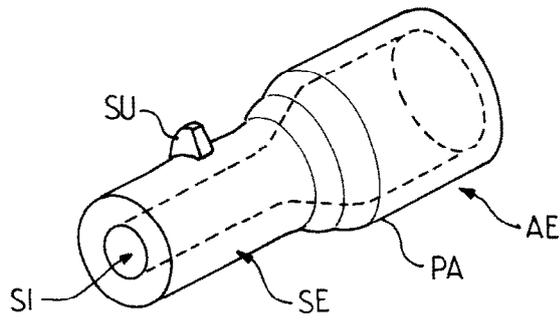


FIG. 5

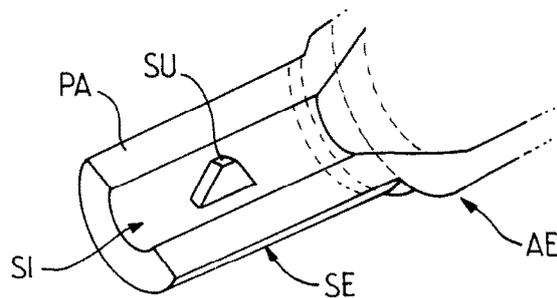


FIG. 6

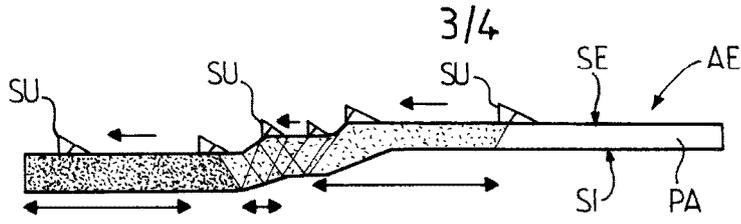


FIG. 7A

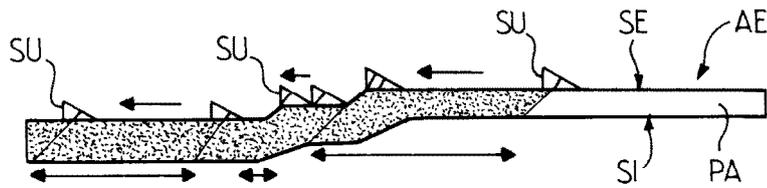


FIG. 7B

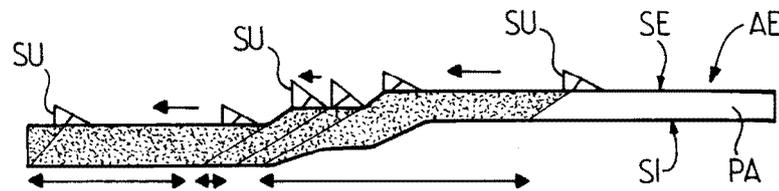


FIG. 7C

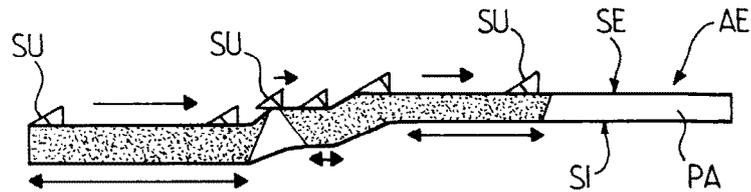


FIG. 8A

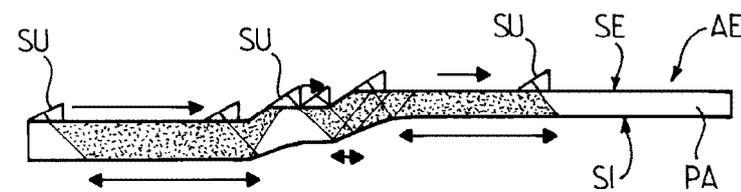


FIG. 8B

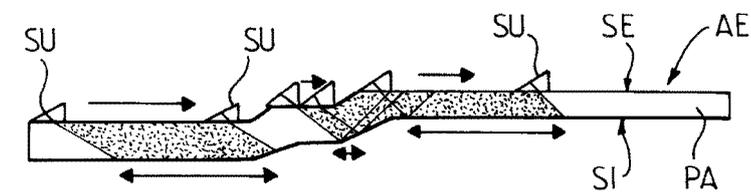


FIG. 8C

