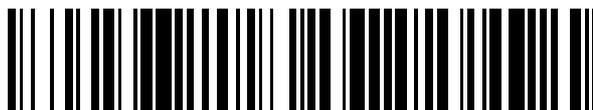


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 425**

51 Int. Cl.:

**H02K 17/16** (2006.01)

**H02K 3/48** (2006.01)

**H02K 17/20** (2006.01)

**H02K 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2015** **E 15194761 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018** **EP 3168969**

54 Título: **Rotor de jaula de ardilla**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.05.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Werner-von-Siemens-Strasse 1**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**FISCHER, RALF y**  
**REINHARD, MARKUS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 666 425 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**

Rotor de jaula de ardilla

La presente invención hace referencia a un rotor de jaula de ardilla de una máquina asíncrona, a una máquina asíncrona, a su utilización y a un procedimiento para fabricar un rotor de jaula de ardilla de una máquina asíncrona.

5 Los rotores de jaula de ardilla de máquinas asíncronas se conocen desde hace mucho tiempo y han dado buenos resultados. Con el tiempo, para las más diversas aplicaciones de las máquinas asíncronas se han desarrollado diferentes formas de las barras de la jaula, las cuales respectivamente presentan propiedades eléctricas determinadas y, con ello, son particularmente adecuadas para esas aplicaciones. De este modo, en aplicaciones con arranque difícil, se utilizan usualmente jaulas dobles, en las cuales dos o más barras están insertadas en una ranura  
10 del rotor. Con frecuencia se utilizan también otras formas de barras que favorecen el efecto skin.

De este modo, hasta un cierto tamaño de construcción, barras conductoras se introducen en el rotor a través de un procedimiento de moldeado a presión de aluminio. En el caso de máquinas con un diámetro más grande, sin embargo, cada barra se introduce manualmente en el rotor. No obstante, para cada forma de barra se necesita un corte de lámina propio de una lámina del rotor. En un procedimiento de moldeado a presión, ese corte de lámina  
15 define la forma de la barra conductora. En las barras colocadas, la ranura del rotor reproduce igualmente la forma de la barra, para obtener un asiento fijo correspondiente de las barras a través de una unión positiva.

En este caso se considera una desventaja la necesidad de proporcionar un corte de lámina propio para cada forma de barra, lo cual implica una inversión considerable con respecto a la gran cantidad de diferentes herramientas, para la producción de las láminas. Esa gran cantidad de herramientas de punzonado especiales implica un gran capital y esas herramientas de punzonado, debido a la producción de un desgaste, sólo permiten además una vida útil  
20 limitada.

En base a lo mencionado, el objeto de la invención consiste en reducir la cantidad de herramientas de punzonado puestas a disposición, al igual que la diversidad de variantes de los cortes de lámina, para crear así un rotor de jaula de ardilla que se adecue de forma simple también para un sistema modular de un motor asíncrono. De este modo,  
25 también en función del fin de aplicación de la máquina asíncrona deben poder realizarse secciones transversales diferentes de los conductores, en el caso de una altura de eje. Asimismo, un rotor de jaula de ardilla de esa clase debe poder fabricarse de forma sencilla.

La solución del objeto planteado se alcanza a través de un rotor de jaula de ardilla de una máquina asíncrona, con rebajes en forma de ranura cerrados de forma radial o parcialmente abiertos, con barras conductoras que están  
30 dispuestas en los rebajes en forma de ranura, y que están fijadas en los rebajes en forma de ranura a través de espuma metálica.

La solución del objeto planteado se alcanza también a través de una máquina dinamoeléctrica giratoria o de una máquina dinamoeléctrica lineal, en particular de un motor asíncrono, con al menos un rotor de jaula de ardilla con rebajes en forma de ranura cerrados de forma radial o parcialmente abiertos, con barras conductoras que están  
35 dispuestas en los rebajes en forma de ranura, y que están fijadas en los rebajes en forma de ranura a través de espuma metálica.

La solución del objeto planteado se alcanza también a través de una máquina herramienta, de un auto eléctrico o de un vehículo ferroviario con al menos una máquina dinamoeléctrica giratoria con al menos un rotor de jaula de ardilla con rebajes en forma de ranura cerrados de forma radial o parcialmente abiertos, con barras conductoras que están  
40 dispuestas en los rebajes en forma de ranura, y que están fijadas en los rebajes en forma de ranura a través de espuma metálica.

La solución del objeto planteado se alcanza también a través de un procedimiento para fabricar un rotor de jaula de ardilla con rebajes en forma de ranura cerrados de forma radial o parcialmente abiertos, con barras conductoras que están dispuestas en los rebajes en forma de ranura, y que están fijadas en los rebajes en forma de ranura a través  
45 de espuma metálica, a través de los siguientes pasos:

- punzonado de láminas individuales con rebajes en forma de ranura,
- empaquetado de las láminas,
- inserción de barras conductoras individuales o barras conductoras que, a través de un anillo de cortocircuito, ya están conectadas en un lado,

- llenado del rebaje en forma de ranura con espuma metálica,

- puesta en contacto de los anillos de cortocircuito faltantes en uno o en los dos lados frontales del núcleo de láminas del rotor de ardilla de jaula con las barras conductoras.

5 De acuerdo con la invención, ahora la fabricación de ese rotor de jaula de ardilla, en particular para una altura de eje, presenta tan sólo un único corte de lámina universal. Ese corte de lámina universal presenta rebajes en forma de ranura comparativamente más grandes y universales. Los rebajes mencionados, en cuanto a su conformación, pueden seleccionarse libremente y están realizados por ejemplo de forma circular, elíptica, rectangular, poligonal o trapezoidal.

10 Al observarse una lámina en dirección circunferencial todos los rebajes son iguales en su sección transversal. Sin embargo son factibles también por lámina posibilidades de variación de los rebajes en forma de ranura. Además, son posibles también diferentes variantes axialmente dentro de un núcleo de láminas del rotor. En ese caso, cada lámina posee las mismas dimensiones geométricas de los rebajes en forma de ranura, pero formas geométricas o dimensiones diferentes de los rebajes en forma de ranura, con respecto a las láminas del rotor que se suceden de forma axial. Con ello es posible también una secuencia axialmente repetitiva de láminas con un corte idéntico de la lámina.

15 En todos los casos se considera decisivo que las barras conductoras que deben insertarse axialmente en los rebajes en forma de ranura deben insertarse con juego suficiente en los rebajes en forma de ranura. Tanto las realizaciones geométricas como también las dimensiones del rebaje en forma de ranura influyen en el comportamiento magnético del rotor de jaula de ardilla y, con ello, finalmente, en el comportamiento de funcionamiento previsto de la máquina asincrónica.

20 En esos rebajes en forma de ranura de las láminas o del paquete de láminas se introducen axialmente las barras conductoras, las cuales sin embargo no deben presentar necesariamente un ajuste forzado en el rebaje en forma de ranura. En particular en el caso de máquinas de menor tamaño la jaula se introduce como totalidad en el núcleo de láminas del rotor, donde las barras conductoras ya están conectadas en un lado con un anillo de cortocircuito, formando una así llamada semi-jaula. De este modo ya es suficiente también una medida menor de la altura de la barra.

25 Las espumas metálicas poseen una densidad reducida, condicionada por poros y cavidades. De este modo es posible realizar un peso reducido, con una rigidez y resistencia específicas elevadas. Las espumas de esa clase pueden producirse a partir de diferentes metales, como cobre, cinc, acero o hierro, utilizando agentes sopladores adecuados.

30 Por ejemplo, espumas metálicas se producen mediante polvo metálico y un hidruro metálico. Ambos polvos se mezclan uno con otro y a continuación, a través de prensado en caliente o de extrusión, se comprimen formando un material precursor. A continuación, ese material precursor se calienta a una temperatura por encima del punto de fusión del metal respectivamente utilizado. De este modo, el hidruro metálico libera hidrógeno gaseoso y espuma la mezcla. De forma alternativa con respecto a ese método de producción, gas puede ser soplado en una masa fundida de metal, la cual previamente se volvió expandible a través de la adición de componentes sólidos. Del mismo modo, el espumado por inyección se considera adecuado como método de producción de la espuma metálica.

35 Las espumas que se producen a través de diferentes métodos de producción - indicados anteriormente a modo de ejemplo - pueden dividirse también en espumas de una fase, espumas de dos fases y espumas de múltiples fases. La espuma de una fase posee como preforma por ejemplo esferas metálicas huecas. La espuma de dos fases posee como preforma por ejemplo esferas cerámicas huecas revestidas con metal. La espuma de múltiples fases presenta esferas cerámicas huecas con un ligante adicional. Las espumas metálicas pueden conformarse de forma variable, de manera que las mismas pueden caracterizarse por una gran cantidad de estructuras y propiedades del material diferentes. La porosidad de la espuma, producida a través de las cavidades o poros, reduce marcadamente la densidad de los componentes proporcionados en los rebajes en forma de ranura y, con ello, el peso total del rotor.

40 Para producir la espuma metálica son adecuados también métodos de producción clásicos, de forma similar a la fabricación de una espuma. La misma contiene un espumado físico, en donde el material se espuma a través de un proceso físico.

45 También puede tener lugar un espumado con una base química. En las espumas químicas, a un granulado se agrega por ejemplo un agente soplador, usualmente en forma de un así llamado granulado de mezcla maestra. A través de la entrada de calor puede disociarse un componente volátil del agente soplador, lo cual conduce a un espumado de la masa fundida de metal.

Otra opción consiste en el espumado mecánico. En ese caso, por ejemplo aire u otro gas se mezcla en el metal que debe ser espumado o en una pasta metálica. Esa espuma metálica se solidifica a través de una reticulación del metal o de una gelificación de la pasta.

5 En los rebajes en forma de ranura, los cuales pueden estar realizados por ejemplo de forma circular, elíptica, redondeada o poligonal, se insertan las barras y el espacio restante del rebaje en forma de ranura se llena con una espuma metálica magnéticamente conductora, por ejemplo a base de níquel o de hierro, la cual, después del espumado y eventualmente a través de un calentamiento adicional, ocupa todo el espacio restante del rebaje en forma de ranura. Debido a ello, la barra se fija en el rebaje en forma de ranura y se produce una conductividad magnética suficiente. Dependiendo del tamaño de los poros y del material de la espuma metálica, en el rebaje en  
10 forma de ranura se regula una conductividad magnética que, en todo caso, se ubica por encima de la conductividad magnética del aire.

La conducción del campo magnético permite un flujo que circula especialmente a través del hierro del rotor, también en el área de los rebajes en forma de ranura llenados con la espuma metálica. El desarrollo de la fuerza comienza por tanto allí, de manera que el desarrollo de la fuerza ya es mejor que en el caso de un aislamiento más grueso de  
15 la ranura, por ejemplo de rotores de anillo colector.

La espuma metálica que se utiliza como material de relleno entre la barra conductora y el núcleo de láminas es magnéticamente conductora y proporciona por tanto una adecuación posterior del hierro del rotor a la barra. Al mismo tiempo, la resistencia óhmica de la espuma metálica es marcadamente más elevada que aquella de la lámina eléctrica, lo cual significa algo similar a un aislamiento de la barra en la ranura y, con ello, tiene como consecuencia  
20 pérdidas de corrientes de Foucault más reducidas en comparación con la forma de construcción convencional con barras coladas. A través de la densidad más reducida de la espuma, en comparación con una lámina eléctrica normal, se reduce la masa oscilante en comparación con los núcleos de láminas del rotor, comparativamente conocidos. De este modo es posible una máquina altamente dinámica.

En esos rebajes en forma de ranura de las láminas o del paquete de láminas se introducen axialmente las barras conductoras, las cuales sin embargo no deben presentar necesariamente un ajuste forzado en el rebaje en forma de ranura. En particular en el caso de máquinas de menor tamaño la jaula se introduce como totalidad en el núcleo de láminas del rotor, donde las barras conductoras ya están conectadas en un lado con un anillo de cortocircuito, formando una así llamada semi-jaula. De este modo ya es suficiente también una medida menor de la altura de la  
25 barra.

30 Los poros de la espuma metálica, debido al procedimiento de producción "caótico", presentan una forma geométrica diferente o idéntica. Las dimensiones en sí mismas varían en un rango numérico de algunos mm hasta algunos mm.

La conductividad magnética de la espuma metálica depende decisivamente de la cantidad y/o del tamaño y/o de la distribución de los poros y/o de las anchuras de las uniones, así como también del material que se encuentra dentro del rebaje en forma de ranura.

35 A través de la utilización de sólo un único corte de lámina universal por altura de eje se provoca un efecto compuesto considerable y, a pesar de ello, para formas de barras diferentes, se ofrece además la posibilidad de cubrir diversas aplicaciones, como rotores de desplazamiento de corriente, rotores de barras circulares, etc. Esto implica claras ventajas en cuanto a los costes, sin tener que renunciar a ventajas técnicas.

40 A través de la densidad más reducida de la espuma metálica, en comparación con una lámina eléctrica normal, se reduce adicionalmente la masa oscilante en comparación con los núcleos de láminas del rotor afectados de inercia, comparativamente conocidos.

De este modo es posible una máquina asíncrona altamente dinámica para las más diversas aplicaciones, tal como se requiere por ejemplo en máquinas herramienta, en accionamientos eléctricos en autos eléctricos y en vehículos ferroviarios.

45 El rotor de jaula de ardilla de la máquina asíncrona está realizado con rebajes en forma de ranura radialmente cerrados o parcialmente abiertos, lo cual influye en la reactancia de fuga de la ranura y, con ello, en el funcionamiento de la máquina asíncrona.

50 Las ranuras parcialmente abiertas se crean en particular a través del torneado con arranque de virutas del núcleo de láminas del rotor. A través de la conformación geométrica, en particular del área radialmente externa del rebaje en forma de ranura, la apertura parcial de la ranura puede lograrse después del torneado. Expresado de otro modo - un rebaje redondeado en forma de ranura, después del torneado, conduce a otra apertura parcial de la ranura como un rebaje triangular en forma de ranura.

A través de la inclinación axial de las ranuras y, con ello, de las barras conductoras en su desarrollo axial, se reducen, entre otros, los pares de detención de la ranura del rotor.

La invención, así como otras variantes ventajosas de la invención, se explicarán en detalle mediante un ejemplo de ejecución. Las figuras muestran:

5      Figura 1: un corte longitudinal a través de una máquina asíncrona,

Figura 2: un corte transversal a través de un rotor,

Figura 3: una representación en perspectiva de una semi-jaula,

Figuras 4 a 6: sectores de una lámina del rotor con diferentes formas de las barras.

10      La figura 1, en el corte longitudinal, muestra una máquina asíncrona 1 que está dispuesta en una carcasa 8. La máquina asíncrona 1 presenta un estator 2 que está realizado de forma laminada en dirección axial y que presenta un sistema de bobinado 18 que está dispuesto en ranuras que se orientan hacia un entrehierro de la máquina dinamoeléctrica 1. En el área del dorso del núcleo de láminas del estator 2 están dispuestos canales de refrigeración 14 que se extienden esencialmente de forma axial, a través de los cuales puede pasar un aire de refrigeración.

15      A través del entrehierro 4, distanciado del estator 2, está dispuesto un rotor 3, en este caso un rotor de jaula de ardilla de cortocircuito, el cual está conectado de forma resistente a la torsión a un árbol 5 que rota alrededor de un eje 9. El árbol 5 se apoya sobre cojinetes 6 en placas de cojinete 11 que están dispuestas en la carcasa 8. Las placas de cojinete 7 presentan entradas 11, así como salidas 12, para poder operar la máquina dinamoeléctrica 1 como máquina ventilada con corriente de aire.

20      La figura 2 muestra el rotor 3 con doce rebajes en forma de ranura 15, en los cuales está dispuesta respectivamente una barra conductora 16. El rebaje en forma de ranura 15 está dimensionado esencialmente más grande que la propia barra conductora 16, representando con ello un corte de lámina universal para otros rotores de jaula de ardilla con la misma altura de eje. De este modo, a partir de ahora pueden insertarse en el rebaje en forma de ranura 15 también barras conductoras como las que se muestran en las figuras 4 a 6, es decir esencialmente barras dobles para rotores de barra doble de las más diversas conformaciones o secciones transversales de la barra elevada.  
25      Observado también en la sección transversal, naturalmente pueden insertarse barras circulares o barras trapezoidales en los rebajes en forma de ranura 15.

30      Por rebaje en forma de ranura 15 se proporciona normalmente sólo una barra, pero también son posibles rebajes en forma de ranura 15 en los cuales estén dispuestas dos o más barras. Esto reduce los efectos skin que pueden producirse en barras con secciones transversales de mayor tamaño. Las "cavidades" restantes, de acuerdo con la invención, también son provistas de espuma metálica.

35      El espacio restante - es decir la "cavidad" - entre las barras conductoras y el lado interno del rebaje en forma de ranura 15, de acuerdo con la invención, está revestido con una espuma metálica 17. De este modo resulta una fijación de las barras conductoras 16 en el rebaje en forma de ranura 15, como también una clase de aislamiento de la barra conductora 16 con respecto al núcleo de láminas del rotor 3, al igual que una conductividad magnética suficiente para garantizar efectos de desplazamiento de corriente.

Las uniones de la espuma metálica 17, así como sus poros en el rebaje en forma de ranura 15, en las figuras 2, 4, 5 y 6 se representan parcialmente sobredimensionados por motivos gráficos.

40      En los rebajes en forma de ranura 15 se insertan barras conductoras individuales 16 o varias barras conductoras, o una semi-jaula según la figura 3. De este modo, en un anillo de cortocircuito 13, de forma unilateral, ya se encuentran soldadas, fundidas o soldadas por soldadura blanda barras conductoras 16, donde toda la semi-jaula se inserta en un núcleo de láminas con rebajes en forma de ranura 15.

De manera ventajosa, a través de una torsión del núcleo de láminas alrededor del eje 19 puede producirse una inclinación de las ranuras, lo cual se considera ventajoso para reducir la ondulación del par de rotación de la máquina asíncrona.

45      En el procedimiento para fabricar un rotor de jaula de ardilla de esa clase naturalmente los anillos de cortocircuito faltantes deben ponerse en contacto eléctrico con las barras conductoras que se elevan axialmente desde el núcleo de láminas, así como respectivamente deben soldarse o soldarse mediante soldadura blanda.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Rotor de jaula de ardilla (3) de una máquina asíncrona con rebajes en forma de ranura (15) cerrados de forma radial o parcialmente abiertos, con barras conductoras (16) que están dispuestas en los rebajes en forma de ranura (15), caracterizado porque las barras conductoras (16), a través de espuma metálica (17), están fijadas en los rebajes en forma de ranura (15).
2. Máquina dinamoeléctrica giratoria o máquina dinamoeléctrica lineal, en particular motor asíncrono con al menos un rotor de jaula de ardilla (3) según la reivindicación 1.
3. Máquina herramienta, vehículo eléctrico o vehículo ferroviario con al menos una máquina dinamoeléctrica según la reivindicación 2.
- 10 4. Procedimiento para fabricar un rotor de jaula de ardilla (3) según la reivindicación 1 a través de los siguientes pasos:
- punzonado de láminas individuales con rebajes en forma de ranura (15),
  - empaquetado de las láminas,
  - 15 - inserción de barras conductoras (16) individuales o barras conductoras que, a través de un anillo de cortocircuito, ya están conectadas en un lado,
  - llenado del rebaje en forma de ranura con espuma metálica (17),
  - puesta en contacto de los anillos de cortocircuito faltantes en uno o en los dos lados frontales del núcleo de láminas del rotor de ardilla de jaula (3) con las barras conductoras (16).
- 20 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque después de la inserción de las barras conductoras (16) individuales o de una semi- jaula, una rotación predeterminable del núcleo de láminas en la dirección circunferencial conduce a una inclinación de la ranura, las cavidades resultantes de ello, entre la barra conductora (16) y el rebaje en forma de ranura (15), son llenadas usando espuma metálica (17).
6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque el rotor de jaula de ardilla (3) es torneado con arranque de virutas, para obtener ranuras o rebajes en forma de ranura (15) parcialmente abiertos.

25

FIG 1

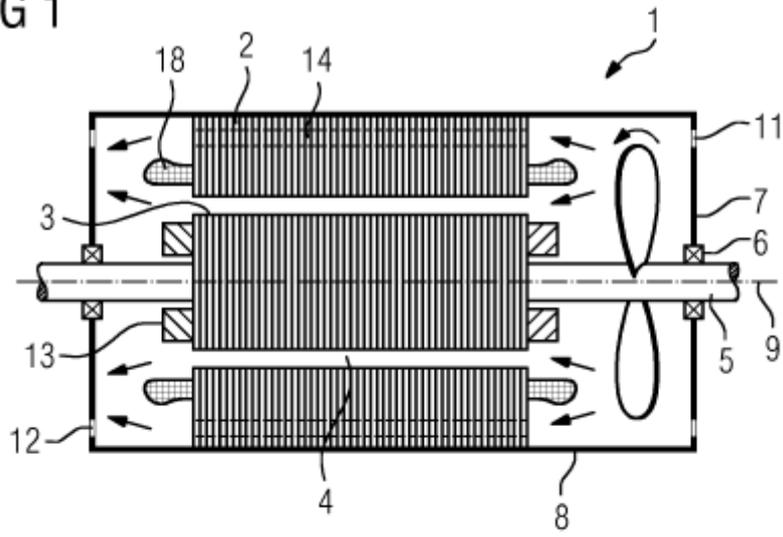


FIG 2

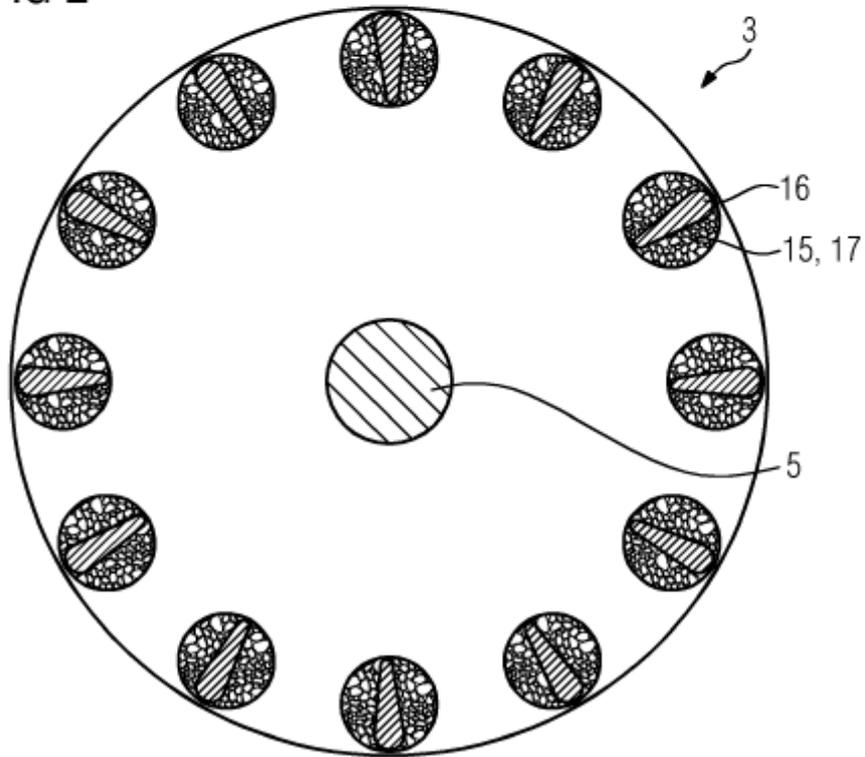


FIG 3

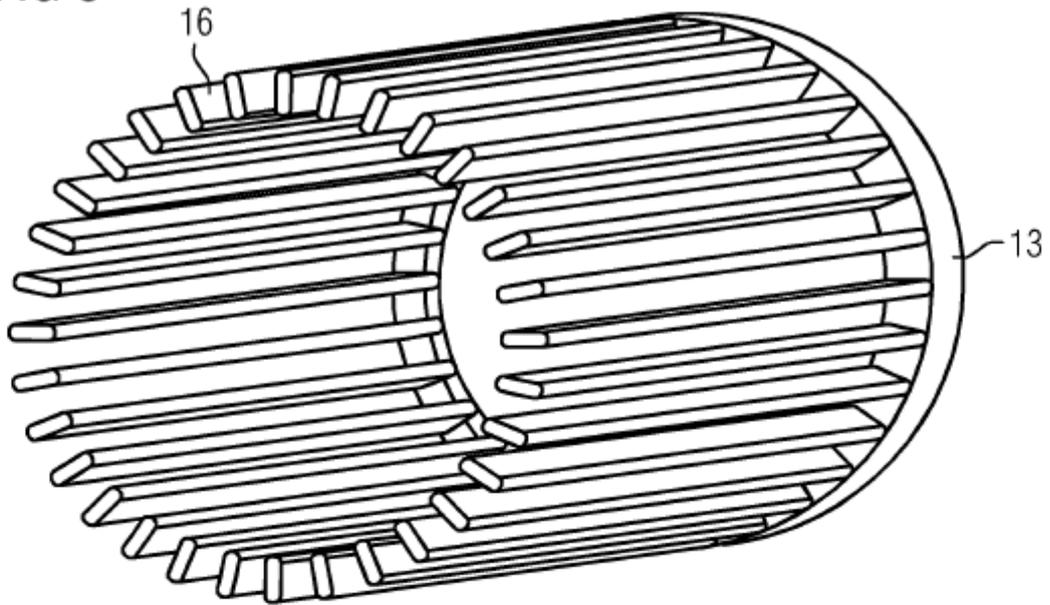


FIG 4

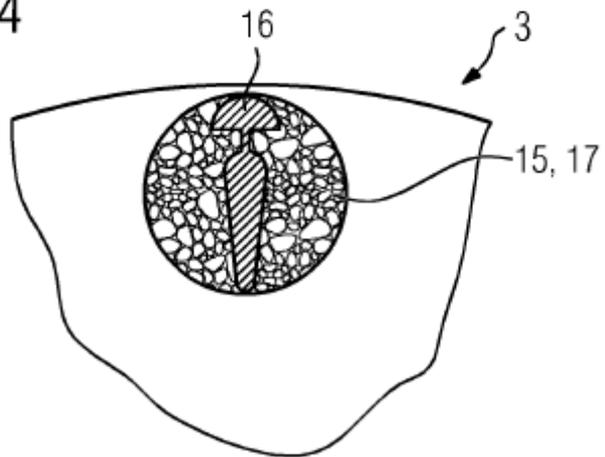


FIG 5

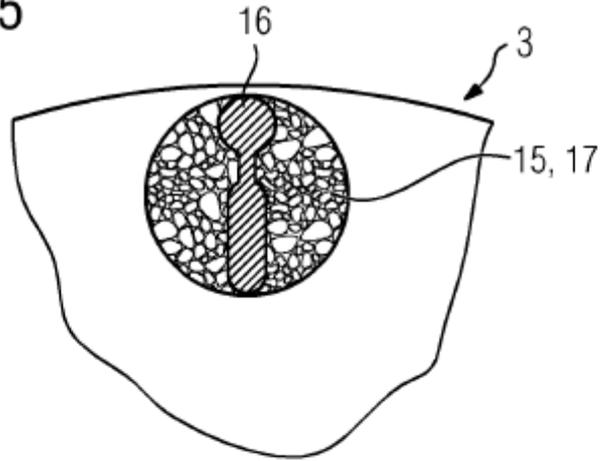


FIG 6

