

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 638**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

G01N 25/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2012 E 12182635 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 2565449**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la verificación térmica del estado estructural de plantas eólicas**

30 Prioridad:

01.09.2011 DE 10201111789

18.11.2011 DE 102011118833

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

02.09.2015

73 Titular/es:

**HGZ PATENTVERMARKTUNGS GMBH (100.0%)
Am Wambach 12
45481 Mühlheim, DE**

72 Inventor/es:

ZELL, HORST

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 544 638 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 verificación térmica del estado estructural de plantas eólicas

La presente invención se refiere a un procedimiento para comprobar el estado estructural de plantas eólicas en forma de ruedas eólicas que presentan varias palas de rotor, en donde las plantas eólicas o las palas de rotor son detectadas por una o varias instalaciones de registro termográfico instaladas en y/o dentro de un emplazamiento móvil y los valores de medición así determinados son evaluados en busca de posibles defectos.

En la medida en que se va incrementando la importancia de las energías regenerativas, en el transcurso de los últimos años se han construido cada vez más plantas eólicas en todo el ámbito internacional. Debido a los fuertes vientos que predominan sobre las superficies acuáticas, en particular de los mares, también se construyen cada vez más y más plantas eólicas offshore, es decir, mar adentro. Éstas tienen la ventaja decisiva de que se emplazan en sitios menos atractivos y, por lo tanto, no perjudican en el paisaje. Al igual que otras instalaciones industriales, las plantas eólicas también deben ser sometidas a un mantenimiento periódico a intervalos regulares. Esto es aún más aplicable a las plantas eólicas, debido a que las mismas están expuestas a elevadas cargas dinámicas. Por lo tanto, las verificaciones del estado estructural, en particular de las palas de rotor, deben efectuarse a intervalos comparativamente cortos.

En particular en el caso de las plantas eólicas offshore, estas inspecciones son muy problemáticas por vía marítima, debido a que el personal debe ser trasladado en una embarcación al sitio de la respectiva rueda eólica. Además, los trabajos de inspección en las palas del rotor requieren grandes habilidades acrobáticas, puesto que el personal debe disponer de una formación de montañismo o una formación de trepador industrial similar a la de los montañeros. Una condición previa adicional para esta inspección es que la respectiva pala de rotor se encuentre por lo menos aproximadamente en la posición horaria de las seis horas. Cuando la verificación de la primera pala de rotor se haya completado, es necesario girar la rueda eólica para llevar la siguiente pala de rotor a ser verificada a la posición horaria de las seis horas. Es obvio que esto va asociado con un considerable esfuerzo. Por el documento DE 10 2010 048 400.8 o el documento WO 2011/113402 A1 se conoce un procedimiento y un dispositivo para la verificación del estado estructural de plantas eólicas en forma de ruedas eólicas que presentan varias palas de rotor. Para esto se emplean vehículos aéreos, normalmente helicópteros. Los mismos disponen de instalaciones de detección apropiadas a bordo, por ejemplo, en forma de cámaras que registran imágenes de radiación térmica, con las que se captan los datos necesarios para la inspección. A este respecto, se ha demostrado que los valores de medición para las palas de rotor – de manera totalmente independiente de posibles defectos – en parte están severamente adulterados. Esto a su vez se debe principalmente a las cargas térmicas que actúan sobre las palas de rotor y que están relacionadas con su funcionamiento. Es decir, debido a la fricción con el aire durante la rotación, las palas de rotor se someten a una carga térmica; se calientan en mayor o menor medida, específicamente de una manera irregular a lo largo de los contornos de la pala de rotor. También se han demostrado como problemáticas las cargas dinámicas, condicionadas por la rotación de las palas de rotor. Un procedimiento similar que usa un dron se describe en el documento US 2010/013260 A1.

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en proveer un procedimiento para la verificación del estado estructural de plantas eólicas mediante instalaciones de detección termográfica, por el que se puedan determinar valores de medición tan exactos como sea posible.

Este objetivo se logra debido a que los valores de medición determinados se evalúan teniendo en cuenta las cargas térmicas y/o dinámicas condicionadas por el funcionamiento de las palas de rotor en el respectivo momento de la medición.

Durante el servicio normal en forma de la rotación de las palas de rotor y el movimiento de otros componentes estructurales sometidos a cargas dinámicas se producen importantes cargas térmicas. Las mismas están relacionadas principalmente con la fricción entre las palas de rotor y el aire durante la rotación. Debido a errores de aceleración, causados por la rotación, también se producen desviaciones adúltera antes. Los errores de medición asociados a esto afectan sustancialmente los resultados de medición de las instalaciones de detección termográfica. Por lo tanto, los valores de medición determinados sólo son evaluados o emitidos, respectivamente, después de haber tomado en cuenta correspondientemente las cargas térmicas condicionadas por el funcionamiento de las palas de rotor durante su rotación. A este respecto, se debe considerar el momento de la medición y la carga eventualmente existente en ese momento. La consideración de estas cargas tiene como resultado una evaluación y documentación plástica y precisa desde el punto de vista espacial y de posición.

Concretamente, esto significa que los datos de las cargas térmicas y/o dinámicas condicionadas por el momento de la medición se relacionan con los valores de medición determinados. Es decir, por una parte se determinan valores de medición absolutos a través del dispositivo termográfico. Éstos, sin embargo, luego deben relacionarse con los datos que toman en cuenta las cargas térmicas de las palas de rotor que estaban dadas en el momento de la medición. Formulando de otra manera, de los valores de medición determinados por vía termográfica se deben sustraer los datos que han sido influenciados por condiciones externas tales como la fricción con el aire, el tiempo, la temperatura ambiente, la época del año, etc. Lo que queda entonces son los valores de medición reales que permiten sacar conclusiones sobre defectos reales en las palas de rotor.

Finalmente, esto resulta en que los valores de medición se emiten tomando en cuenta los datos relacionados, es decir, después de procesar los errores de medición de temperatura mediante un software especial y una corrección asociada correspondiente se efectúa entonces la evaluación y emisión de los valores de medición relacionados, es decir, adaptados o corregidos, respectivamente. Los datos brutos de los resultados de medición se ven influenciados de manera determinante por el funcionamiento de las palas de rotor, es decir, por su rotación, durante la que se calientan debido a la fricción con el aire. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención está previsto que se tomen en cuenta las cargas térmicas causadas por fricción durante el funcionamiento de las palas de rotor. Lo mismo rige también para otras formas de carga térmica, tales como la radiación solar, la temperatura exterior, etc.

En otra forma de realización de la presente invención está previsto que se tomen en cuenta las cargas dinámicas condicionadas por la rotación de las palas de rotor. Esta corrección puede ser necesaria, si los errores de aceleración que se producen por la rotación de las palas de rotor pudieran tener un efecto adulterante sobre los resultados de medición definitivos.

Hasta un cierto grado estas cargas pueden ser estandarizadas, ya que las cargas térmicas y dinámicas de las palas de rotor corresponden a ciertas leyes o regularidades, en particular aquellas causadas por la fricción con el aire en el caso de las cargas térmicas y aquellas condicionadas por la rotación en el caso de las cargas dinámicas. En este sentido se debe entender la propuesta conforme a la que las cargas térmicas y/o dinámicas se han de tomar en cuenta separadamente por segmentos de la pala de rotor.

De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, está previsto que las palas de rotor se dividan en segmentos, secciones o zonas que se extienden en la dirección de su eje longitudinal y/o de su eje transversal. Es decir que de manera ventajosa por una parte se hace una división de las palas de rotor en secciones correspondientes en la dirección de su eje longitudinal. Por otra parte, también se forman secciones que se extienden en dirección del eje transversal o de manera paralela al mismo, respectivamente. Posteriormente, en el marco de la evaluación, los distintos segmentos son asignados a la respectiva pala de rotor y, dentro de lo posible, se unen para formar una representación completa o una representación parcial representativa.

De particular importancia, debido a su elevada necesidad de corrección en cuanto a los valores de medición captados por un dispositivo de detección termográfica, es la dirección del eje transversal de una pala de rotor. Por lo tanto, está previsto que en la dirección del eje transversal de una pala de rotor se tomen en cuenta por lo menos los segmentos correspondientes al borde delantero, la superficie de la pala y el borde trasero. Durante la rotación de las palas de rotor, la corriente de aire experimenta una elevada aceleración, en particular en el borde delantero de la pala de rotor, es decir que las partículas de aire y la pala de rotor en esta zona se calientan de manera particular, lo que al mismo tiempo conlleva una elevada necesidad de corrección en cuanto a los resultados de medición. Debido a la reducción de la aceleración sobre la superficie propiamente dicha de la pala de rotor, la temperatura que se desarrolla en esta zona normalmente es menor. La misma se incrementa entonces nuevamente en dirección hacia el borde trasero, aunque en una medida menor comparado con el borde delantero. Estos datos estandarizados para la temperatura de la pala de rotor en funcionamiento deben ser tomados en cuenta y sustraídos en la emisión de los datos de medición definitivos, a fin de prevenir resultados de medición adulterados.

Para la toma de los valores de medición termográficos, se piensa en particular al uso de un vehículo aéreo homologado tripulado o no tripulado, tal como un helicóptero, un globo aerostático, un zepelín, una cometa o un dron. Los helicópteros de modelo / drones con un peso menor de 25 kg no requieren una homologación de tráfico y no se usan para la verificación del estado estructural.

Los datos se registran desde una distancia preferente entre la pala del rotor y el dispositivo de detección de aproximadamente 0,01 a 10.000 m.

El dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende en un ejemplo de realización preferente cinco componentes. A este respecto, se trata en primer lugar de un vehículo aéreo de tipo homologado o una aeronave tripulada, tal como un helicóptero, un balón aerostático, un zepelín, una cometa o un dron, así como una o varias instalaciones o dispositivos de detección termográfica. Dado el caso, esto se usan de manera paralela a otros instrumentos adicionales que funcionan en base a registros termográficos o de otro tipo, tales como aparatos basados en tecnología de radar, ultrasonido-terahertz, láser o exploración 3D, en donde a través de estos últimos en particular es posible producir tomas tridimensionales. De esta manera se pueden hacer tomas desde diferentes ángulos. Todas estas imágenes obtenidas también por medio de diferentes técnicas, por ejemplo, termografía, terahertz, exploración 3D, láser, radar, ultrasonido y/o infrarrojos, de preferencia la técnica infrarroja de banda dual, se pueden superponer en el resultado. Por lo tanto, es posible determinar con mayor precisión la posición del objeto medido en la profundidad de la pala de rotor. Se usan cajas compactas para alojar uno o varios de dichos instrumentos de registro. El helicóptero recorre las palas de rotor de manera individual o conjunta, independientemente de su posición o de su condición general. A este respecto se efectúa un escaneo de las palas de rotor individuales, preferentemente mediante ondas terahertz, en el que se registra, por ejemplo, la densidad de material de la pala de rotor. Con este procedimiento también se puede obtener en particular buena información de profundidad. De manera ventajosa, la exploración también es posible en instalaciones sucias o contaminadas, por ejemplo, por cristales de sal. Como tercer componente, el dispositivo comprende una unidad para el almacenamiento (intermedio) de estos datos, y como cuarta componente la unidad de acuerdo con la presente

- invención, mediante la cual los valores de medición determinados son evaluados tomando en cuenta las cargas térmicas y/o dinámicas condicionadas por el funcionamiento de las palas de rotor en el momento de la medición. Esto se realiza ventajosamente en una etapa de procedimiento separada y automática, antes de la emisión propiamente dicha de los valores de medición, a través de los que entonces se pueden sacar conclusiones en relación a eventuales defectos en las palas de rotor. Finalmente, el dispositivo comprende una unidad para la emisión de los valores de medición definitivos, corregidos y calculados tomando en cuenta las cargas térmicas y/o dinámicas específicas de las palas de rotor durante su funcionamiento, dando así al personal que hace la evaluación la capacidad de poder formarse literalmente una imagen sobre el estado estructural de la pala de rotor inspeccionada.
- Una forma de realización adicional de la presente invención prevé que la pala de rotor en su totalidad y/o sólo en su superficie se inspeccione bien sea en condición parada o en funcionamiento, para lo que también son apropiados, entre otros, procedimientos por escaneo o medición mediante láser.
- De acuerdo con otra variante de la presente invención, está previsto que los datos obtenidos mediante exploración o medición termográfica o por terahertz se relacionen mutuamente. Sobre el cuerpo explorado, tal como la pala de rotor, la góndola de carcasa, la torre o el puente, se pueden superponer, por ejemplo, mediciones termográficas o de terahertz, a fin de poder localizar las posiciones de defectos individuales.
- Por lo tanto, la presente invención se caracteriza en particular por que se crea un procedimiento un procedimiento para la verificación o comprobación del estado estructural de obras de construcción tales como edificios, torres, mástiles, puentes y, en particular, de plantas eólicas. Además de la torre y la góndola de carcasa de una planta eólica, la presente invención también se refiere a ruedas eólicas, en particular aquellas usadas en plantas eólicas offshore, en donde los datos de medición obtenidos a través de una instalación de detección termográfica pueden ser corregidos. Esto posibilita una evaluación y documentación plástica, espacial y exacta en cuanto a la posición. La corrección se efectúa de tal manera que los datos se relacionan con los valores de medición determinados por vía termográfica, por lo que se pueden tomar en cuenta las cargas térmicas condicionadas por el funcionamiento de las palas de rotor en el momento de la medición, en particular por fricción y cargas dinámicas causadas por la rotación de las palas de rotor. Debido al uso de un helicóptero, es posible una lograr aplicación flexible que en particular también es totalmente independiente de la forma, el tipo y el tamaño de la rueda eólica a ser inspeccionada. Es factible el uso en palas de rotor dispuestas de manera giratoria alrededor de un eje horizontal, al igual que en palas de rotor dispuestas de manera giratoria alrededor de un eje vertical.
- Otros detalles y ventajas del objeto de la presente invención se derivan de la siguiente descripción de los dibujos adjuntos, en los que se representa un ejemplo de realización preferente con los detalles y componentes individuales requeridos para este fin.

En las figuras:

- La figura 1 muestra un helicóptero en un operativo junto a una rueda eólica.
 La figura 2 muestra una pala de rotor.
 La figura 3 muestra una sección de dicha pala de rotor.

- La figura 1 muestra una rueda eólica 1 que forma parte de una planta eólica emplazada en un medio acuático que se representa simbólicamente mediante la indicación del nivel de superficie del agua y asignándole el numeral de referencia 15. La rueda eólica 1 comprende una torre 5 anclada en el fondo marino y/o anclada de manera flotante, sobre la que se encuentra posicionada la rueda eólica propiamente dicha. Con los numerales de referencia 3 y 4 se designan dos palas de rotor que pueden girar alrededor de un eje horizontal 17, mientras que con el numeral 7 se designa el cubo y con el numeral 8 la así llamada góndola, que se encuentra dispuesta de manera giratoria sobre el sistema de seguimiento de la dirección del viento 9. Esta rueda eólica 1, o más precisamente su pala de rotor 4, la torre 5 o la góndola 8, en la representación de acuerdo con la figura 1, en ese momento son captadas desde un helicóptero 2 por medio de una instalación de detección termográfica 11 realizada como cámara 6 e instalada en dicho helicóptero. También es posible un registro por medio de, por ejemplo, ondas terahertz, exploración 3D o tecnología de láser. El posicionamiento de las palas de rotor 3, 4 a este respecto es igualmente insignificante como su condición, y en particular las palas de rotor 3, 4 tampoco tienen que ser liberadas de suciedad u otras contaminaciones antes de la inspección aquí representada.
- La figura 2 se representa una pala de rotor 3 de este tipo con los segmentos que se extienden a lo largo de su eje longitudinal 17, siendo en este caso cuatro segmentos 20 a 23.
- Finalmente, la figura 3 muestra el segmento designado con el numeral de referencia 22 en la figura 2 o, respectivamente, la sección correspondiente entre los dos ejes transversales 18' y 18'' en una representación ampliada. Las cargas térmicas, es decir, aquellos puntos que debido a la rotación de las palas de rotor se calientan de manera particular, se representan como picos. Éstos se encuentran sobre todo en el borde delantero 24 de la pala de rotor 3 y se designan a modo de ejemplo con los numerales de referencia 27, 28 y 29. La carga térmica se reduce claramente en dirección hacia la superficie de pala 25; la aceleración es menor y el calentamiento disminuye correspondientemente. La carga térmica luego vuelve a incrementarse en dirección hacia el borde trasero 26 de la

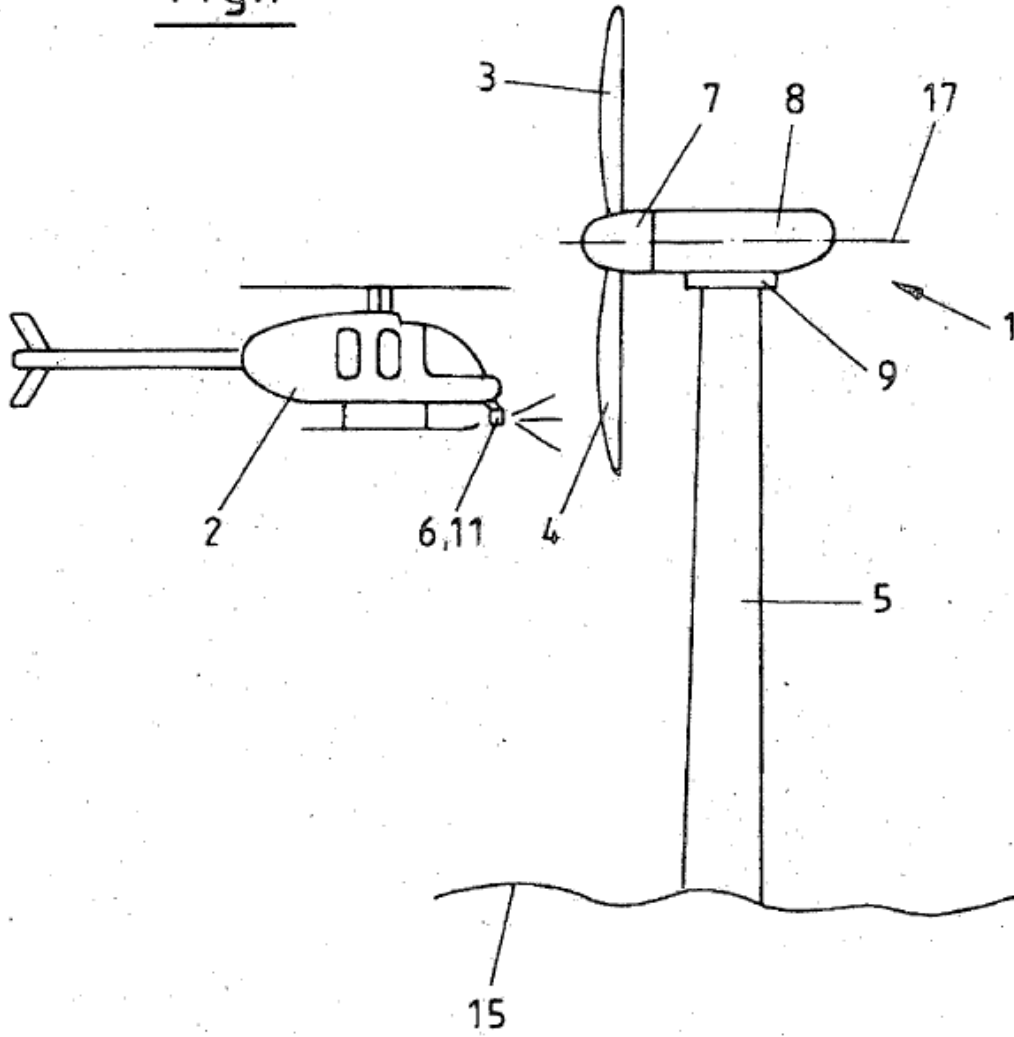
pala de rotor 3, simbolizado por los picos 30, 31, 32, que sin embargo son sustancialmente menores en comparación con los picos 27, 28 y 29 en el borde delantero 24 de la pala de rotor 3. Con el procedimiento de acuerdo con la presente invención, los resultados de medición definitivos son depurados por estos datos relacionados con la carga térmica. Por lo tanto, la evaluación para detectar posibles defectos en las palas de rotor se realiza tomando en cuenta estas cargas térmicas, según se representa a modo de ejemplo en la figura 3.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para verificar el estado estructural de plantas eólicas en forma de ruedas eólicas (1) que presentan varias palas de rotor (4), en donde las plantas eólicas son exploradas por una o varias instalaciones de detección termográfica (6) instaladas en y/o dentro de un emplazamiento móvil (2) y los valores de medición así determinados son evaluados en busca de posibles defectos, **caracterizado porque** los valores de medición determinados se evalúan tomando en cuenta las cargas térmicas y/o dinámicas condicionadas por el funcionamiento de las palas de rotor (4) en el momento de la medición.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los datos de las cargas térmicas y/o dinámicas condicionadas en el momento de la medición se correlacionan con los valores de medición determinados.
- 10 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** los valores de medición se emiten tomando en cuenta los datos correlacionados.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** se toman en cuenta las cargas térmicas causadas por la fricción durante el funcionamiento de las palas de rotor (4).
- 15 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** se toman en cuenta las cargas dinámicas condicionadas por la rotación de las palas de rotor (4).
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** las cargas térmicas y/o dinámicas se toman en cuenta separadamente por segmentos de la pala de rotor (4).
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** se toman en cuenta por lo menos los segmentos que comprenden el borde delantero (24), la superficie de pala (25) y el borde trasero (26).
- 20 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** como emplazamiento móvil se usa un vehículo aéreo de tipo homologado y/o una aeronave tripulada tal como un helicóptero (2), un balón aerostático, un zepelín, una cometa o un dron.
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** las tomas termográfica se realizan mediante la técnica de infrarrojos de banda dual.
- 25 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la pala de rotor (4) se explora en su totalidad y/o sólo en su superficie en estado parado o en funcionamiento.
11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** se correlacionan datos obtenidos por escaneo y por medición termográfica o medición de terahertz, respectivamente.

Fig.1



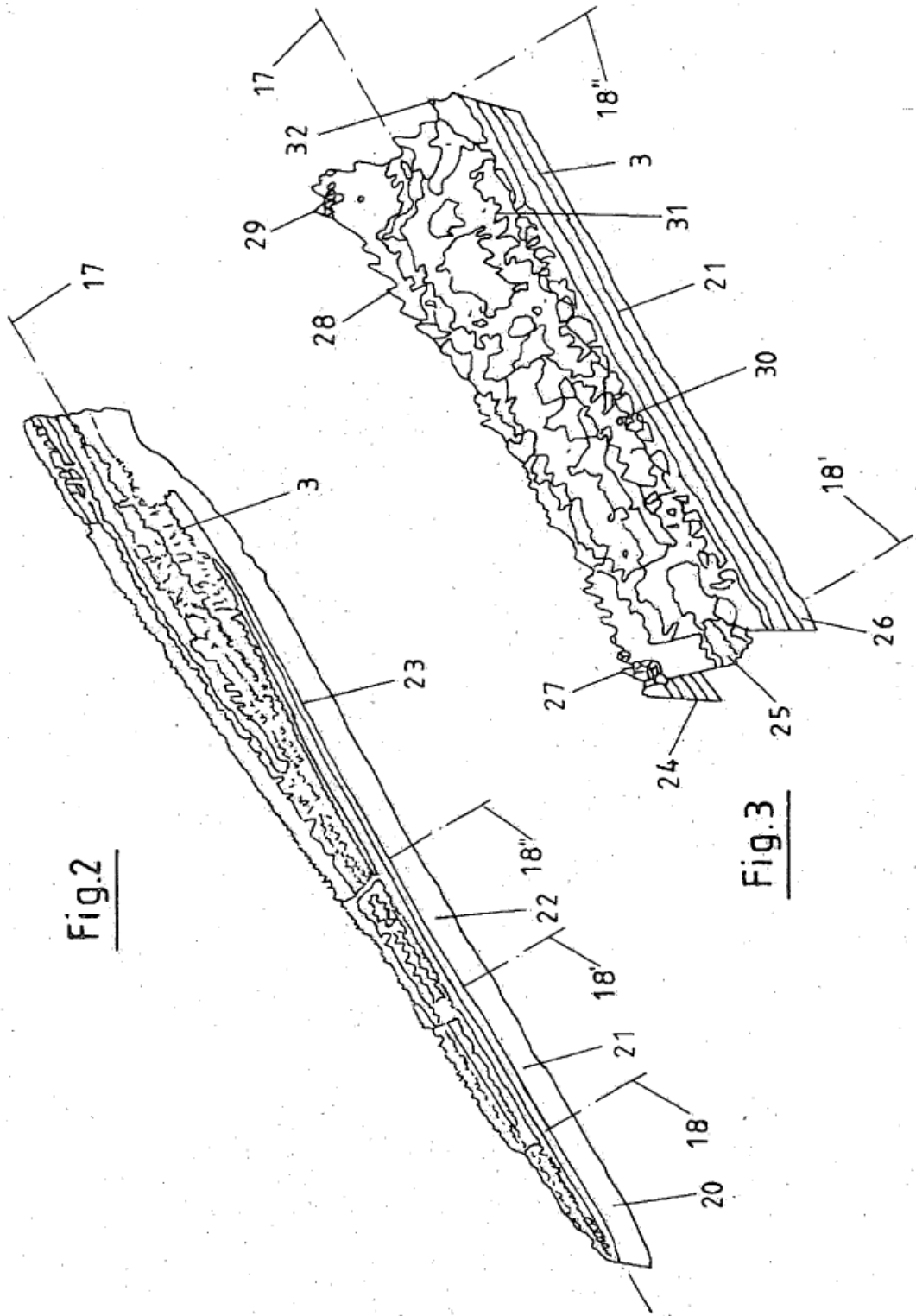


Fig.2

Fig.3