



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 280 986**

51 Int. Cl.:  
**G01M 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04760768 .4**

86 Fecha de presentación : **04.05.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1623201**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **08.02.2006**

54

Título: **Procedimiento y sistema de suspensión para equilibrar rotores sin espigas.**

30

Prioridad: **13.05.2003 DE 103 21 606**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.09.2007**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.09.2007**

73

Titular/es: **Schenck RoTec GmbH**  
**Landwehrstrasse 55**  
**64293 Darmstadt, DE**

72

Inventor/es: **Thelen, Dieter**

74

Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 280 986 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 sistema de suspensión para equilibrar rotores sin espigas.

El presente invento hace referencia a un dispositivo para equilibrar rotores sin espigas según el preámbulo de la reivindicación 1 y un sistema de suspensión con un mandril para alojar en un dispositivo equilibrador un rotor sin espigas dotado de una perforación según el preámbulo de la reivindicación 7.

Los rotores con espigas pueden equilibrarse con exactitud en relación con sus puntos de suspensión, que están situados en las propias espigas. Los rotores sin puntos de suspensión propios, que se fijan sobre un eje auxiliar para su equilibrado, presentan problemas con respecto a las calidades de equilibrio realizables.

En la patente EP 0.104.266 A1 se da a conocer un procedimiento con el que pueden equilibrarse rotores sin espigas sin eje auxiliar con unas calidades de equilibrio elevadas. Para ello, se coloca el rotor sobre el mandril de una equilibradora y se aplica fluido de suspensión entre las superficies opuestas del rotor y del mandril. Desaparecen así los errores provocados por inexactitudes de las superficies, ya que las diferencias de forma de la perforación del rotor o del mandril se integran y se ofrece un eje de giro estable para el rotor. En la dirección del eje, el rotor se apoya mediante una superficie anular sobre una superficie de apoyo anular del mandril. Esto puede provocar unos resultados de medición muy poco exactos, por ejemplo en el caso de oscilación transversal.

El invento se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento y un sistema de suspensión para equilibrar rotores sin espigas, con los cuales pueda determinarse con gran exactitud el desajuste de los rotores sin espigas.

Según el presente invento, este objetivo se consigue por medio de las características incluidas en las reivindicaciones 1 y 7.

En primer lugar, el invento aprovecha de forma precisa la sobrepresión que se produce, durante el equilibrado de rotores sin espigas y sin perforación de apoyo pasante, sobre el extremo del mandril debido, por ejemplo, al fluido que sale por la rendija. Hasta ahora, la sobrepresión que se generaba se dirigía hacia perforaciones de escape. Según el presente invento, la sobrepresión se utiliza para soportar el peso del rotor.

El rotor gira sobre el mandril en una posición invariable y predeterminada en relación con la dirección axial. De este modo se evita aplicar una suspensión independiente en dirección axial, que resulta cara. Con ello se garantiza además que el rotor gire sobre una suspensión axial sin contacto superficial. El giro del rotor es más silencioso y se mejora la calidad del equilibrado.

Preferentemente, según la teoría del invento, pueden equilibrarse todos aquellos rotores que no posean espigas y presenten una perforación de agujero ciego o de agujero pasante, como son las ruedas de los compresores, las ruedas volantes, etc.; en el proceso de equilibrado, las perforaciones de agujero pasante se cierran con un tapón de cierre de tal manera que, tras colocar el rotor sobre el mandril, pueda crearse un cojinete de fluido.

Para sostener el rotor en dirección radial, puede utilizarse un fluido diferente del utilizado para soste-

nerlo en dirección axial. Por ejemplo, puede utilizarse un líquido para la suspensión radial y, en cambio, un medio gaseoso, como el aire, para la suspensión axial. Resulta especialmente sencillo en relación con la estructura del dispositivo de medición de desequilibrios la utilización de un solo fluido para ambas zonas de suspensión. Resulta asimismo especialmente ventajoso que el suministro y la expulsión del fluido se lleve a cabo a través de conductos situados en el interior del mandril. Si se utiliza un líquido como fluido, se consigue lo que podría denominarse un circuito líquido prácticamente cerrado.

A continuación se describirá el invento con mayor detalle haciendo mención a ejemplos de realización. Las figuras muestran:

La figura 1 muestra en una representación esquemática un sistema de suspensión dotado de un mandril destinado a un rotor que presente una perforación de agujero ciego instalado en un dispositivo equilibrador;

La figura 1a muestra un detalle del sistema de suspensión conforme a la figura 1;

La figura 2 muestra el mandril en una sección a través de la línea II-II de la figura 1a;

La figura 3 muestra una representación en sección del mandril a través de la línea III-III de la figura 1a.

El sistema de suspensión 1 representado en la figura 1 para un rotor 2 sujeto a examen, que se representa en la figura 1 mediante una línea punteada, está fijado a un puente oscilante 3 de un dispositivo equilibrador. El sistema de suspensión 1 presenta un mandril 5 sobre el que se aplica el rotor 2 sujeto a examen o a equilibrado de forma que pueda girar. El puente oscilante 3 está sostenido de la forma habitual, por ejemplo, con 4 muelles de sostén, de los que en este caso sólo se representan dos, apoyados contra el bastidor del dispositivo equilibrador de forma que el puente pueda oscilar. El rotor 2 se hace girar mediante una unidad propulsora que no se representa con mayor detalle. Las oscilaciones inducidas por el desequilibrio del mandril o del puente oscilante 3 se miden y se extraen para determinar el desequilibrio compensatorio del rotor 2.

El rotor 2 presenta una perforación 6, más concretamente, una perforación de agujero ciego, a través de la cual se lleva a cabo la suspensión sobre el mandril 5 dispuesto verticalmente. El centro de gravedad S del rotor 2 se encuentra en la dirección axial fuera de la prolongación de la perforación de agujero ciego, es decir, fuera de la zona de suspensión. La perforación de agujero ciego está escalonada y presenta dos secciones con diámetros diferenciados. La sección que nace en la cara inferior delantera del rotor, al igual que la sección situada en el extremo de la perforación de agujero ciego, está prevista en una primera zona en dirección radial sobre el mandril 5 para suspender hidrostáticamente el rotor 2 mediante un fluido de suspensión. En una segunda zona en dirección axial, la suspensión del rotor 2 por medio de un fluido de suspensión se lleva a cabo a través de un cojinete de fluido contenido en una cámara de fluido 40 que se forma entre la superficie frontal del mandril 5 y el extremo de la perforación de agujero ciego.

Tanto en la primera como en la segunda zona de suspensión, en este ejemplo de realización se utiliza como fluido de suspensión aceite o cualquier otro líquido oleoso u otro fluido adecuado para la lubricación líquida.

El mandril 5 presenta en su superficie unos primeros orificios 10 (figura 2, figura 3) para el paso de fluido de suspensión, que están conectados con conductos de suministro de fluido 11 en el interior del mandril, y también unos segundos orificios 20 para el paso de fluido de suspensión, que están conectados a su vez con conductos de escape 21 en el interior del mandril. Aparte, el mandril 5 presenta en su cara superior frontal un tercer orificio que está unido con el conducto de suministro de fluido 11.

Los primeros orificios 10 están situados en dos planos de suspensión separados axialmente 7, 8 en la primera zona, que se corresponden con las dos secciones de la perforación de agujero ciego del rotor 2 y en los que se apoya hidrostáticamente el rotor 2 en dirección radial. El mandril 5 presenta en el extremo inferior un collar 9 con el que éste queda fijado sobre el puente oscilante 3.

El suministro de fluido para cada plano de suspensión 7, 8 de la primera zona se produce a través de una sección de conducto de suministro 11' de recorrido central que está unida con secciones de conducto de suministro 11'' de recorrido radial que desembocan en los cuatro primeros orificios 10 de cada plano de suspensión 7, 8. La sección de conducto de suministro 11' de recorrido central está unida a una admisión de fluido que preferentemente recorre el puente oscilante 3, pero que también puede preverse en el collar 9 del mandril 5.

El conducto de suministro de fluido 11 presenta segmentos de estrangulación para la admisión del fluido en los planos de suspensión 7, 8; dichos segmentos presentan a su vez una pequeña sección transversal para realizar el efecto de estrangulación sobre el fluido, pudiéndose regular fácilmente el efecto estrangulador por toda la longitud del segmento, y por la sección transversal seleccionada. Para ello, por ejemplo, la sección del conducto de suministro 11' con recorrido central con respecto al eje del mandril puede dotarse de una sección de estrangulación. En el ejemplo de realización representado se prevé que sólo las secciones de conducto 11'' de recorrido radial y correspondientes a los orificios 10 provoquen el efecto de estrangulación.

Para el desalojo del fluido se prevén cuatro orificios 21 no pasantes, equidistantes sobre un círculo primitivo y paralelos al eje del mandril, los cuales están conectados en varios planos de sección transversal con sendos orificios 20 situados en el perímetro del mandril a través de orificios radiales 21' o canales 21''. Los orificios 20 relacionados en cada caso con un orificio 21 están situados, por ejemplo, uno tras otro sobre una línea de envoltura con un recorrido paralelo al eje del mandril. En un plano de sección transversal entre los planos 7, 8 existen varios orificios 20 (en este caso cuatro) para el desalojo del fluido, de los cuales en cada caso hay uno que está conectado con el orificio 21 más próximo a través de un orificio radial 21'. En la parte inicial del cuello 9 del mandril 5 se ha practicado en un rebajo 50 con forma circular otros cuatro orificios 20 para el desalojo del fluido, de los cuales siempre hay uno en cada ocasión que está unido al orificio 21 más próximo a través de canales de fluido 21'' con recorrido radial e inclinado. Los cuatro orificios 21 desembocan en una cámara circular 16 dispuesta sobre la superficie frontal inferior del mandril 5. La cámara circular 16 está unida a un mecanismo de aspiración del fluido. La cámara

circular 16 está dispuesta preferentemente, tal y como se representa, en el puente oscilante 3, pero también puede preverse en el collar 9 del mandril 5.

Para suspender el rotor 2 en dirección axial en la segunda zona sobre un cojinete de fluido situado en la cámara 40, el suministro de fluido en la cámara 40 se produce por medio de un canal de suministro compuesto por la rendija circular 42 formada entre el perímetro exterior del mandril y las paredes de la perforación correspondientes. En el ejemplo de realización representado el canal de suministro está compuesto además por un orificio 43 de perfil reducido que parte del conducto de suministro de fluido central 11 y va a parar a la superficie frontal del mandril 5.

La cámara 40 está unida a un segundo orificio 20 del mandril 5 a través de un canal de escape que en el ejemplo de realización representado está formado por una ranura longitudinal 41 en el perímetro exterior del mandril 5. El canal de escape desemboca en un espacio circular 44 que, por un lado, está formado por una sección de paso entre una primera sección superior y una segunda sección inferior de la perforación de agujero ciego y, por otro lado, está formado por una sección de paso entre la sección superior e inferior del mandril 5. En el espacio circular 44 termina el conducto de escape de fluido 21 con el orificio 20.

El borde circular situado entre la sección de paso de la perforación de agujero ciego y la sección superior de dicha perforación conforma un borde guía 45 que transforma el perfil del orificio de escape de la ranura longitudinal 41 en el espacio circular 44 al desplazarse el rotor 2 sobre el mandril 5. Si aumenta la presión del fluido en la cámara de presión 40 por encima de una presión límite, el borde guía 45 abre el orificio de escape por el desplazamiento axial del rotor 2 y lo regula hasta alcanzar la presión límite. Esta presión límite es aquella presión a la cual el rotor 2 adopta sobre el mandril 5 una posición fija en dirección axial. Al realizar el equilibrado de rotores con la misma estructura pero con materiales diferentes, por ejemplo, de acero o de aleaciones de titanio, la presión límite es distinta debido a la diferencia de pesos de los rotores, mientras que la posición invariable en dirección axial del rotor sobre el mandril es prácticamente la misma para ambos materiales.

Los orificios de suministro 10 de las zonas de suspensión pueden variar en cuanto a número y disposición de los descritos para el ejemplo de realización, aunque es preciso contar con un número mínimo de tres. El efecto estrangulador se determinará en función de la forma y el peso del rotor, así como del fluido empleado.

El número y la disposición de los orificios de escape 20 tiene únicamente una finalidad ilustrativa. Dependerán del fluido utilizado y de la configuración del rotor y la suspensión.

En lugar de la rendija longitudinal 41, puede preverse, de manera no representada, un orificio de escape que parta de la superficie frontal del mandril 5 y desemboque en el perímetro exterior del mandril 5, cuyo orificio de escape se regule por medio del borde guía 45 del modo anteriormente descrito.

En lo que se refiere a la suspensión del rotor 2 en la segunda zona, es decir, el apoyo en dirección axial sobre el cojinete de fluido, puede resultar ventajoso utilizar como fluido un medio gaseoso, preferentemente aire, en lugar de un líquido. La suspensión en dirección radial sobre un líquido es bastante rígida,

mientras que la suspensión en dirección axial sobre el cojinete de aire es más flexible.

La orientación del mandril, por ejemplo, la orientación vertical o una orientación inclinada a la horizontal, puede establecerse teniendo en cuenta la configuración del dispositivo equilibrador y la forma de suministro de los rotores, por ejemplo, con entrada y salida automatizadas.

La suspensión dispuesta sobre el puente oscilante permite realizar todos los procedimientos de medición para determinar desequilibrios según la posición y el tamaño. El apoyo del puente oscilante puede configurarse para el funcionamiento supercrítico o subcrítico.

El invento no se limita al examen de rotores con perforaciones de agujero ciego. Pueden equilibrarse todos los rotores sin espigas propias que presenten perforaciones bien de agujero ciego o bien de agujero pasante, como son las ruedas de compresores, las ruedas volantes, etc. Las perforaciones pasantes se cierran para el procedimiento de equilibrado con un tapón de cierre de tal manera que puedan crear una cámara de fluido cerrada al colocarse sobre el mandril.

La configuración del mandril depende en particular del rotor que se desea equilibrar, sobre todo, de la forma de la perforación de agujero ciego o pasante del rotor.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el equilibrado de rotores sin espigas en el que el rotor (2), que presenta una perforación (6), se coloca sobre el mandril (5) de un dispositivo equilibrador y se aplica un fluido entre las superficies opuestas de rotor y mandril haciendo girar el rotor (2), extrayéndose las oscilaciones inducidas por los desequilibrios del mandril (5) para determinar el desequilibrio, **caracterizado** por el hecho de que el rotor (2) en una primera zona de suspensión en dirección radial se apoya sobre un líquido y que, al alojar un rotor (2) que presenta una perforación de agujero ciego, éste se apoya en una segunda zona de suspensión en una posición axial predeterminable sobre el mandril (5) por medio del suministro de un fluido a una cámara de fluido (40) situada entre el extremo de la perforación de agujero ciego y el extremo del mandril.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado** por el hecho de que la posición axial predeterminable del rotor (2) sobre el mandril (5) puede regularse mediante la modificación del volumen de la cámara de fluido (40).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2 **caracterizado** por el hecho de que el volumen de la cámara de fluido (40) puede modificarse por la generación de presión en la cámara de fluido (40).

4. Procedimiento según la reivindicación 3 **caracterizado** por el hecho de que en un rotor (2) colocado con un eje inclinado hacia la horizontal puede determinarse la posición axial del rotor (2) sobre el mandril (5) a partir de la presión que se forma en la cámara de fluido (40) debido a los componentes de peso del rotor (2) y la presión de suministro de fluido, limitándose la presión que se produce dentro de la cámara de fluido (40) a un valor predeterminable.

5. Procedimiento según la reivindicación 4 **caracterizado** por el hecho de que al menos se prevé entre las superficies de rotor y mandril correspondientes un canal de escape cuyo perfil de flujo puede modificarse para limitar la presión.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** por el hecho de que la suspensión en las zonas de apoyo primera y segunda se lleva a cabo mediante un líquido, preferentemente aceite u otro líquido oleoso.

7. Sistema de suspensión mediante un mandril (5) para apoyar un rotor (2) sin espigas y con una perforación en el interior en un dispositivo equilibrador al menos en una primera y una segunda zona de suspensión, presentando el mandril (5) orificios para el paso de un fluido, **caracterizado** por el hecho de que los primeros orificios (10) del mandril sirven para el suministro de fluido y se prevé al menos un segundo orificio (20) para el desalojo del fluido, que el sistema de suspensión de un rotor (2) que presenta una perfo-

ración de agujero ciego presenta una cámara de fluido (40) formada entre el extremo de la perforación de agujero ciego y el extremo del mandril, presentando dicha cámara al menos un canal de suministro y uno de escape y que el mandril (5) presenta al menos un canal de escape.

8. Sistema de suspensión según la reivindicación 7 **caracterizado** por el hecho de que los primeros orificios (10) están en la primera zona de suspensión en la superficie perimétrica del mandril.

9. Sistema de suspensión según la reivindicación 7 u 8 **caracterizado** por el hecho de que los primeros orificios (10) están situados en dos planos de suspensión (7, 8) del mandril (5) separados axialmente.

10. Sistema de suspensión según cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 9 **caracterizado** por el hecho de que el segundo orificio (20) es contiguo a los planos de suspensión (7, 8) y/o se encuentra situado entre éstos.

11. Sistema de suspensión según cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 10 **caracterizado** por el hecho de que el canal de suministro está formado por la rendija circular (42) situada entre la superficie perimétrica del mandril y las paredes de la perforación y/o una perforación (43) que termina en la superficie frontal del mandril (5).

12. Sistema de suspensión según cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 11 **caracterizado** por el hecho de que el canal de escape está unido con el segundo orificio (20) y está formado al menos por una ranura longitudinal (41) externa del mandril (5) que nace en la superficie frontal del mandril (5) y/o una perforación de escape.

13. Sistema de suspensión según la reivindicación 12 **caracterizado** por el hecho de que el orificio de escape de la ranura longitudinal (41) que conecta la cámara de fluido (40) con el segundo orificio (20) del mandril (5) y/o la perforación de escape de las paredes de la perforación del rotor (6) puede cubrirse.

14. Sistema de suspensión según cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 13 **caracterizado** por el hecho de que dentro de la perforación de agujero ciego se forma un espacio circular (44) entre el rotor (2) y el mandril (5) que está conectado con el canal de escape y el segundo orificio (20).

15. Sistema de suspensión según la reivindicación 14 **caracterizado** por el hecho de que el espacio circular (44), por un lado, está formado entre una primera y una segunda sección de la perforación de agujero ciego y, por otro lado, está formado por una sección de paso entre la primera y la segunda sección del mandril (5).

16. Sistema de suspensión según la reivindicación 15 **caracterizado** por el hecho de que se forma un borde guía (45) entre la sección de paso y la sección de la perforación de agujero ciego en el que se sitúa la cámara de fluido (40).

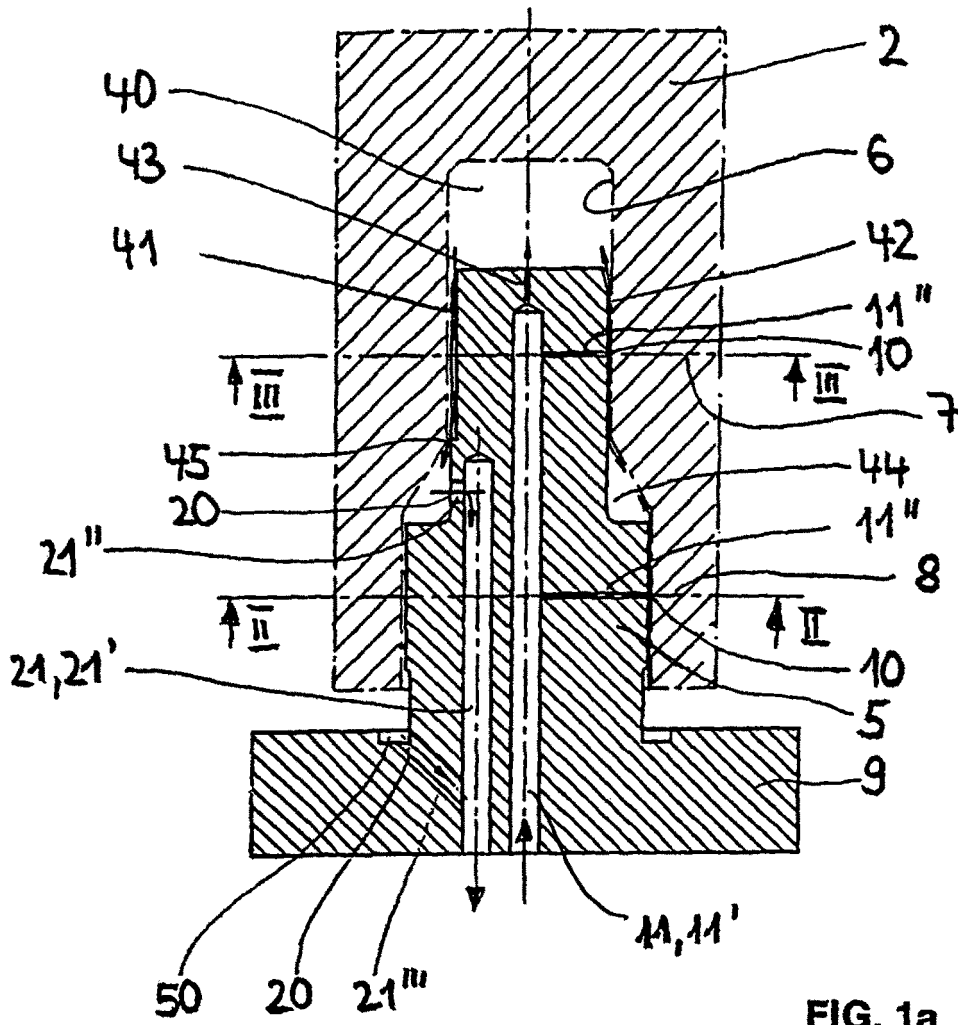


FIG. 1a

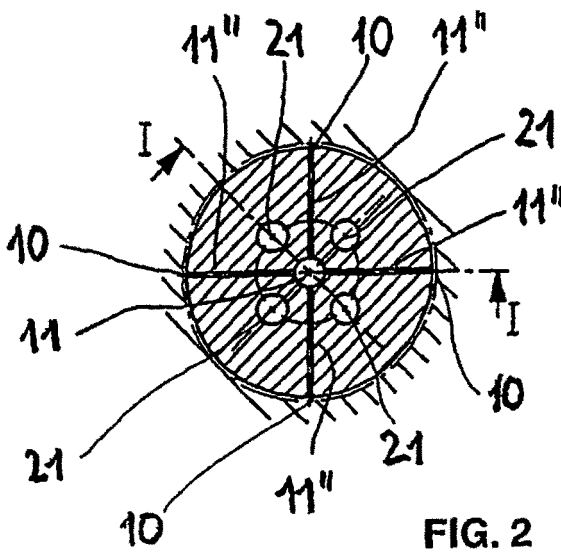


FIG. 2

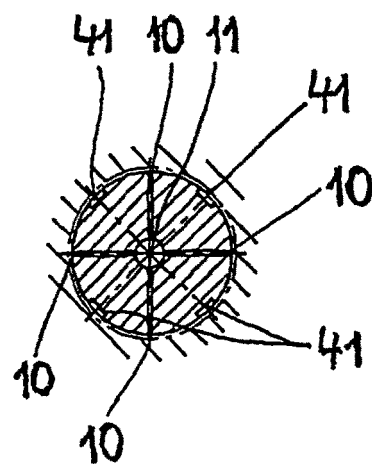


FIG. 3