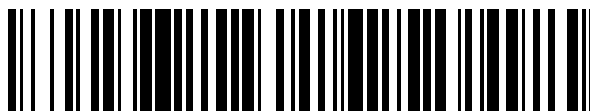


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 294**

51 Int. Cl.:
G01N 29/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05749739 .8**
96 Fecha de presentación: **12.05.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1751535**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.02.2007**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE DEFECTOS EN UNA PALA DE TURBINA POR MEDIO DE UNA RED ULTRASÓNICA EN FASE.**

30 Prioridad:
01.06.2004 EP 04012922

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.02.2012

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:
**CLOSSEN-VON LANKEN SCHULZ, Michael y
OPHEYS, Michael**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 374 294 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 para la determinación de defectos en una pala de turbina por medio de una red ultrasónica en fase

5 La invención se refiere a un procedimiento y a una instalación de medición y evaluación para la determinación de defectos en una pala de turbina así como a un dispositivo de fijación para la fijación de una cabeza de ensayo en una superficie de una pala de turbina.

10 Se conoce, en general, que los defectos, por ejemplo en forma de grietas, repercuten negativamente sobre la resistencia de un componente y, por lo tanto, también sobre la seguridad del componente. Tales grietas en la superficie de componentes se pueden propagar en determinadas condiciones. Esto afecta sobre todo en componentes como por ejemplo árboles, palas de turbinas o en particular patas de palas de turbinas, que experimentan, además de una carga estática, también una carga dinámica.

15 Procedimientos para la determinación de defectos en componentes se representan en los documentos DE 44 21 277 A1, DE 37 31 947 A1, WO 85/02464 A1 y EP 0 337 700 A2. En los documentos mencionados anteriormente, en cada caso se describe el procedimiento de penetración de la pintura utilizada para la verificación de grietas de una superficie. En este caso, se aplica sobre la superficie sobre la que deben verificarse las grietas un agente de contraste, que penetra en las grietas existentes. El agente de contraste se retira, dado el caso se limpia la superficie y se aplica un agente de revelado con un espesor de capa fina. El agente de contraste penetrado en las grietas se mezcla en los lugares geométricos de las grietas con el agente de revelado, de manera que en virtud de la capa final de agente de revelado se lleva a cabo una visualización del contorno de la grieta. A tal fin, por ejemplo, el agente de revelado tiene un color blanco y el agente de contraste tiene un color rojo o el agente de contraste es fluorescente.

20 El documento JP 2004/077357 publica un método para la verificación de una superficie de una pala de compresor.

El documento US 5 913 243 publica un método de ultrasonido para la verificación de una sección de rotor, en el que la cabeza de ensayo está adaptada a la superficie de la superficie del rotor.

25 Con los procedimientos mencionados anteriormente no es posible, sin embargo, investigar las patas de palas de turbinas en el estado montado.

Otro procedimiento para la determinación de defectos en componentes se representa en el libro "Werkstoffprüfung mit Ultraschall", J. + H. Krautkrämer, Springer-Verlag Berlín 1986. En particular en las páginas 110 a 111 se describe cómo se puede investigar una zona de un componente aprovechando la reflexión de una superficie interna en el componente con una cabeza de ensayo de emisión y una cabeza de ensayo de recepción por medio de ultrasonido. En lados exteriores opuestos entre sí del componente se disponen las cabezas de ensayo opuestas entre sí sobre estos lados exteriores. La cabeza de verificación de ensayo emite la señal de ultrasonido a la superficie a investigar. Desde allí se refleja hacia la cabeza de ensayo de recepción. Otra posibilidad para la investigación es el procedimiento en tándem, en el que las dos cabezas de ensayo están dispuestas una detrás de la otra sobre el mismo lado exterior. En este caso, se aprovecha un lado trasero del componente para una segunda reflexión. Sin embargo, ninguno de los procedimientos descritos es aplicable cuando solamente está presente un lado exterior accesible del componente y, además, no existe ningún lado trasero adecuado para la reflexión adicional de acuerdo con el procedimiento en tándem.

40 Otro procedimiento para la determinación de defectos en componentes es el llamado procedimiento de verificación de corrientes parásitas. En este caso, con una bobina de excitación se genera un campo magnético alterno, que provoca corrientes parásitas en el material a ensayar. Las corrientes parásitas tienen, por su parte, como consecuencia un campo magnético alterno, que se mide con una bobina de detección. Los errores del material en forma de defectos tienen una influencia característica sobre el campo magnético medido y se pueden detectar.

45 La corrosión por tensosifuración o defectos pueden conducir en el caso de una carga dinámica de partes giratorias, como por ejemplo de un disco de rueda sobre un rotor de una turbina a daños progresivos. Por lo tanto, es necesario verificar la existencia de defectos o bien de corrosión por tensosifuración a intervalos predeterminados en tales componentes. Los discos de ruedas o bien las patas de palas de turbinas o palas de turbinas, que están dispuestos asegurados contra rotación sobre un rotor por medio de pasadores axiales o radiales, no se pueden verificar por razones económicas porque el rotor debe despiezarse o bien las palas de turbinas deben desmontarse. Por lo tanto, es aconsejable realizar una verificación por ultrasonido en la zona de los ajustes de contracción o en las zonas adyacentes del material, en particular en la zona de la superficie interior del cubo o en la zona de los seguros contra giro axial en discos de ruedas. Sin embargo, la geometría del disco de la rueda es extraordinariamente complicada para una verificación por ultrasonido con cabezas de ensayo por ultrasonido en la zona interior del cubo no accesible y en la proximidad de seguros contra giro. La realización reproducible de verificaciones por ultrasonido choca, además, todavía con otros problemas. Como superficie de acoplamiento para las cabezas de ensayo por ultrasonido solamente están disponibles paredes laterales del disco de la rueda. Con frecuencia, la accesibilidad a las superficies de acoplamiento en el disco de la rueda está limitada por los discos de las ruedas adyacentes. Otro

problema consiste en que las trayectorias del sonido hacia reflectores condicionados por la geometría y hacia grietas eventualmente existentes, que parten desde el taladro del cubo pueden ser idénticas.

Por lo tanto, el cometido de la invención es indicar un procedimiento y una instalación de medición y evaluación para poder determinar defectos de palas de turbinas en el estado montado sobre un rotor.

5 El cometido referido al procedimiento se soluciona por medio de un procedimiento según la reivindicación 1.

El cometido referido a la instalación de medición y evaluación se soluciona por medio de una instalación de medición y evaluación de acuerdo con la reivindicación 6.

10 La ventaja de la invención se puede ver, entre otras cosas, en que se pueden determinar defectos en palas de turbinas en el estado montado. Se suprime un desmontaje y montaje intensivos de tiempo y, por lo tanto, costosos de las palas de turbina.

A través del empleo propuesto de cabezas de ensayo, que están configuradas como redes ultrasónicas en fase (Phased-Arrays), es posible modificar la dirección del ultrasonido irradiado o bien la dirección, desde la que se puede recibir el ultrasonido.

15 A través de este procedimiento es posible, por ejemplo, realizar análisis seguros y rápidos en una zona de previsión de fallos de patas de palas de turbinas. Las grietas se producen a través de una carga mecánica, térmica o corrosiva alta. En este caso, se producen grietas por fatiga o bien grietas por vibraciones. A través del procedimiento presentado es posible una detección precoz y una supervisión siguiente de defectos producidos.

20 La invención parte de que la cabeza de ensayo está fijada sobre la superficie de las palas de turbinas. La cabeza de ensayo se fija en este caso de tal forma que después de un aflojamiento de la cabeza de ensayo y una reinstalación siguiente de la cabeza de ensayo se adopta exactamente la misma posición que antes del desmontaje de la cabeza de ensayo. El posicionamiento de la cabeza de ensayo debe realizarse de forma muy exacta. Solamente de esta manera son posibles mediciones reproducibles. Durante una medición se emite desde la cabeza de ensayo una señal de impulso de ultrasonido y se recibe una señal de eco que procede de reflexiones en defectos o límites de forma.

25 A través del empleo de una cabeza de ensayo configurada como una red ultrasónica en fase es posible emitir la señal de impulso ultrasónico en diferentes direcciones. De esta manera se crea una posibilidad para llevar a cabo dichas exploraciones angulares sobre zonas angulares mayores. De esta manera, durante un proceso de medición se puede investigar una zona mayor de las palas de turbinas.

30 El procedimiento propuesto proporciona resultados de ensayo reproducibles y es adecuado para la aplicación práctica.

En una configuración ventajosa de la invención, como método de ensayo ultrasónico con redes ultrasónicas en fase se utiliza un método de impulso y eco.

Con el método de impulso y eco es posible determinar defectos muy precisos.

35 A través de una comparación de la señal de eco con una señal de eco de referencia se pueden determinar defectos, evaluando las diferencias entre la señal de eco y la señal de eco de referencia.

De manera más ventajosa, las señales de eco de referencia se determinan a partir de cálculos de modelos o a partir de mediciones en una pala de turbina esencialmente libre de defectos.

40 De manera más ventajosa, el intervalo angular está entre -45° y $+45^\circ$ frente a una dirección de radiación principal, de manera que la dirección de radiación principal se extiende esencialmente perpendicular a la superficie de la pala de turbina en el lugar de la cabeza de ensayo.

45 La invención parte de que para la fijación de una cabeza de ensayo en una superficie de pala de turbina se emplea un dispositivo de fijación. Con este dispositivo de fijación es posible recibir una cabeza de ensayo y posicionar de manera muy exacta esta cabeza de ensayo sobre la superficie de la pala de turbina. Incluso después de un desmontaje del dispositivo de fijación y de un montaje siguiente sobre la superficie de la pala de turbina, la cabeza de ensayo adopta exactamente la misma posición que antes del desmontaje del dispositivo de fijación.

El dispositivo de fijación se fabrica en este caso a partir de un material fácilmente deformable. Esto ofrece la posibilidad de que el dispositivo de fijación se pueda fabricar de manera rápida y económica.

El dispositivo de fijación está fabricado de plástico, madera o goma.

En una configuración ventajosa de la invención, el dispositivo de fijación se fabrica de tal manera que la forma

geométrica exterior del dispositivo de fijación, que está dirigida hacia la superficie de la pala de turbina, está adaptada a la forma geométrica exterior de la superficie de la pala de turbina y el dispositivo de fijación presenta una escotadura para el alojamiento de la cabeza de ensayo.

5 A través de la adaptación del dispositivo de fijación a la forma exterior de la superficie de la pala de turbina, lo que conduce, por decirlo así, a una forma de impresión negativa, es posible instalar la cabeza de ensayo siempre en el mismo lugar del lado a verificar de la pata de la pala de turbina.

De manera más conveniente, el dispositivo de fijación está realizado en este caso de manera que se puede montar fácilmente.

10 Para el montaje mejorado y para la buena transmisión del ultrasonido se coloca una pasta de transmisión de ultrasonido fácilmente deformable entre el dispositivo de fijación y la superficie de la pala de turbina.

A continuación se representan ejemplos de realización de la invención con la ayuda de las figuras. En las figuras, los componentes que realizan funciones similares están designados con los mismos signos de referencia.

En este caso, la figura 1 muestra una representación en sección a través de una turbina de vapor.

La figura 2 muestra una representación en perspectiva de una pala de turbina.

15 La figura 3 muestra una representación en perspectiva de una parte de una pala de turbina con un dispositivo de fijación.

La figura 4 muestra otra representación en perspectiva de una pala de turbina con un dispositivo de fijación.

La figura 5 muestra una representación en perspectiva de una parte de un rotor y de una instalación de medición y evaluación.

20 La figura 6 muestra una representación de un registro de medición con representación de un defecto.

La figura 7 muestra una representación de un registro de medición de una pala de turbina de referencia esencialmente libre de defectos.

25 En la figura 1 se representa una sección a través de una turbina de vapor 1. La turbina de vapor 1 presenta una carcasa exterior 2 y una carcasa interior 3. Un árbol 4 está alojado de forma giratoria alrededor de un eje de rotación 5. Sobre la superficie del árbol 6 están dispuestas unas palas de turbina 7 en dirección circunferencial. En la carcasa interior 3 están dispuestas unas palas de guía de la turbina 8. En el funcionamiento, el vapor circula a una zona de admisión de la corriente 9 y se expande durante el paso a través de un canal de circulación 10. El árbol 4 es desplazado en este caso en una rotación. Un rotor no representado en detalle de un generador se puede desplazar de esta manera en rotación.

30 En casos de revisión o en casos de daños, se abre, en general, la carcasa exterior 2 de la turbina de vapor 1, para que se posibilite el acceso hacia las palas individuales de la turbina 7 sobre el árbol 4.

35 En la figura 2 se puede ver en representación en perspectiva una pala de turbina 7. La pala de turbina 7 presenta una pata de pala de turbina 11. La pata de pala de turbina 11 representada en la figura 2 está configurada, por decirlo así, como pata de abeto. En el funcionamiento de la turbina de vapor 1 se producen fuerzas centrífugas altas en virtud de los números de revoluciones altos del árbol 4. Las fuerzas centrífugas altas pueden conducir a defectos en forma de grietas en las patas de las palas de turbinas 11 o incluso en una parte superior 12 de las palas de turbinas.

40 Los defectos pequeños en forma de grietas no se pueden detectar a simple vista en la mayoría de los casos. Las grietas pueden aparecer tanto sobre una superficie de las palas de turbinas 13 como también en el interior de las palas de turbinas 7.

En la figura 3 se puede ver una representación en perspectiva de una parte de las palas de turbinas 7 y de un dispositivo de fijación 14. El dispositivo de fijación 14 se fabrica a partir de un material fácilmente deformable. El dispositivo de fijación se puede fabricar de plástico, madera o goma. El dispositivo de fijación se puede fabricar también de un material fundido, que es rígido después de un endurecimiento.

45 El dispositivo de fijación 14 se fabrica de tal forma que la forma geométrica exterior del dispositivo de fijación 14, que está dirigida hacia la superficie de las palas de turbina 13, está adaptada a la forma geométrica exterior de una sección de la superficie de las palas de turbina 13. Como se puede deducir a partir de la figura 3, el dispositivo de fijación 14 está apoyado en un canto de la pala de turbina 15. De esta manera, no es posible un desplazamiento del dispositivo de fijación en una dirección de desplazamiento 16. Cuando el dispositivo de fijación 14 se retira fuera de

la pala de turbina 17 se puede instalar de nuevo exactamente en el mismo lugar.

El dispositivo de fijación 14 presenta una escotadura 17, en la que está dispuesta una cabeza de ensayo 18 de tal manera que se forma un paso para los rayos de ultrasonido. En la escotadura 17 se monta la cabeza de ensayo de tal manera que la cabeza de ensayo está retenida, por una parte, fijada mecánicamente en el dispositivo de fijación o está retenida de otra manera posible y, por otra parte, descansa lo más cerca posible sobre la superficie de la pala de turbina 13, para realizar la transmisión de las ondas de ultrasonido de la manera no destructiva posible. La cabeza de ensayo 18 presenta una salida de la cabeza de ensayo 19, que está conectada a través de una línea 20 con una instalación de medición y evaluación 21. El dispositivo de fijación 14 se monta por medio de una pasta de transmisión de ultrasonido fácilmente deformable en la superficie de la pala de la turbina 13.

Como pasta de transmisión de ultrasonido se puede emplear, por ejemplo un gel o adhesivo de ultrasonido.

De esta manera se puede configurar el dispositivo de fijación de forma que se puede montar fácilmente.

A través de la forma exterior del dispositivo de fijación 14 se suprime un montaje complicado. Con la pasta de transmisión de ultrasonido es posible realizar intersticios de aire muy pequeños, con lo que se puede introducir una señal de ultrasonido bien en un material. Con la ayuda de las señales de eco se puede verificar directamente el asiento del dispositivo de fijación.

En la figura 4 se puede ver otra representación en perspectiva de una pala de turbina 7 con un dispositivo de fijación 14. La forma exterior en el dispositivo de fijación 14' representado en la figura 4 no es idéntica con la forma exterior del dispositivo de fijación 14 representado en la figura 3. Como se representa en la descripción de la figura 3, el aspecto exterior del dispositivo de fijación 14 está adaptado a una sección determinada de la superficie de la pala de turbina 13. El dispositivo de fijación 14, 14' configura, por decirlo así, una forma negativa de la sección de la superficie de la pala de turbina 13.

En la figura 5 se puede ver una representación en perspectiva de una parte de un árbol 4 con palas de turbina 7. El dispositivo de fijación 14 dispuesto en un lugar de la pala de turbina 7 está conectado a través de una línea 20 en una instalación de medición y evaluación 21. La cabeza de ensayo 18 está configurada en este caso como red en fase o como cabeza de ensayo de red ultrasónica en fase.

Durante un ensayo de la pala de turbina 7 se emite desde la cabeza de ensayo 18 una onda ultrasónica en una dirección. La onda ultrasónica es reflejada en defectos o límites de forma y es detectada como señal de eco desde la cabeza de ensayo 18. La señal de eco es transmitida a la instalación de medición y evaluación 21. De esta manera, se utiliza un método de impulso y eco. En formas de realización alternativas, se puede utilizar el llamado procedimiento Pitch-Catch, en el que una cabeza de ensayo emite una señal de ultrasonido y otra cabeza de ensayo recibe esta señal.

A través del empleo de una cabeza de ensayo configurada como serie en fase es posible emitir la señal de impulso de ultrasonido en diferentes direcciones. De esta manera, es posible realizar sobre una zona angular mayor las llamadas exploraciones angulares. El intervalo angular se encuentra en formas de realización preferidas entre -45° y $+45^\circ$ frente a una dirección de radiación principal, de manera que la dirección de radiación principal se extiende esencialmente perpendicular a la superficie de la pala de turbina en el lugar de la cabeza de ensayo. En formas de realización especialmente preferidas, el intervalo angular está entre -85° y $+85^\circ$ frente a la dirección de radiación principal.

En la figuras 6 se representa el resultado de una medición de este tipo. En la parte izquierda de la figura 6 se configura una llamada exploración angular. La onda de ultrasonido ha sido emitida en este caso desde la cabeza de ensayo en un intervalo angular entre 0° y 80° . Las manchas oscuras en la exploración angular indican reflexiones en límites de forma o defectos. En la parte derecha de la figura 6 se puede ver una llamada imagen A. Una imagen A muestra, por decirlo así, la intensidad calculada o medida de la señal de eco en función del tiempo de propagación del ultrasonido o bien la distancia calculada a partir de ello desde la cabeza de ensayo hacia un límite de forma o un defecto.

En la parte izquierda de la figura 7 se representa una exploración angular, que ha sido tomada con la misma cabeza de ensayo 18 y el mismo dispositivo de fijación 14. Sin embargo, esta toma se realiza en una pala de turbina 7 que no presenta defectos. Las manchas oscuras en la exploración angular solamente proceden de reflexiones en límites de forma. La exploración angular representada en la parte izquierda de la figura 7 se puede designar también como señal de eco de referencia. De manera más conveniente, no sólo debería determinarse una señal de eco de referencia en una pala de turbina defectuosa, sino en varias de ellas. Además, es conveniente determinar la señal de eco de referencia a partir de cálculos de modelos.

En la figura 7 se puede reconocer que en el lugar identificaron con la cruz no se ha recibido ninguna señal de eco. En cambio, en la figura 6 en el lugar identificado con la cruz se ha recibido claramente una señal de eco. Las manchas oscuras restantes en la exploración angular en la figura 6 son casi idénticas a las manchas oscuras en la

exploración angular de la figura 7. La mancha oscura identificada con la cruz procede claramente de un defecto. De esta manera es posible deducir defectos en la pala de turbina 7 a través de la evaluación de las diferencias entre la señal de eco y la señal de eco de referencia. En formas de realización alternativas, la evaluación se puede realizar a través de un software de reconocimiento de imágenes.

- 5 Como medida preparatoria para el posicionamiento de la cabeza de ensayo sobre la superficie de la pata de turbina 13 sirven cálculos de modelos. Con la ayuda de los cálculos de modelos se simula, en un posicionamiento predeterminado de la cabeza de ensayo 18, cómo aparece una señal de eco prevista.

Las posiciones y los ángulos de sonorización se calculan a través de la simulación mencionada anteriormente.

- 10 Para cada zona a investigar de la pala de turbina 7 se prepara en cada caso un dispositivo de fijación 14 individual. El dispositivo de fijación 14 se puede designar como plantilla. De acuerdo con el tipo de pala se emplean cabezas de ensayo de series en fase variables horizontales y/o verticales. De acuerdo con la aplicación, se pueden detectar y analizar zonas de hasta 35 mm alrededor de una zona de previsión de fallos en una sola exploración angular.

- 15 Las investigaciones teóricas para la determinación de los parámetros de sonorización, de la posición de la cabeza de ensayo y del ángulo de sonorización se realizan con la ayuda de una simulación 3D. La fijación de los parámetros se realiza de forma iterativa, es decir, las posiciones de sonorización de la cabeza de ensayo, los ángulos de incidencia y los ángulos de sonorización se varían hasta que se alcanzan las condiciones de incidencia teóricamente más favorables. Para la visualización se realizan simulaciones correspondientes en el ordenador. A través del procedimiento es posible identificar la posición del defecto y la univocidad del defecto. La univocidad del defecto se consigue a través de una relación grande entre señal y ruido. Además del ángulo de incidencia, el tamaño de oscilador y la frecuencia de ensayo son parámetros importantes de la cabeza de ensayo. El ángulo de sonorización y el tamaño del oscilador se determinan de una manera decisiva por la geometría de la pata de la pala o bien por el tamaño de la superficie de acoplamiento. La frecuencia de ensayo se selecciona para que se alcance una buena resolución de fallos con una distancia grande entre señal y ruido. El tamaño del oscilador y la frecuencia de ensayo deben estar sintonizados entre sí para que con la ayuda de una divergencia de la concentración de ondas sonoras se puedan verificar defectos todavía en la posición de sonorización más desfavorable. Como parámetros variables deberían seleccionarse: lugar de sonorización, ángulo de sonorización. Las cabezas de ensayo 18 están integradas de forma sustituible en el dispositivo de fijación 14.

- 30 Una superficie de acoplamiento sobre la pata de la pala de turbina 11 y sobre la zona necesaria para el ensayo de la pala de turbina 7 debe estar libre de revestimientos (corrosión, contaminación, etc.) y de sustancias repelentes al agua (grasa, aceite, etc.). La amplitud de los datos de medición, el ángulo y el tiempo de propagación del sonido son registrados por la instalación de medición y evaluación 21. Los datos pueden ser llamados de nuevo para la evaluación posterior.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la determinación de defectos en una pala de turbina (7), caracterizado por las siguientes etapas:
- 5 - fabricación de un dispositivo de fijación (14), en el que la forma geométrica exterior del dispositivo de fijación (14) corresponde a la forma geométrica exterior de una sección de la superficie de la pala de turbina (13), en el que el dispositivo de fijación (14) presenta una forma de impresión negativa de la forma exterior de la superficie de pala de turbina (13), en el que el dispositivo de fijación (14) presenta una escotadura para la recepción de una cabeza de ensayo, en el que la cabeza de ensayo está montada en la escotadura,
 - 10 - instalación del dispositivo de fijación (14) sobre la superficie de la pala de turbina (13), en el que el dispositivo de fijación (14) se apoya en un canto de la pala de turbina, en el que el dispositivo de fijación (14) se dispone de forma no desplazable en una dirección de desplazamiento (15),
 - conexión de la cabeza de ensayo con una instalación de medición y evaluación (21),
 - 15 - medición a través de un método de ensayo por ultrasonido por medio de una red ultrasónica en fase (Phased-Arrays), en el que se emite una señal de impulso de ultrasonido y se recibe una señal de eco que procede de reflexiones en defectos o límites de forma,
 - comparación de la señal de eco con una señal de eco de referencia,
 - determinación de defectos a través de la evaluación de diferencias entre la señal de eco y la señal de eco de referencia.
- 20 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque como método de ensayo por ultrasonido por medio de una red ultrasónica en fase se utiliza un método de impulso y eco.
- 25 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la señal de eco de referencia se calcula a partir de cálculos de modelos.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la señal de eco de referencia se calcula a partir de mediciones en una pala de turbina (7) esencialmente libre de defectos.
- 30 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la señal de impulso de ultrasonido se puede emitir en un intervalo angular entre -45° y $+45^\circ$ con respecto a una dirección de radiación principal, en el que la dirección de radiación principal se extiende esencialmente perpendicular a la superficie de la pala de la turbina (13) en el lugar de la cabeza de ensayo (18).
- 35 6.- Instalación de medición y evaluación (21) para la determinación de defectos en palas de turbinas (7), caracterizada por:
- 40 - un dispositivo de fijación (14), adaptado a la forma geométrica de una sección a investigar de la superficie de la pala de turbina (13), para la fijación de una cabeza de ensayo (18) sobre la superficie de la pala de turbina (13),
 - en la que la superficie de la pala de turbina (13) presenta un canto de pala de turbina (15),
 - en la que el dispositivo de fijación (14) presenta una forma de impresión negativa de la forma exterior de la superficie de la pala de turbina,
 - 45 - en la que la forma geométrica exterior del dispositivo de fijación (14), que está dirigida hacia la superficie de la pala de turbina (13), está adaptada a la forma geométrica exterior de la superficie de la pala de turbina (13) y el dispositivo de fijación (14) presenta una escotadura para la recepción de la cabeza de ensayo (18),
 - en la que el dispositivo de fijación está apoyado en el canto de la pala de turbina (15) de tal manera que no es posible un desplazamiento en una dirección de desplazamiento (16),
 - 50 - en la que la cabeza de ensayo presenta una red ultrasónica en fase,
 - una fuente de señales de impulsos de ultrasonido conectada con la cabeza de ensayo (18),
 - un receptor de señales de eco de ultrasonido y
 - una instalación de representación para la representación de la señal de eco.
- 55 7.- Instalación de medición y evaluación (21) de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada porque el dispositivo de fijación (14) está fabricado a partir de un material fácilmente deformable como plástico, madera o goma.

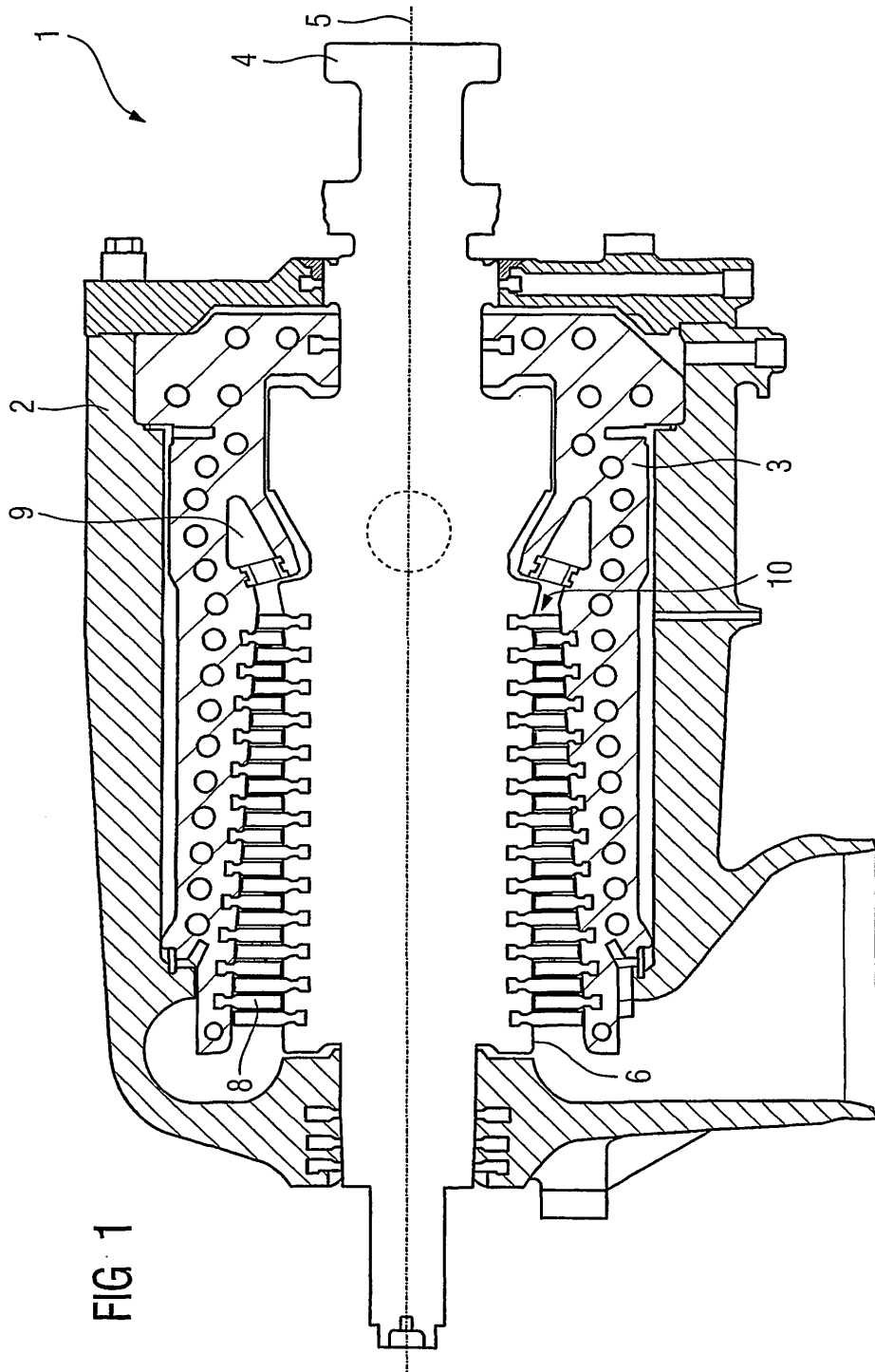


FIG 1

FIG 2

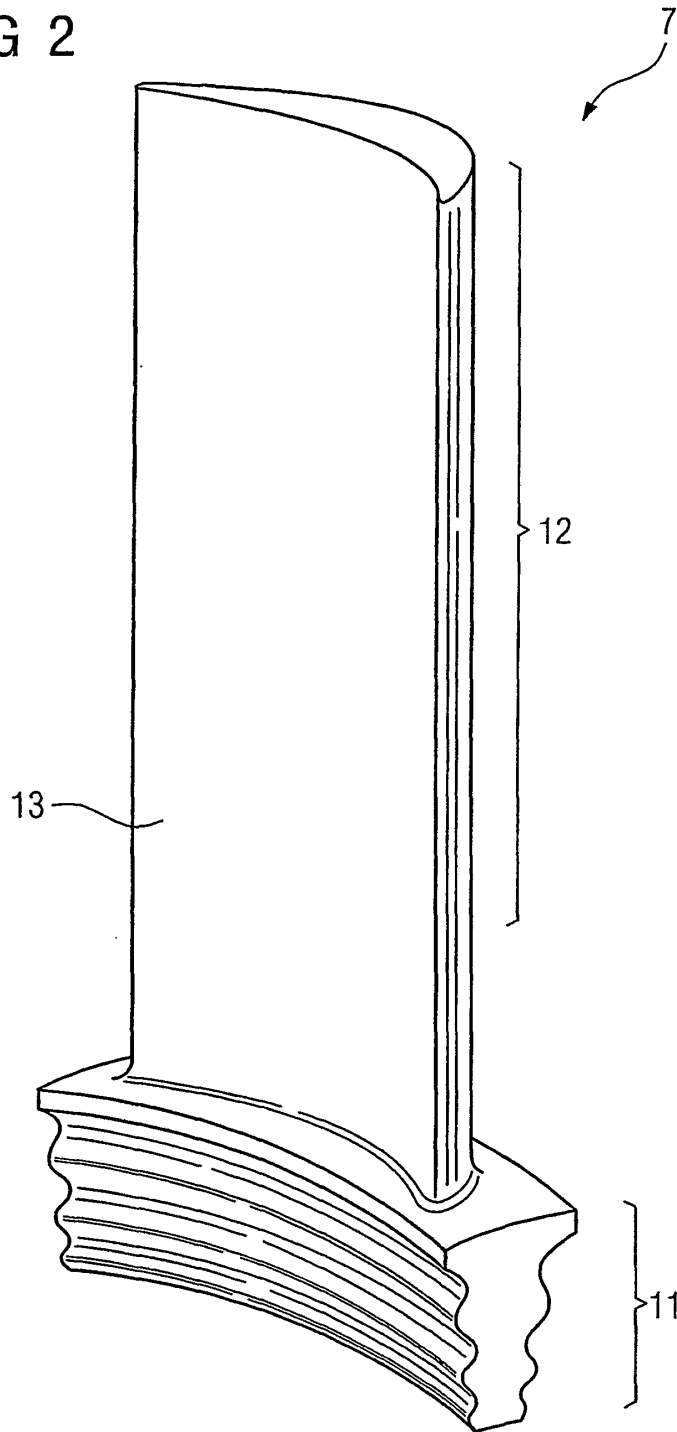


FIG 3

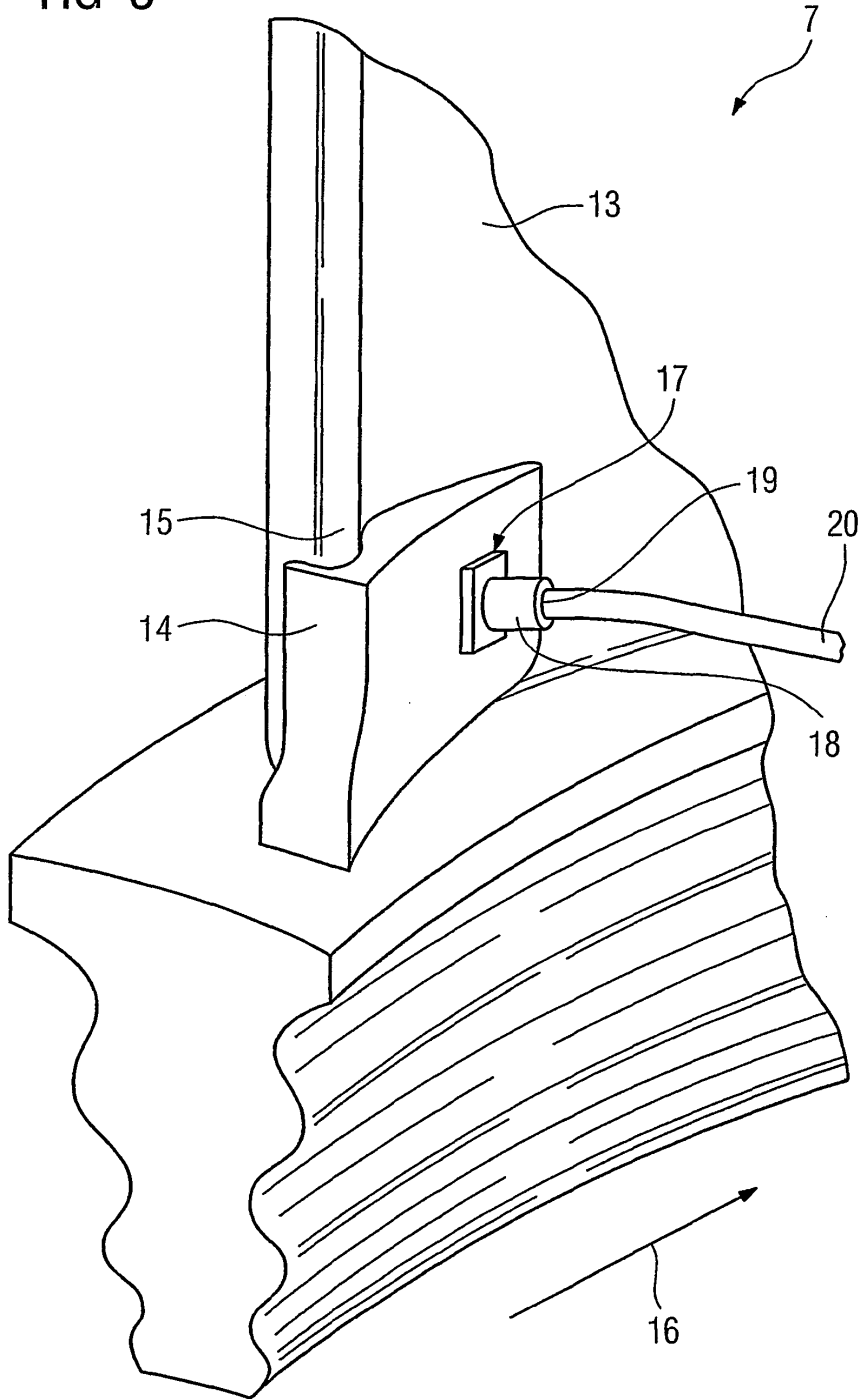


FIG 4

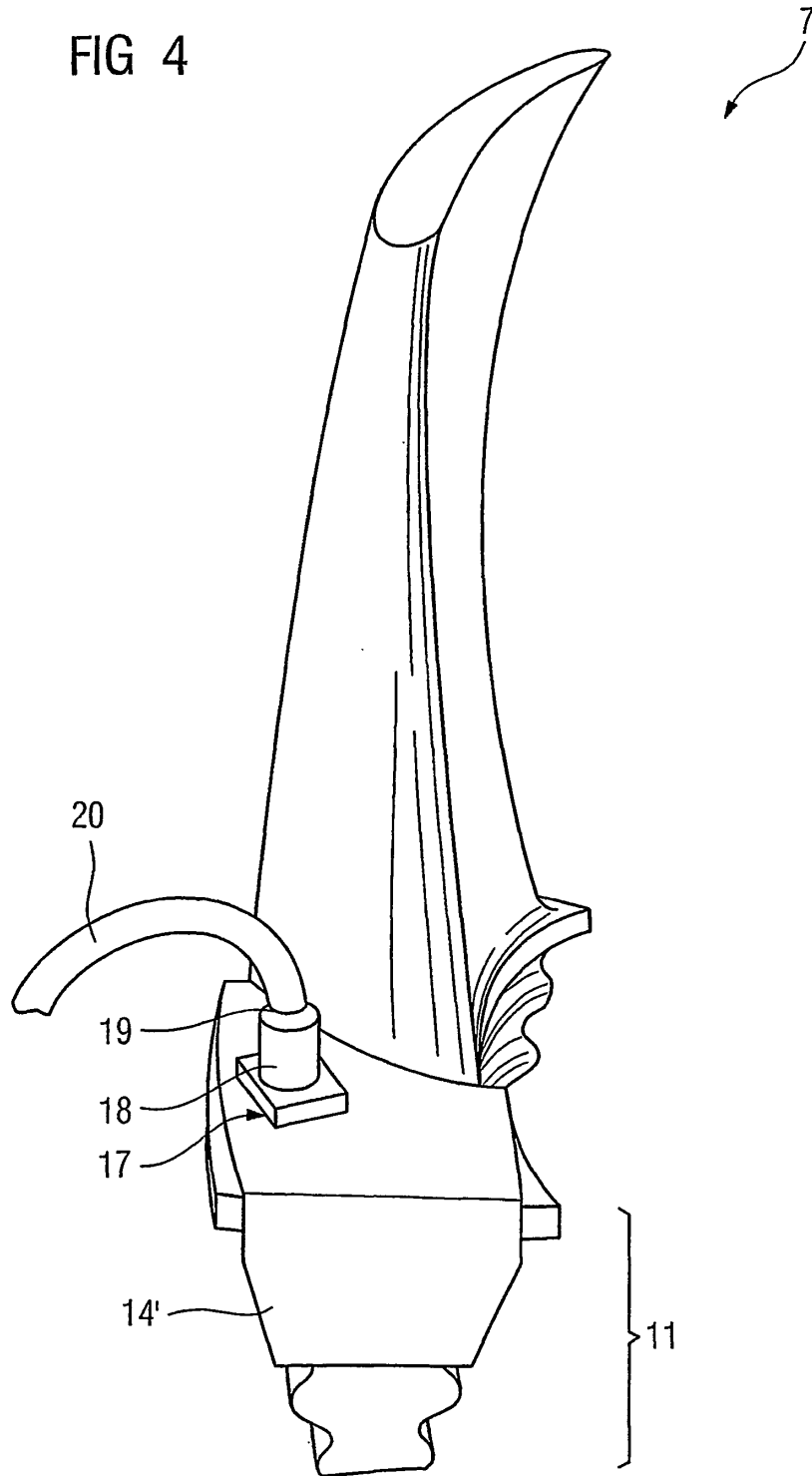


FIG 5

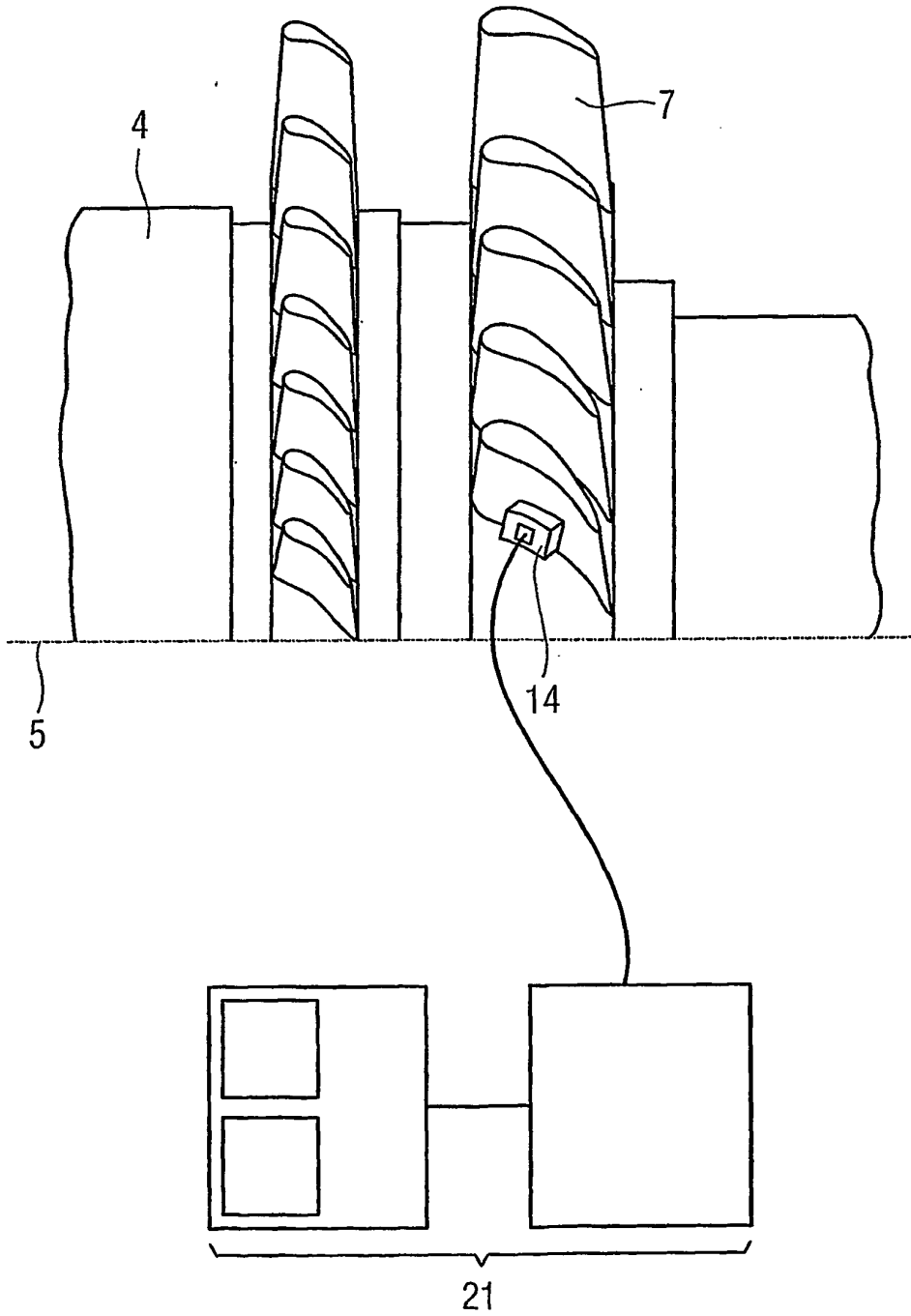


FIG 6

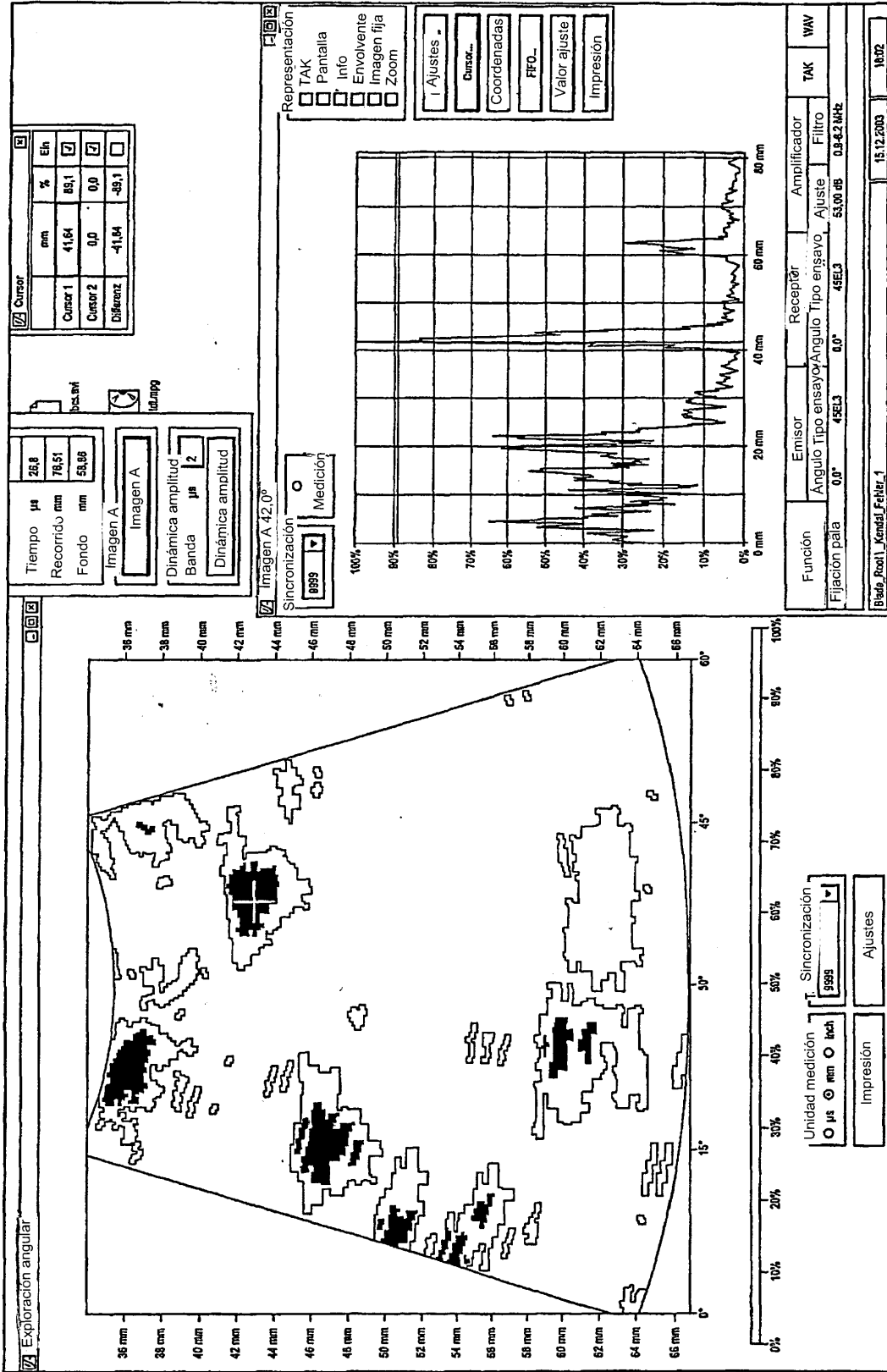


FIG 7

