

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 504**

51 Int. Cl.:

G01B 7/06 (2006.01)

G01N 27/82 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2011 E 11188057 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013 EP 2453201**

54 Título: **Método para detectar el grosor de las paredes de cuerpos huecos manufacturados hechos de material no ferromagnético**

30 Prioridad:

10.11.2010 IT TO20100896

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

15.11.2013

73 Titular/es:

**ALENIA AERMACCHI S.P.A. (100.0%)
Via Ing. Paolo Foresio 1
21040 Venegono Superiore (Varese), IT**

72 Inventor/es:

**INSERRA IMPARATO, SABATO;
GROSSO, FELICE;
PELUSI, VINCENZO;
RAFFONE, MARCO;
DELLI CARRI, ALFONSO y
ARNONE, CARLO**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 429 504 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

Método para detectar el grosor de las paredes de cuerpos huecos manufacturados hechos de material no ferromagnético

5 La presente invención se refiere a un método para detectar el grosor de las paredes de cuerpos huecos manufacturados, que incluyen pero no se limitan a cuerpos huecos manufacturados alargados, que tienen secciones transversales de cualquier forma, como tubos, admisiones de aire para motores, ejes huecos para barcos, y similares. El método puede usarse en cuerpos manufacturados hechos de materiales no ferromagnéticos como compuestos de fibra de carbono, aluminio, madera y otros.

15 La presente invención se desarrolló en el campo de la fabricación de aeronaves, con el fin de medir el grosor de las paredes de cuerpos huecos alargados usados en la fabricación de vigas hechas de material termoendurecible curable con refuerzo de fibra (conocido como "material compuesto"), como largueros de ala y largueros del fuselaje. El uso de cuerpos huecos alargados del tipo indicado anteriormente se describe en la patente de EE.UU. 5.454.895 que desvela un método para fabricar una estructura de caja de material compuesto. El método requiere el aprovisionamiento de cuerpos huecos de forma alargada (llamados "espigas"), hechos de material compuesto, que están confinados en una bolsa tubular impermeable. Para vigilar las variaciones de temperatura en el material compuesto mientras se polimeriza en un autoclave, es necesario conocer la inercia térmica, y consiguientemente el grosor, de las paredes de los cuerpos huecos en varios puntos. Los cuerpos huecos tienen generalmente una sección transversal rectangular o trapezoidal y una longitud considerable (normalmente 10-12 m). Sus superficies exteriores están fresadas para hacerlas lo más lisas y precisas que sea posible, pero sus superficies interiores, de forma irregular, no se conocen, y por tanto no se conoce el grosor de la pared de la espiga.

25 El grosor de la pared de un cuerpo hueco manufacturados del tipo mencionado anteriormente no puede medirse con precisión usando instrumentos ultrasónicos; el material compuesto en bruto a partir del cual se prepara la espiga tiene un grado de porosidad tal que la señal ultrasónica se dispersa y la medición se vuelve poco fiable. Se realizó también una propuesta para detectar el grosor de las paredes midiendo las corrientes de Foucault inducidas en una placa conductora que se mantiene en contacto con la superficie interior de la pared. Esto significa que la placa debe ser de un tamaño considerable, y por tanto tiende a deformarse en las crestas de la superficie interior, falseando así el resultado.

35 Los documentos DE-3.611.798 y US-2.834.938 desvelan la medición de la fuerza necesaria para separar un elemento magnético en la superficie exterior de un objeto hueco de un elemento magnético en la superficie interior del objeto hueco con el fin de medir el grosor de la pared del objeto hueco.

40 El objeto de la presente invención es superar los límites de la técnica anterior expuestos anteriormente y medir los grosores de las paredes de cuerpos huecos de material no ferromagnético de una forma fiable, usando un instrumento sencillo y económico.

Estos y otros objetos y ventajas, que se describirán más ampliamente a continuación, se consiguen de acuerdo con la invención por un método según la reivindicación 1.

45 A continuación se describirá una forma de realización preferida del método según la invención; se hará referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista esquemática, en sección transversal, de un cuerpo hueco manufacturados en el que debe medirse el grosor de las paredes,

50 la figura 2 es una vista en sección transversal esquemática ampliada de un dispositivo de medición aplicado a las dos superficies opuestas de una pared del cuerpo hueco manufacturados de la figura 1, y

la figura 3 es un diagrama que muestra el grosor de la pared en función de la fuerza magnética requerida para separar dos imanes portados por el dispositivo de la figura 2 en lados opuestos de la pared que se mide.

55 Con referencia a los dibujos, el número 10 indica una pared cuyo grosor debe medirse en una pluralidad de puntos. En este ejemplo, la pared 10 es una pared de un cuerpo manufacturados hueco alargado 11, ilustrado esquemáticamente en la figura 1. En una posible aplicación, el cuerpo hueco 11 puede normalmente ser una inserción del tipo usado actualmente en un autoclave asociado con un equipo de conformado (no mostrado) y destinado a quedar confinado en una bolsa tubular impermeable (no mostrada) para impartir una forma especificada. Debe entenderse que la invención no se limita a los detalles de construcción de la forma de realización presentada en la siguiente descripción o ilustrada en los dibujos; la invención es aplicable también a la medición del grosor de las paredes de cuerpos huecos, como tubos de sección transversal anular, cuyas formas, tamaños y usos industriales son diferentes de los ilustrados en la presente memoria descriptiva.

65 El cuerpo hueco 11, o al menos la pared 10, está hecho de un material no ferromagnético. El cuerpo hueco 11

puede estar hecho normalmente de material termoendurecible curable con refuerzo de fibra (o "material compuesto"). A modo de ejemplo, el grosor de la pared irregular 10 puede variar entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 15 mm. La pared 10 tiene una superficie interior 10a frente a una cavidad 11a del cuerpo hueco 11, y una superficie exterior 10b en la cara opuesta de la pared 10.

5 El dispositivo de medición mostrado esquemáticamente en la figura 2 incluye una corredera 12 dentro del cuerpo hueco 11 y una corredera exterior 13. La corredera interior 12 se retiene y se tracciona a lo largo de la superficie interior 10a de la pared 10 por medio de la corredera exterior 13, que se sitúa en la superficie exterior 10b de la pared 10 y puede moverse manualmente de manera que se desliza en la superficie exterior 10b. Las dos correderas 12 y 13 están acopladas magnéticamente.

15 La invención se basa en el principio de que la intensidad de un campo magnético entre dos monopolos magnéticos disminuye cuando aumenta la distancia entre ellos. El grosor de la pared 10 se determina midiendo la fuerza requerida para separar dos elementos que forman un par de elementos que se atraen mutuamente de forma magnética. En una forma de realización preferida, este par de elementos está formado por un par de imanes permanentes 14 y 15. Se mide la fuerza necesaria para separar un primer imán 14, que se mueve junto con la corredera exterior 13, de un segundo imán 15 que se mueve con la corredera interior 12. Cuando la corredera exterior 13 se mueve a lo largo de la superficie exterior de la pared, tira de la corredera interior 12 por atracción magnética de manera que sigue los movimientos de la corredera exterior. Así puede detectarse el grosor en cualquier punto de las paredes del cuerpo hueco 11. En otra forma de realización, sólo uno de los dos elementos 14 y 15, por ejemplo el elemento 14 en la corredera exterior 13, es un imán permanente, mientras que el otro elemento 15 del par está formado por un bloque de material ferromagnético como hierro, acero o níquel.

25 Cada una de las correderas 12 y 13, que en la forma de realización específica mostrada en el dibujo está provista de pequeñas ruedas o bolas 16 adaptadas para rodar en las superficies 10a y 10b, tiene uno o más elementos 17, 18 que se atraen entre sí magnéticamente, distribuidos en la corredera exterior y la interior. En la forma de realización preferida, todos los elementos 17, 18 son imanes permanentes. Alternativamente, algunos de estos elementos pueden ser imanes permanentes y los otros elementos pueden ser bloques de material ferromagnético que pueden ser atraídos magnéticamente por los imanes permanentes situados en la otra corredera. El número y disposición de estos elementos, referidos en este documento como "imanes de tracción", pueden variar según las necesidades. Los elementos pueden incorporarse en las correderas o estar fijos o sujetos o simplemente colocados en las dos correderas 12 y 13. Como alternativa a las ruedas o bolas 16 es posible usar otros elementos de rodamiento como rodillos u otros elementos adaptados para reducir el rozamiento de las correderas contra la pared 10, como, por ejemplo, una capa de material de bajo rozamiento como PTFE.

35 Los imanes de tracción se atraen entre sí de manera que un movimiento impartido a la corredera exterior 13 en la superficie exterior 10b se corresponde con un movimiento igual de la corredera interior 12 en la superficie interior 10a. En otras palabras, la corredera interior sigue los movimientos de la corredera exterior, y las dos correderas están todavía cerca una de otra, estando separadas exclusivamente por la pared 10.

40 Los imanes 14 y 15 se usan, tal como se ha indicado, para medir la atracción magnética mutua. El imán de medición interior 15 está alojado en la corredera interior de tal manera que puede deslizarse en una dirección sustancialmente perpendicular (en uso) al plano en el que la pared 10 se extiende en el punto en cuestión. En una forma de realización, el imán 15 está alojado con un grado de holgura en un asiento o alojamiento 19 de forma correspondiente, por ejemplo de forma cilíndrica, que está abierto hacia la pared que debe medirse y está obstruido preferentemente en el lado opuesto mediante un elemento de tope 20 que sirve para evitar que el imán 15 caiga en la cavidad del cuerpo 11, por ejemplo cuando la corredera interior está debajo de una parte horizontal de la pared que se va a medir, como en la condición mostrada en la figura 2. El alojamiento 19 está abierto hacia la pared 10 de tal manera que el imán 15 puede entrar en contacto con la superficie interior 10a y permanecer en ella, como consecuencia de la fuerza de atracción intercambiada con el imán de medición externo 14.

55 La posición del imán de medición exterior 14 en la corredera exterior es ajustable en la dirección del grosor de la pared que se va a medir. En la forma de realización ilustrada, el imán 14 está alojado en un asiento 23 que se extiende perpendicularmente a la pared 10 para permitir y guiar los movimientos del imán con respecto a la corredera 13. En la forma de realización específica ilustrada, el imán 14 tiene forma cilíndrica y está alojado con un pequeño grado de holgura transversal en el asiento 23 que también es cilíndrico. El imán 14 es llevado por un elemento de ajuste 21, preferentemente un elemento de tornillo de ajuste, que está acoplado en un orificio roscado 22 formado en un elemento de soporte a modo de puente 25 en la corredera exterior 13.

60 Un transductor de fuerza, en este ejemplo un dinamómetro digital 24 disponible comercialmente, mostrado esquemáticamente, está interpuesto entre el tornillo de ajuste 21 y el imán exterior 14, para medir la fuerza requerida para separar el imán exterior 14 de la superficie exterior del cuerpo manufacturado superando la fuerza de atracción entre los imanes 14 y 15. El transductor 24 está sujeto al tornillo 21 y al imán exterior 14.

65 Para medir el grosor de la pared 10 en un punto específico, la corredera exterior 13 se hace deslizar manualmente a lo largo de la superficie exterior 10b de la pared hasta que llega al punto deseado. La corredera interior 12 sigue el

deslizamiento de la corredera exterior 13 a consecuencia de la fuerza de atracción intercambiada entre los imanes de tracción exteriores 17 y los imanes interiores 18. Cuando ha alcanzado la posición deseada, el imán de medición interior 15 entra en contacto con la superficie interior 10a de la pared.

5 El tornillo 21 se desenrosca lentamente para elevar el dinamómetro 24 junto con el imán de medición exterior 14, en oposición a la fuerza de atracción ejercida entre este imán y el imán de medición interior 15. Así el tornillo 21 se hace girar para llevar el imán exterior 14 a una distancia predeterminada (en este ejemplo, 0,5 mm) de la superficie 10b de la pared 10, y a esta distancia predeterminada se usa el dinamómetro 24 para detectar la fuerza magnética de atracción intercambiada entre los dos imanes 14 y 15 en esta posición. En otras palabras, el dinamómetro 24 mide la fuerza de tracción impartida por medio del tornillo 21 para elevar el imán de medición exterior 14 a la distancia predeterminada alejándose de la superficie exterior 10b. A continuación se lee el valor numérico de la fuerza magnética de atracción en un dispositivo de visualización 24a del dinamómetro 24 en el momento en que el imán de medición exterior 14 alcanza la distancia predeterminada mencionada anteriormente (en este ejemplo, 0,5 mm) desde la superficie exterior 10b de la pared 10.

15 El momento de alcanzar la distancia predeterminada mencionada anteriormente puede detectarse de varias formas. En el ejemplo ilustrado, esta distancia se detecta por medio de un microinterruptor de relé 26 montado en la corredera exterior 13. El microinterruptor 26 se conmuta por medio de un espárrago 27 que sobresale de la parte superior del imán 14 y que entra en contacto con el microinterruptor 26 cuando el imán 14 se eleva a la distancia predeterminada mencionada anteriormente (0,5 mm) sobre la superficie 10b. En otras formas de realización de la invención (no mostradas), el interruptor o microinterruptor puede conmutarse de diversas formas que no se muestran en el presente documento, por ejemplo colocando el microinterruptor de una forma diferente con respecto al imán móvil 14.

25 El valor del grosor local de la pared 10 se determina por medio de una curva de calibrado (figura 3) que muestra valores de fuerza y grosores correspondientes detectados anteriormente. La curva de calibrado, que es específica para el dispositivo de medición que se usa, expresa el grosor de la pared en función de la fuerza medida. La curva de calibrado puede representarse ejecutando el procedimiento mencionado anteriormente en muestras de calibrado que tienen grosores conocidos y preparadas con el mismo material que la pared que se va a medir. En otra forma de realización (no mostrada), el dinamómetro está provisto de un software en el que se “cartografían” una o más curvas de calibrado para uno o más materiales con los que puede prepararse la pared 10.

35 En la forma de realización ilustrada, el dinamómetro 24 tiene una luz de aviso y/o una alarma acústica 28, por ejemplo un LED que se ilumina cuando se cierra el microinterruptor 26. Cuando se cierra el microinterruptor, se suministra energía desde la batería (no mostrada) al dinamómetro de LED 28, iluminándolo. En cuanto se ilumina, el operador deja de girar el tornillo 21 y lee el dinamómetro. El valor dispositivo mostrado en este momento en el dispositivo de visualización es el valor de fuerza que indica el grosor de la pared 10 en el punto en cuestión.

40 Debe entenderse que la invención no se limita a la forma de realización descrita e ilustrada en la presente memoria descriptiva, que debe considerarse a modo de ejemplo; de hecho, la invención puede modificarse en lo que se refiere a formas, dimensiones, configuración de partes y materiales usados. Los elementos magnéticos 14 y 15 pueden ser ventajosamente de forma compacta, de manera que entran en contacto con la pared pasando entre los salientes y crestas de los mismos.

45 Se entenderá también que la configuración de los imanes de tracción, que se fijan en pares a cada corredera en el lado opuesto a la posición del imán de medición, no es esencial, si bien es simplemente preferible con el fin de hacer la disposición de fuerzas magnéticas simétrica con respecto al imán de medición. De esta forma la corredera interior puede equilibrarse de forma más satisfactoria y puede mantenerse orientada adyacente a la superficie interior de la pared en todo momento, ya se desplace hacia delante o hacia atrás.

REIVINDICACIONES

1. Método de detección del grosor de las paredes de cuerpos huecos manufacturados hechos de material no ferromagnético, en particular cuerpos huecos alargados de material compuesto de fibra de carbono, comprendiendo el método las etapas de:
- 5
- a1) suministro de un cuerpo hueco manufacturados (11) que tiene al menos una pared (10) de material no ferromagnético con una superficie exterior (10b) y una superficie interior (10a) frente a una cavidad (11a) del cuerpo (11);
- 10
- a2) suministro de dos correderas (12, 13), que comprenden:
- un primer par de elementos que se atraen mutuamente de forma magnética (14, 15), en el que el primer par incluye al menos un imán permanente alojado en un asiento de una primera de las dos correderas (13 ó 12), y al menos un segundo imán permanente o un segundo bloque de material ferromagnético alojado en un asiento de la otra de las dos correderas (12 ó 13);
- 15
- al menos un segundo par de elementos que se atraen mutuamente de forma magnética (17, 18). en el que el segundo par incluye al menos un imán permanente situado en una de las dos correderas (13 ó 12), y al menos un segundo imán permanente o un segundo bloque de material ferromagnético situado en la otra de las dos correderas (12 ó 13);
- 20
- b1) localización de una (12) de las dos correderas en la superficie interior (10a) de la pared, de tal manera que el elemento correspondiente (15) del primer par de elementos (14, 15) tiene libertad para entrar en contacto con la superficie interior (10a), y
- 25
- b2) colocación de la otra (13) de las dos correderas en la superficie exterior (10b) de tal manera que el elemento correspondiente (14) del primer par de elementos (14, 15) tiene libertad para entrar en contacto con la superficie exterior (10b) debido a la fuerza magnética de atracción intercambiada mutuamente con el otro elemento (15) del primer par (14, 15);
- 30
- c) movimiento manual de la corredera exterior (13) por la superficie exterior (10b) hasta un punto predeterminado en el que debe detectarse el grosor de la pared, con lo que la corredera interior (12) en la superficie interior (10a) sigue los movimientos de la corredera exterior (13) debido a la fuerza magnética de atracción intercambiada mutuamente entre los elementos del segundo par (17, 18);
- 35
- d) medición, por medio de un dispositivo transductor (24) montado en la corredera exterior (13) y conectado mecánicamente al elemento correspondiente (14) del primer par, de la fuerza requerida para separar este elemento (14) de la superficie exterior (10b); y
- 40
- e) deducción, a partir de la fuerza medida, del valor del grosor de la pared (10) en ese punto predeterminado.
2. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa d) incluye la etapa de d1) consistente en mover gradualmente el elemento (14) en la corredera exterior (13) alejándolo de la superficie exterior (10b) hasta una distancia predeterminada y detectar, por medio de un transductor de fuerza (24) conectado mecánicamente al elemento (14) y la corredera exterior (13), la fuerza de atracción con la que el elemento (14) es atraído hacia la pared (10) a esta distancia predeterminada.
- 45
3. Método según la reivindicación 1, en el que en la etapa d1) el elemento (14) se desplaza hacia fuera por medio de un tornillo de ajuste (21).
- 50
4. Método según la reivindicación 2, en el que en la corredera exterior (13) se proporciona un interruptor (26) adaptado para ser conmutado para señalar que se ha alcanzado la distancia predeterminada.
- 55
5. Método según la reivindicación 1, en el que en la etapa e) el grosor de la pared (10) se determina usando una o más curvas de calibrado que correlacionan los valores medidos de fuerza con los valores correspondientes de grosor de la pared (10).
- 60
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que en las dos correderas (12, 13) se proporcionan elementos de rodamiento (16) o capas de material de bajo rozamiento para favorecer el movimiento deslizante de las correderas en la pared (10).
- 65
7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que todos los elementos que se atraen mutuamente de forma magnética (14, 15, 17, 18) son imanes permanentes.
8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los elementos del segundo par de

elementos que se atraen magnéticamente (17, 18) están incorporados en las correderas (12, 13) o se fijan o se sujetan o se colocan en las dos correderas (12, 13).

- 5 9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento (15) del primer par de elementos, situado en la corredera interior (12) se aloja en un asiento (19) con libertad de deslizamiento en una dirección que en uso es sustancialmente perpendicular al plano en el que la pared (10) se extiende en el punto en cuestión, y en el que el asiento (19) está abierto hacia la pared (10) para su medición, con lo que el elemento (15) puede estar directamente en contacto con la superficie interior (10a) de la pared (10).
- 10 10. Método según la reivindicación 9, en el que el asiento (19) tiene, en el lado opuesto abierto hacia la pared (10), un enganche de cierre (20) para limitar los movimientos del elemento (15) en el asiento (19) alejándose de la pared (10).
- 15 11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento (14) es transportado por un elemento de ajuste (21), preferentemente un tornillo de ajuste, que se acopla a un orificio roscado (22) formado en un elemento de soporte (25) fijo a la corredera exterior (13).
- 20 12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento (14) está alojado en un asiento (23) de la corredera exterior (13) que se extiende perpendicularmente a la pared (10) para permitir y guiar los movimientos del elemento (14) con respecto a la corredera exterior (13).
13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo transductor (24) está asociado con un dispositivo de visualización (24a).
- 25 14. Método según la reivindicación 4, en el que, al alcanzar la distancia predeterminada, se conmuta un interruptor (26) montado en la corredera exterior (13) por medio de un elemento o parte (27) fijada al elemento (14).
15. Método según la reivindicación 14, en el que la conmutación del interruptor (26) provoca el encendido de una luz de aviso (28) y/o una alarma acústica.

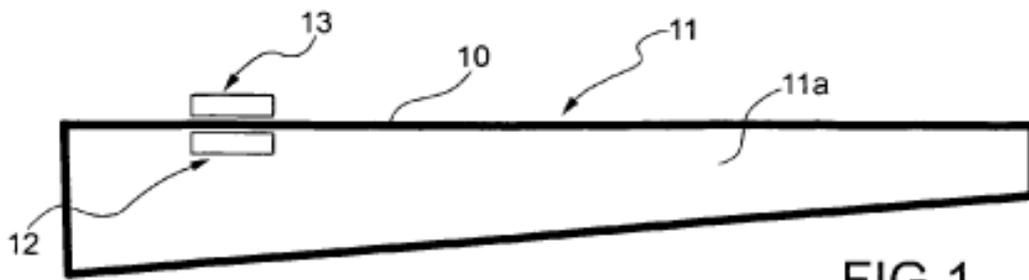


FIG. 1

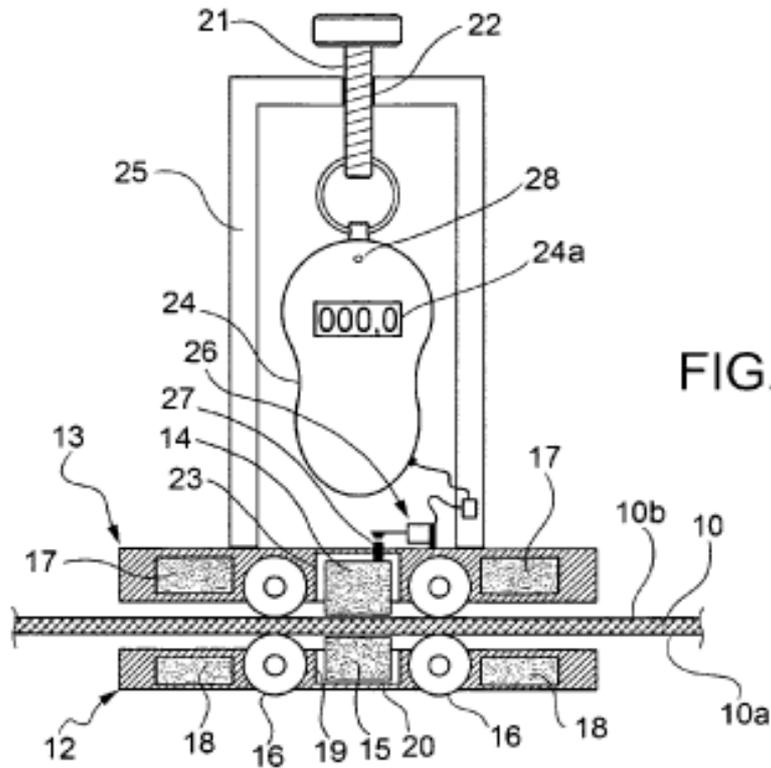


FIG. 2

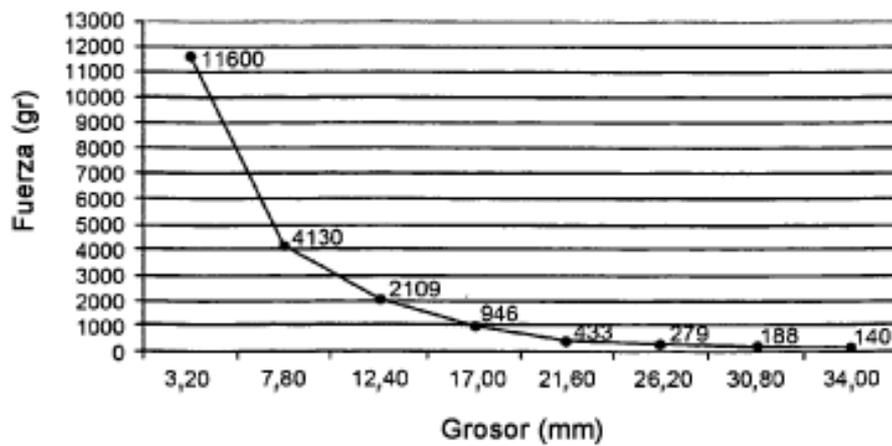


FIG. 3