

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 274**

51 Int. Cl.:

H02K 15/00 (2006.01)

H02K 3/50 (2006.01)

H02K 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2020** **PCT/EP2020/062378**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2020** **WO20239368**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2020** **E 20725655 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2023** **EP 3977603**

54 Título: **Estator para una máquina eléctrica y procedimiento para la fabricación de tal estator**

30 Prioridad:

29.05.2019 DE 102019207889

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

30.10.2023

73 Titular/es:

AUDI AG (100.0%)
85045 Ingolstadt, DE

72 Inventor/es:

HERRMANN, PATRICK;
WESTERMAIER, CHRISTIAN;
BIER, ALEXANDER y
ANDRASCHKO, STEPHAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 952 274 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

Estator para una máquina eléctrica y procedimiento para la fabricación de tal estator

La invención se refiere a un estator para una máquina eléctrica según el preámbulo de la reivindicación 1, así como a un procedimiento para la fabricación de tal estator según la reivindicación 11.

5 En una secuencia del proceso para la fabricación de un estator de máquina eléctrica, entre otras cosas, en primer lugar se coloca un aislamiento de base de ranura en las ranuras axiales del paquete de chapas del estator. Usando la tecnología de horquilla (Hairpin), en un paso de proceso de ensamblaje posterior, las horquillas son empujadas en las ranuras axiales del estator en la dirección de ensamblaje alineada con la dirección axial del estator. A esto le sigue un paso de proceso de doblado, en el que los extremos de barra de la horquilla que sobresalen por el paquete de chapas del estator son doblados un ángulo de entrelazado en posiciones de contacto, en las que los extremos de barra son interconectados eléctricamente en un paso de proceso de interconexión posterior. A esto le sigue un paso de proceso de impregnación, en el que las horquillas, las ranuras axiales y/o una cabeza de devanado son impregnados con un componente inicial de resina líquida y esta luego es curada. Por el documento DE 10 2018 103 100 A1 es conocido un procedimiento y un dispositivo para posicionar y tensar extremos de alambre para máquinas eléctricas. Por el documento DE 10 2018 114 780 A1 es conocida una cavidad de enchufe y un procedimiento para la formación de una corona a partir de una pluralidad de horquillas eléctricamente conductoras en forma de U. Por el documento EP 2 684 283 B1 es conocido un dispositivo para la alineación de los conductores de elementos de bobina en una máquina eléctrica. Por el documento WO 2015/087128 A2 es conocido otro estator para una máquina eléctrica.

20 Por los documentos EP 3 079 234 A1, US 2019/068021 A1, EP 3 193 428 A1, JP 2007 312549 A, WO 2019/073724 A1 es conocido un procedimiento y un dispositivo para posicionar y doblar extremos de alambre para máquinas eléctricas.

El objeto de la invención consiste en proporcionar un estator para una máquina eléctrica y un procedimiento para la fabricación de tal estator, en el que el estator puede ser fabricado con más seguridad en el proceso que en el estado de la técnica.

25 El objeto se logra mediante las características de la reivindicación 1 o de la reivindicación 11. Perfeccionamientos preferidos de la invención se dan a conocer en las reivindicaciones subordinadas.

Según la parte caracterizante de la reivindicación 1, en el paso de proceso de doblado está previsto un auxiliar de doblado que posibilita un proceso de doblado seguro de los extremos de barra que sobresalen por una cara frontal axial del estator. El auxiliar de doblado es un disco con aberturas de paso, a través de las cuales son conducidos los extremos de barra. El disco auxiliar de doblado está dispuesto directamente en el lado frontal axial del estator. Sus aberturas de paso están orientadas, respectivamente, en alineación axial con las ranuras axiales del estator. Durante el proceso de doblado, un borde de abertura de la respectiva abertura de paso del disco actúa como un borde de doblado, alrededor del cual se puede doblar el extremo de barra respectivo en el paso de proceso de doblado de manera segura hasta su posición de contacto, en la que los extremos de barra pueden ser interconectados eléctricamente.

El disco auxiliar de doblado según la invención permanece en el estator después del montaje del estator y asume otras funciones (por ejemplo, suministro de aceite, aislamiento, pretensado axial del estator). Durante el proceso de entrelazado son ejercidas por los alambres fuerzas sobre el disco auxiliar de doblado que tienen un componente axial (deseado) y un componente tangencial (no deseado). Las fuerzas tangenciales pueden provocar un giro del disco auxiliar de doblado, lo que puede conducir a un componente defectuoso. Para evitar el giro, el disco debe ser fijado en el lado de la instalación durante el proceso de entrelazado. La fijación debe realizarse de tal manera que se evite un giro radial del disco auxiliar de doblado, pero aún sea posible un movimiento axial. La razón de esto es que el paquete de chapas puede tener una tolerancia de altura de hasta 1 mm y por otro lado por la influencia de la fuerza axial durante el entrelazado (o retorcido) se produce el efecto deseado de la compresión axial del estator. Tal pretensado puede añadir otros 1-2 mm a la medida axial. Esto significa que el alojamiento correspondiente debe permitir un desplazamiento axial. La razón de esto es que no debe quedar espacio entre el disco y el paquete de chapas.

50 En una primera variante de realización existe la posibilidad de entrar en el disco auxiliar de doblado mediante dedos correspondientemente configurados a través de agujeros alargados y así fijarlo. Ha demostrado ser una desventaja de este método que las tolerancias hacen necesario un dimensionamiento y un posicionamiento del disco y de los dedos más costoso. Por ejemplo, dedos o agujeros conformados cónicamente podrían reducir el efecto.

Una segunda variante de realización para la fijación del disco auxiliar de doblado se refiere a un concepto de "rueda dentada". Aquí hay un cierto número de dientes o escotaduras en el disco, a los que accede con contra-dedos correspondientemente conformados. Se ha demostrado que es ventajoso en este caso que se pueda bloquear por completo mediante una conformación correspondiente de los dedos, de modo que no queden resquicios dependientes de la tolerancia durante la fijación. Además, sería fácilmente concebible aquí una compresión axial previa del disco mediante ligeras adaptaciones.

Dependiendo del número de dientes necesarios, también se puede colocar una herramienta en forma de horquilla en la instalación o en el portapiezas. Esto permite que solo sea necesaria una pequeña cantidad de piezas móviles en la instalación, incluso con un gran número de dientes.

Si es necesario un pretensado axial, existe la posibilidad de usar un anillo de pretensado para bloquear axialmente, en lugar de dedos de bloqueo radial. Por un lado, el anillo de pretensado fija el posicionamiento con respecto a la ranura. Por otro lado, el anillo de pretensado ejerce una presión axial sobre el disco auxiliar de doblado. De esta forma el paquete de chapas es comprimido. Esto puede ser necesario en una máquina de "funcionamiento en húmedo", es decir una máquina refrigerada por líquido, para evitar la entrada de refrigerante entre las chapas individuales del paquete de chapas. En una forma de realización se puede implementar una configuración del disco con el concepto de rueda dentada. El anillo de pretensado puede ser colocado axialmente sobre el disco auxiliar de doblado y permanece allí para garantizar el posicionamiento. Son concebibles de nuevo formas cónicas de los dientes/de las escotaduras para simplificar la colocación (tolerancias). Las escotaduras en el disco auxiliar de doblado no son continuas para evitar una colocación del anillo de pretensado sobre el estator- la fuerza de compresión axial debe ser aplicada sobre disco auxiliar de doblado. El anillo de pretensado puede ser conducido a través de un eje NC estándar, bloqueado con fuerza y retirado de nuevo. Alternativamente también son concebibles conceptos que conectan el disco auxiliar de doblado con un portapiezas. Otra posibilidad consiste en fijar el anillo de pretensado sobre el disco auxiliar de doblado mediante un elemento en forma de L. La cesta de horquilla ensamblada por debajo experimenta entonces la fuerza axial y tiene lugar la compresión axial deseada.

Alternativamente también es concebible que la cesta de la horquilla sea bloqueada por tracción (desde abajo) y luego esta posición sea fijada con respecto al portaherramientas (auxiliar de ensamblaje continuo, la barra gris inferior en la figura). A continuación, los elementos en forma de L son atornillados axialmente en el portaherramientas. Puede ser ajustada una fuerza de presión a través de un momento de giro para pretensar el disco auxiliar de doblado.

Las dos figuras siguientes muestran una configuración posible de este atornillado. Alrededor de la circunferencia del disco auxiliar de doblado están distribuidas varias herramientas de dedo que se aplican en el disco auxiliar de doblado en forma de rueda dentada. Mediante el atornillado secuencial de los dedos durante varias revoluciones, por un lado el disco puede ser posicionado en el estator (está prevista la forma trapezoidal correspondiente de la rueda dentada/de los dedos) y puede conseguirse una compresión axial del estator por el disco.

Otra variante de realización se refiere a la fijación del disco auxiliar de doblado directamente sobre el propio estator. Para ello son introducidos agujeros en las caras frontales del estator. El disco auxiliar de doblado tiene pasadores correspondientes para que este pueda ser fijado en el estator. Los pasadores pueden estar realizados como un árbol de Navidad. En caso de que existan diferentes variantes del disco (por ejemplo, diferentes tipos de motor, diferentes discos por lado de un estator), los pasadores pueden disponerse según el principio poka-yoke, de tal manera que se excluya un montaje defectuoso.

Además de la fijación del propio disco auxiliar de doblado se deben tener en cuenta los siguientes aspectos adicionales durante el montaje del estator con el disco auxiliar de doblado. En el lado inferior del disco se pueden concebir auxiliares de inserción, que permiten colocar más fácilmente el disco auxiliar de doblado si ya se ha colocado el aislamiento de la base de ranura (que sobresale algunos milímetros por el paquete de chapas por motivos de aislamiento). También se facilita así el montaje del aislamiento de la base de ranura si el disco auxiliar de doblado ya está montado. Estos dos procesos de montaje se pueden intercambiar.

Otro desafío en el montaje del disco auxiliar de doblado es la sujeción del aislamiento de la base de ranura con un disco tensor. En el estado de la técnica sin disco tensor son bloqueados dedos de soporte de collarín (similares a los dedos que se muestran arriba), que evitan que el papel de aislamiento se deslice a través de la cesta de horquilla retráctil. Si un disco está montado, esto ya no es posible. Una idea para fijar el posicionamiento del aislamiento de la base de ranura es un sello en forma de rueda dentada que es colocado axialmente sobre el paquete de chapas y tiene exactamente tantos dientes como ranuras existen. Mientras que la canasta de horquilla se retrae, este sello cubre las ranuras por arriba, reteniendo así el aislamiento. El sello es retirado poco antes de que los extremos de horquilla lleguen a la salida de la ranura. Por las horquillas ya unidas se puede prevenir eficazmente un deslizamiento del aislamiento de la base de ranura.

Una de las funciones esenciales del disco auxiliar de doblado es servir como embudo para el proceso gota a gota durante la impregnación. Durante la impregnación es introducida una resina en el estator que luego se endurece. La impregnación de un estator tiene varias funciones: debe aumentar la potencia de aislamiento del sistema desplazando el aire en el estator y eliminar eventuales defectos en el aislamiento, asumiendo esta el aislamiento. Además, aumenta la conductividad térmica, lo que conlleva ventajas en el enfriamiento (se pueden disipar mejor las pérdidas de calor), ya que la resina tiene una conductividad térmica más alta que el aire y no se tiene que producir convección (transferencia de calor al aire). Por último, pero no menos importante, aumenta la estabilidad mecánica del estator, ya que los conductores y el papel aislante son verdaderamente pegados entre sí.

Para cada una de estas funciones es esencial introducir la mayor cantidad de resina posible en el estator y desplazar el aire correspondientemente. Durante el gota a gota, la resina gotea sobre el estator a través de al menos una boquilla, como se muestra en la siguiente figura.

El estator se encuentra en este caso en una posición horizontal y gira (para que la resina sea aplicada uniformemente alrededor de la circunferencia). Por este giro se producen fuerzas centrífugas que hacen que el exceso de resina gotee radialmente hacia fuera. Dado que la resina es viscosa, circulara hasta la posición que vista radialmente se sitúa lo más lejos por fuera. Uno de los desafíos esenciales durante la impregnación es mantener el paquete de chapas libre de contaminación. Para garantizar esto, la idea consiste en integrar en el disco un borde de goteo que posibilite un goteo definido sin contaminación del estator. La siguiente figura muestra una posible configuración.

En particular, el concepto de pretensado de "rueda dentada" tiene algunas ventajas en el posicionamiento seguro durante el proceso del disco auxiliar de doblado en la instalación, especialmente con respecto a una fabricación adecuada a gran escala. Con él se puede lograr un posicionamiento exacto del disco auxiliar de doblado y una compresión previa axial definida del estator. El borde de goteo para la impregnación es otra propiedad que simplifica significativamente la producción de un estator de horquilla.

A continuación se describen otra vez en detalle aspectos de la invención:

En el proceso de doblado (es decir, el paso de proceso de entrelazado), los extremos de barra que sobresalen axialmente por la cara frontal del estator ejercen un componente de fuerza de doblado tangencial que actúa en la dirección circunferencial sobre el disco auxiliar de doblado. Puede estar previsto un seguro frente al giro para que el disco auxiliar de doblado permanezca dispuesto solidario en rotación con respecto al estator. El seguro frente al giro puede ser construido preferiblemente a partir de un contorno de seguro frente al giro realizado en el disco auxiliar de doblado y un contra-contorno que interactúa con él. En una primera variante de realización, el contra-contorno puede estar realizado directamente en el estator. Como alternativa a esto, el contra-contorno también puede estar realizado funcionalmente independiente del estator en una herramienta de mecanizado.

Las barras de devanado colocadas en las ranuras axiales del estator pueden ser, respectivamente, patas de estribo de un estribo de alambre en forma de U (horquilla), que están unidas entre sí mediante un nervio de estribo. En el paso de proceso de ensamblaje de horquilla, los estribos de alambre en forma de U pueden ser introducidos en las ranuras axiales del estator en una dirección de ensamblaje orientada axialmente. Durante el proceso de ensamblaje, el nervio de estribo del respectivo estribo de alambre (horquilla) es presionado con una fuerza de ensamblaje hasta que tope directa o indirectamente con la cara frontal del estator enfrentada axialmente.

En una implementación técnica, el estator se puede construir a partir de un paquete de chapas con capas de chapa dispuestas en la dirección de apilamiento axial. Una vez que ha tenido lugar el paso de proceso de doblado, el paquete de chapas, que consta de capas de chapa apiladas sueltas, puede ser sujeto con una fuerza de pretensado entre los extremos de barra entrelazados y los nervios de estribo de los estribos de alambre (horquillas) que forman la cabeza de devanado de los devanados del estator.

De esta forma resulta una conexión apretada axialmente en la que el disco auxiliar de doblado, el paquete de chapas y eventualmente un segundo disco posicionado en el lado frontal de la cabeza de devanado del estator están sujetos entre los extremos de barra entrelazados y los nervios de estribo de los estribos de alambre.

La fuerza de pretensado que actúa en el paquete de chapas puede ser formada al menos parcialmente durante el paso de proceso de doblado: En el paso de proceso de doblado, por el entrelazado de los extremos de barra es ejercido un componente de fuerza de doblado que actúa en dirección axial sobre el disco auxiliar de doblado, y concretamente formándose al menos parcialmente una fuerza de pretensado del paquete de chapas. Al mismo tiempo, la longitud axial del paquete de chapas se reduce en un desplazamiento axial. En lo que se refiere a un seguro frente al giro fiable para el proceso es ventajoso que el contorno del seguro frente al giro del disco auxiliar de doblado y el contra-contorno que interactúa con él puedan ser ajustados fácilmente entre sí por el desplazamiento axial.

En el paso de proceso de ensamblaje, los estribos de alambre insertados en las ranuras axiales del estator pueden presionar contra un tope axial en el lado de la herramienta con la fuerza de ensamblaje y con la interposición del paquete de chapas del estator y el disco auxiliar de doblado. Como resultado, el paquete de chapas del estator es presionado axialmente al menos de forma parcial. A continuación tiene lugar el paso de proceso de doblado (es decir, el paso de proceso de entrelazado), y concretamente con la formación de la conexión apretada axialmente ya mencionada, como resultado de lo cual se mantiene permanentemente la compresión axial del paquete de chapas del estator.

Al menos en el paso de proceso de ensamblaje y en el paso de proceso de doblado, al estator se le asigna un portaherramientas que simplifica el manejo del estator en los pasos de proceso individuales. En una variante de realización preferida, el portaherramientas presenta al menos una mordaza de sujeción en cada una de las caras frontales del estator opuestas axialmente.

Antes de que se lleve a cabo el paso de proceso de doblado, el paquete de chapas del estator puede ser sujetado entre las dos mordazas de sujeción, formándose al menos parcialmente la fuerza de pretensado del paquete de chapas. Para ello se pueden ajustar en altura las dos mordazas de sujeción en dirección axial, por ejemplo mediante una rosca de ajuste, para ajustar una distancia axial entre las dos mordazas de sujeción y con ello la fuerza de sujeción.

En una doble función, las mordazas de sujeción no solo pueden comprimir axialmente el paquete de chapas del estator. Además, al menos la mordaza de sujeción dispuesta en el lado de los extremos de barra pueden tener el contra-contorno que interactúa con el contorno del seguro frente al giro del disco auxiliar de doblado. En este caso, la mordaza de sujeción también forma parte del seguro frente al giro según la invención.

- 5 Para proporcionar un paso de proceso de ensamblaje lo más suave posible y libre de contornos que interfieran, es preferible que la respectiva abertura de paso del disco auxiliar de doblado y/o el segundo disco axialmente opuesto se ensanche cónicamente en su borde de abertura orientado en la dirección de ensamblaje. De esta manera se proporciona una ayuda de inserción para las barras de devanado y/o para un aislamiento de la base de ranura.

- 10 El aislamiento de la base de ranura se coloca suelto en la ranura axial respectiva del estator antes de que se lleve a cabo el paso de proceso de ensamblaje. En el paso de proceso de ensamblaje que se realiza a continuación, el estribo de alambre es empujado con sus dos patas de estribo en las ranuras axiales del estator en la dirección de ensamblaje. Debido al posicionamiento solo suelto del aislamiento de la base de ranura, existe el problema de que el estribo de alambre puede eventualmente arrastrar consigo el aislamiento de la base de ranura en la ranura axial del estator en la dirección de ensamblaje. Para evitar tal arrastre del aislamiento de la base de ranura puede estar previsto un
- 15 elemento de bloqueo que en la dirección de ensamblaje como tope de movimiento impida el desplazamiento del aislamiento de la base de ranura en la dirección de ensamblaje.

- 20 Aguas abajo del paso de proceso de doblado está un paso de proceso de impregnación, en el que en particular las barras de devanado, las ranuras axiales del estator y/o las cabezas de devanado dispuestas en un lado axial del estator son impregnados con un componente inicial de resina líquida. Para posibilitar una aplicación específica del componente inicial de resina líquida se puede utilizar un llamado proceso gota a gota, en el que el componente inicial de resina líquida es alimentado con la ayuda de una boquilla de goteo. En el proceso gota a gota, el estator gira alrededor de su eje de estator alineado horizontalmente. En esta constelación, el componente inicial de resina líquida fluirá radialmente hacia fuera, partiendo de los extremos de barra o las cabezas de devanado de los estribos de alambre bajo la acción de la fuerza centrífuga a través del disco auxiliar de doblado o el disco axialmente opuesto. Es
- 25 preferible que el disco auxiliar de doblado o el disco opuesto axialmente tenga un borde de goteo circunferencial, sobre el cual el componente inicial de resina que fluye radialmente hacia fuera puede gotear sin entrar en contacto con la cara frontal del paquete de chapas.

A continuación se describen ejemplos de realización de la invención con referencia a las figuras adjuntas.

Muestran:

- 30 Figura 1a o 1b: vistas en sección parcial en perspectiva de un estator terminado sin masa de resina para sellar;
- Figura 1c: un diagrama de circuito de bloques que indica una secuencia de proceso para la fabricación del estator de una manera algo simplificada;
- Figuras 2 a 6: en cada caso representaciones algo simplificadas del disco auxiliar de doblado junto con el seguro frente al giro;
- 35 Figuras 7 y 8: en cada caso individualmente, un disco auxiliar de doblado y un anillo de pretensado;
- Figura 9: una vista con la que es ilustrado un paso de proceso de ensamblaje y un paso de proceso de doblado posterior;
- Figura 10: una vista correspondiente a la figura 9 según otra variante de realización;
- Figuras 11 y 12: vistas parciales en perspectiva, en las que el estator está dispuesto en un portaherramientas;
- 40 Figura 13: una vista en la que el disco auxiliar de doblado está unido al estator de forma solidaria en rotación a través de un seguro frente al giro;
- Figura 14: una vista de detalle de una abertura de paso del disco auxiliar de doblado;
- Figura 15: un elemento de bloqueo; y
- Figura 16: una vista parcial del estator que se utiliza para ilustrar un paso de proceso de impregnación.

- 45 En la figura 1 se muestra un estator acabado sin impregnación. El estator está formado por un paquete de chapas 1 con capas de chapa dispuestas una encima de otra en la dirección de apilamiento axial. El paquete de chapas 1 presenta radialmente por el interior una pluralidad de ranuras axiales 3 (figura 11), en las que están insertadas horquillas 6 en forma de U como conductores eléctricos. Cada una de las horquillas 6 es un estribo de alambre en forma de U con dos barras de devanado 5 respectivas insertadas en las ranuras axiales 3 que están conectadas entre
- 50 sí por un nervio de estribo 7. Los extremos de barra 9 de los estribos de alambre 6 en forma de U sobresalen por una cara frontal axial 11 del estator sobre una altura de construcción predefinida. En la figura 1, los extremos de barra son doblados en un paso de proceso de doblado (es decir, paso de proceso de entrelazado) con un ángulo de entrelazado

α (figura 1a) en las posiciones de contacto representadas, en las que los extremos de barra 9 han sido interconectados eléctricamente en un paso de proceso de interconexión. Como también se deduce de la figura 1a o 1b, un disco auxiliar de doblado 13 está posicionado directamente en la cara frontal axial 11 superior del estator. En la cara frontal axial inferior 15 opuesta está dispuesto igualmente en la figura 1a un disco 17 realizado con una construcción idéntica. Los nervios de estribo 7 de los estribos de alambre 6 en forma de U que sobresalen por la cara frontal axial inferior 15 del estator forman una cabeza de devanado.

Los discos auxiliares de doblado 13 presentan aberturas de paso 19 (por ejemplo, las figuras 7, 9 o 10) a través de las cuales son conducidas axialmente hacia fuera las barras de devanado 5. Las aberturas de paso 19 del disco auxiliar de doblado 13 están, respectivamente, en alineación axial con las ranuras axiales 3 (figura 12).

Un borde de abertura 21 mostrado en la figura 7 de la respectiva abertura de paso 19 del disco actúa como un borde de doblado alrededor del cual es doblado el extremo de barra 9 respectivo en el paso de proceso de doblado en la posición de contacto representada en la figura 1a o 1b. El disco auxiliar de doblado 13 está representado individualmente en la figura 7. Por consiguiente, el disco auxiliar de doblado 13 presenta radialmente por el interior una pared de obturación 23 periférica y una corona dentada 25 radialmente exterior, que forma parte de un seguro frente al giro del disco auxiliar de doblado 13. En la figura 1b están realizados canales de aceite 26 en el paquete de chapas 1 radialmente por fuera del disco auxiliar de doblado 13 que discurren en la dirección axial del estator.

El paquete de chapas 1 está sujeto en la figura 1a con una fuerza de pretensado F_v indicada entre los extremos de barra 9 entrelazados y los nervios de estribo 7 inferiores (es decir, la cabeza de devanado) de los estribos de alambre 6 en forma de U (horquillas) y formándose de hecho una conexión apretada axialmente, en la que el disco auxiliar de doblado 13, el paquete de chapas 1 y el segundo disco 17 axialmente opuesto están sujetos entre los extremos de barra 9 entrelazados y la cabeza de devanado (nervios de estribo 7). De esta manera, los canales de aceite 26 guiados a través de las capas de chapa del paquete de chapas 1 del estator permanecen estancos a los fluidos.

En la figura 1c se muestra con la ayuda de un diagrama de circuito de bloques algo simplificado una secuencia de los pasos del proceso relevantes para la invención, después de lo cual en primer lugar las ranuras axiales 3 del estator son dotadas de un aislamiento de base de ranura. A continuación se realiza un paso de proceso de ensamblaje de horquilla, en el que los estribos de alambre 6 en forma de U son introducidos en las ranuras axiales 3 en una dirección de ensamblaje F (figura 9 o 10), que está alineada con la dirección axial del estator. A esto le sigue un paso de proceso de doblado, en el que los extremos de barra 9 son doblados en sus posiciones de contacto el ángulo de entrelazado α . En un paso posterior del proceso de interconexión, los extremos de barra 9 son interconectados eléctricamente. Finalmente se realiza un paso de proceso de impregnación en el que las cabezas de devanado, los extremos de barra, las ranuras axiales y las barras de devanado son impregnadas con una masa de sellado de resina.

Durante el proceso de doblado, los extremos de barra 9 ejercen un componente de fuerza de doblado tangencial F_t (figura 1a) que actúa en la dirección circunferencial sobre el disco auxiliar de doblado 13. Para garantizar una disposición solidaria en rotación del disco auxiliar de doblado 13 en el estator, está previsto un seguro frente al giro en el que la corona dentada de disco 25 interactúa con un contra-contorno 27 (figura 6, 11 u 12). En la figura 11 o 12, el contra-contorno 27 es parte de una mordaza de sujeción 29 de un portaherramientas 31.

Además, durante el proceso de doblado los extremos de barra 9 actúan en la dirección axial del estator con un componente de fuerza de doblado axial F_a (figura 1a) sobre el disco auxiliar de doblado 13, concretamente formándose al menos parcialmente la fuerza de pretensado F_v de paquete de chapas y reduciéndose una longitud axial del paquete de chapas I (figura 1a) en un desplazamiento axial Δa (figura 3). Por lo tanto, es ventajoso que en el seguro frente al giro la corona dentada 25 del disco auxiliar de doblado 13 y el contra-contorno 27 de la mordaza de sujeción 29 que interactúa con él puedan ajustarse entre sí en un desplazamiento axial Δa , como se muestra en la figura 3.

En las figuras 2 a 6 se indican otros seguros frente al giro del disco auxiliar de doblado 13. En la figura 2, el disco auxiliar de doblado 13 presenta radialmente por fuera una pared cilíndrica periférica 33, en la que están integrados agujeros alargados 35 abiertos por debajo. Un perno en el lado de la herramienta puede sobresalir radialmente por el exterior en los agujeros alargados 35 como contra-contorno 27.

Como alternativa a esto, el disco auxiliar de doblado 13 indicado en la figura 4 tiene dientes que sobresalen por fuera en la circunferencia exterior, que interactúan con un contra-contorno 27 correspondiente en el lado de la herramienta. Como alternativa a esto, en la figura 6 está indicado un disco auxiliar de doblado 13, que tiene huecos entre dientes por la circunferencia exterior distanciados entre sí como contorno de seguro frente al giro 25, en los que se aplica un contra-contorno 27 (dedo) en el lado de la herramienta.

Con referencia a la figura 9 se describe un paso de proceso de ensamblaje, en el que el estribo de alambre 6 con forma de U está introducido con sus dos barras de devanado 5 en ranuras axiales 3 del estator en una dirección de ensamblaje F orientada axialmente y concretamente con la ayuda de una herramienta de alimentación 37 indicada que lleva el nervio de estribo 7 del estribo de alambre 6 con una fuerza de ensamblaje F_F con la interposición del disco inferior 17 a tope con la cara frontal inferior 15 del estator.

En el curso posterior, el estribo de alambre 6 insertado junto con el paquete de chapas con la fuerza de ensamblaje F_F (ejercida por la herramienta de alimentación 37) es presionado contra un tope axial 39 en el lado de la herramienta, concretamente formándose al menos parcialmente la fuerza de pretensado F_v del paquete de chapas (figura 1a). El tope axial 39 en el lado de la herramienta es un anillo de pretensado en la figura 9, que se muestra individualmente en la figura 8. En la figura 9, el disco auxiliar de doblado 13 es presionado contra un tope de herramienta 40 con interposición del anillo de pretensado 39. A esto le sigue el paso de proceso de doblado, en el que se forma la conexión apretada axialmente ya mencionada.

En la Fig. 10, el paso de proceso de ensamblaje tiene lugar como se describe en la figura 9. A diferencia de la figura 9, en la figura 10 la herramienta de alimentación 37 es ajustada hasta que hace tope con el portaherramientas 31. Para generar la fuerza de pretensado F_v del paquete de chapas se pueden ajustar en altura los topes de herramienta 40 en dirección axial a través de tornillos de ajuste, con lo que se puede ajustar la fuerza de pretensado F_v del paquete de chapas.

En las figuras 11 y 12, al estator está asociado un portaherramientas 31 que presenta al menos una mordaza de sujeción 29, 41 en cada una de las caras frontales 11, 15 axialmente opuestas del estator. En la figura 12, el estator con su paquete de chapas 1 está sujeto entre las dos mordazas de sujeción 29, 41 formándose al menos parcialmente la fuerza de pretensado F_v de paquete de chapas (figura 1a). La fuerza de pretensado F_v también puede ser variada mediante tornillos de ajuste 42 (figura 12), mediante los cuales se puede cambiar una distancia axial entre las mordazas de sujeción 29, 41.

En la figura 13 se muestra un seguro frente al giro del disco auxiliar de doblado 13 según otro ejemplo de realización. Por consiguiente, el disco auxiliar de doblado 13 presenta un perno conformado como contorno de seguro frente al giro 25 que sobresale en una depresión correspondiente en la cara frontal axial superior 15 del estator.

En la figura 14, la abertura de paso 19 del disco auxiliar de doblado 13 o del segundo disco 17 tiene un ensanchamiento 36 en forma de cono en sus bordes de abertura, por lo que está prevista una ayuda de inserción para las barras de devanado 5 y/o para un aislamiento de base de ranura 43. El aislamiento de la base de ranura 43 es introducido suelto en la respectiva ranura axial 3 del estator antes del proceso de ensamblaje de la horquilla. En el siguiente paso de proceso de ensamblaje, la barra de devanado 5 respectiva es introducida en la ranura axial de estator 3 en la dirección de ensamblaje F.

Para la fijación de la posición del aislamiento de la base de la ranura 43 durante el paso de proceso de ensamblaje de horquilla puede estar previsto adicionalmente un elemento de bloqueo 45 en la figura 15. En la figura 12, el elemento de bloqueo 45 tiene una geometría de rueda dentada (es decir, dentado de bloqueo), mediante el cual se impide un desplazamiento del aislamiento de la base de ranura 43 en la dirección de ensamblaje F en el lado del estator más alejado de la dirección de ensamblaje F. Por lo tanto, por medio del elemento de bloqueo 45 es posible evitar que un aislamiento de base de ranura se salga por las ranuras axiales 3 durante el paso de proceso de ensamblaje de horquilla.

Un paso de proceso de impregnación aguas abajo del paso de proceso de doblado está indicado con referencia a la figura 16. En el paso de proceso de impregnación, las barras de devanado 5, las ranuras axiales 3 y la cabeza de devanado (nervio de estribo 7) se someten a un proceso llamado gota a gota mediante una boquilla gota a gota específica con un componente inicial de resina líquida. En el proceso gota a gota, el estator gira alrededor de su eje de estator A alineado horizontalmente, como resultado de lo cual el componente inicial de resina líquida 48 fluye radialmente hacia fuera desde la cabeza de devanado de horquilla representada a través del disco 17 bajo la influencia de la fuerza centrífuga. En la figura 16, el disco 17 presenta un borde de goteo 49 circunferencial, sobre el que puede gotear el componente de resina inicial que fluye radialmente hacia fuera sin entrar en contacto con la cara frontal 15 del paquete de chapas.

Lista de referencias:

- 1 paquete de chapas
- 3 ranuras axiales
- 6 estribo de alambre en forma de U
- 5 patas de estribo
- 7 nervio de estribo
- 9 extremos de barra
- 11 cara frontal axial del estator
- 13 disco auxiliar de doblado
- 15 cara frontal axial inferior del estator

	17	segundo disco
	19	abertura de paso
	21	borde de abertura
	23	pared de sellado
5	25	corona dentada (contorno de seguro frente al giro)
	26	canales de aceite
	27	contra-contorno
	29	mordaza de sujeción superior
	31	portaherramientas
10	33	pared de cilindro
	35	agujeros alargados
	36	ensanchamiento cónico
	37	émbolo de elevación
	39	anillo de sujeción
15	40	tope de herramienta
	41	mordazas de sujeción debajo
	42	tornillos de ajuste
	43	aislamiento de base de ranura
	45	elemento de bloqueo
20	47	boquilla gota a gota
	48	componente inicial de resina
	49	borde de goteo
	F	dirección de ensamblaje
	F _V	fuerza de pretensado
25	F _T	componente de fuerza tangencial
	F _A	componente de fuerza axial
	F _F	fuerza de ensamblaje
	l	longitud del paquete del estator
	Δa	desplazamiento axial
30	A	ángulo de entrelazado
	S	eje del estator

REIVINDICACIONES

1. Estator para una máquina eléctrica, con ranuras axiales (3) en las que en un paso de proceso de ensamblaje son depositadas barras de devanado (5) conductoras de la electricidad, que con sus extremos de barra (9) sobresalen por al menos una cara frontal axial (11) del estator, en el que en un paso de proceso de doblado los extremos de barra (9) son doblados un ángulo de entrelazado (α) en posiciones de contacto, en las que los extremos de barra (9) pueden ser interconectados eléctricamente en un paso de proceso de interconexión, en el que como ayuda de doblado en el paso de proceso de doblado está previsto un disco auxiliar de doblado (13) con aberturas de paso (19), a través de las cuales son conducidos los extremos de barra (9), y en el que un borde de abertura (21) de la abertura de paso (19) de disco respectiva actúa como borde de doblado alrededor del cual el extremo de barra (9) respectivo está doblado hasta su posición de contacto en el paso de proceso de doblado, en el que en el paso de proceso de ensamblaje y en el paso de proceso de doblado es asociado al estator un portaherramientas (31), y por que el portaherramientas (31) presenta al menos una mordaza de sujeción (29, 41) en cada una de las caras frontales (11, 15) opuestas axialmente del estator, y por que el estator con su paquete de chapas (1) está sujeto entre las dos mordazas de sujeción (29, 41), formándose así al menos parcialmente una fuerza de pretensado (F_v) del paquete de chapas.
2. Estator según la reivindicación 1, caracterizado por que en el proceso de doblado los extremos de barra (9) actúan sobre el disco auxiliar de doblado (13) con un componente de fuerza de doblado tangencial (F_T) que actúa en la dirección circunferencial, y por que al disco auxiliar de doblado (13) está asociado un seguro frente al giro, por medio del cual el disco auxiliar de doblado (13) permanece dispuesto en el estator solidario en rotación, y por que el seguro frente al giro está construido a partir de un contorno de seguro frente al giro (25) realizado en el disco auxiliar de doblado (13) y un contra-contorno (27) que interactúa con el mismo.
3. Estator según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las barras de devanado (5) son, respectivamente, patas de estribo de un estribo de alambre (6) en forma de U que están conectadas entre sí con un nervio de estribo (7), y por que en el paso de proceso de ensamblaje los estribos de alambre (6) son insertados en las ranuras axiales (3) del estator en una dirección de ensamblaje (F) orientada axialmente, y por que el nervio de estribo (7) del estribo de alambre (6) se apoya directa o indirectamente con la cara frontal axial (15) enfrentada del estator con una fuerza de ensamblaje (F_F).
4. Estator según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el estator está construido a partir de un paquete de chapas (1) con capas de chapa dispuestas en la dirección de apilamiento axial, y por que una vez realizado el paso de proceso de doblado, el paquete de chapas (1) del estator está sujeto con una fuerza de pretensado (F_v) entre los extremos de barra (9) entrelazados y los nervios de estribo (7) de los estribos de alambre (6), concretamente formando una conexión apretada axialmente, en la que el disco auxiliar de doblado (13), el paquete de chapas (1) y un segundo disco (17) posicionado en la cara frontal (15) opuesta axialmente del estator están sujetos entre los extremos barra (9) entrelazados y los nervios de estribo (7) de los estribos de alambre (6).
5. Estator según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el proceso de doblado, los extremos de barra (9) actúan en dirección axial con un componente de fuerza de doblado axial (F_A) sobre el disco auxiliar de doblado (13), formándose al menos parcialmente la fuerza de pretensado (F_v) del paquete de chapas y/o reduciéndose la longitud axial del paquete de chapas (1) en un desplazamiento axial (Δa), y por que el contorno de seguro frente al giro (25) del disco auxiliar de doblado (13) y el contra-contorno (27) que interactúa con él pueden ser ajustados entre sí el desplazamiento axial (Δa).
6. Estator según la reivindicación 3, 4 o 5, caracterizado por que en el paso de proceso de ensamblaje, los estribos de alambre (6) insertados en las ranuras axiales (3) del estator presionan contra un tope axial (39) en el lado de la herramienta con la fuerza de ensamblaje (F_F) con la interposición del paquete de chapas (1) y del disco auxiliar de doblado (13), formándose así al menos parcialmente la fuerza de pretensado (F_v) del paquete de chapas, y por que posteriormente se realiza el paso de proceso de doblado, formándose así la conexión apretada axialmente.
7. Estator según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos la mordaza de sujeción (29, 41) dispuesta en el lado de los extremos de barra (9) presenta el contra-contorno (27) que interactúa con el contorno de seguro frente al giro (25) del disco auxiliar de doblado (13).
8. Estator según una de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado por que la respectiva abertura de paso (19) del disco auxiliar de doblado (13) y/o del segundo disco (17) tiene al menos en su borde de abertura (21) orientado en la dirección de ensamblaje (F), un ensanchamiento (36) en forma de cono para proporcionar una ayuda de inserción para las barras de devanado (5) y/o para un aislamiento de base de ranura (43).
9. Estator según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que antes del paso de proceso de ensamblaje es insertado suelto un aislamiento de base de ranura (43) en la ranura axial (3) respectiva del estator, y por que en el paso de proceso de ensamblaje aguas abajo es insertada una barra de devanado (5) en la ranura axial (3) del estator en la dirección de ensamblaje (F), y por que para la fijación de la posición del aislamiento de la base de ranura (43) durante el paso de proceso de ensamblaje está previsto un elemento de bloqueo (45) que está dispuesto en la cara (11) del estator más alejada en la dirección de ensamblaje (F) y evita un desplazamiento del aislamiento de la base de ranura (43) en la dirección de ensamblaje (F).

10. Estator según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en un paso de proceso de impregnación aguas abajo del paso de proceso de doblado, al estator, concretamente a las barras de devanado (5) y/o las ranuras axiales (3) y/o una cabeza de devanado, es aplicado un componente inicial de resina líquida (48) en un proceso gota a gota por medio de una boquilla gota a gota (47) específica, y por que en el proceso gota a gota el
- 5 estator gira alrededor de su eje de estator orientado horizontalmente, por lo que el componente inicial de resina líquida (48) fluye radialmente hacia fuera desde los extremos de barra (9) o desde la cabeza de devanado a través del disco (13, 17) respectivo bajo el efecto de la fuerza centrífuga y por que el disco (13, 17) tiene un borde de goteo (49) circunferencial desde el que el componente inicial de resina (48) que fluye radialmente hacia el exterior gotea sin entrar en contacto con el paquete de chapas (19).
- 10 11. Procedimiento para la fabricación de un estator según una de las reivindicaciones anteriores.

Fig. 1a

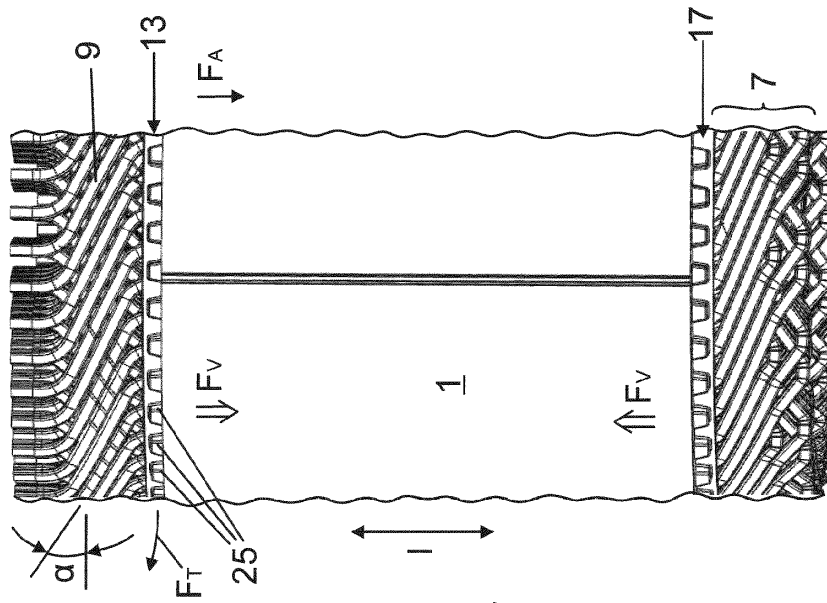


Fig. 1b

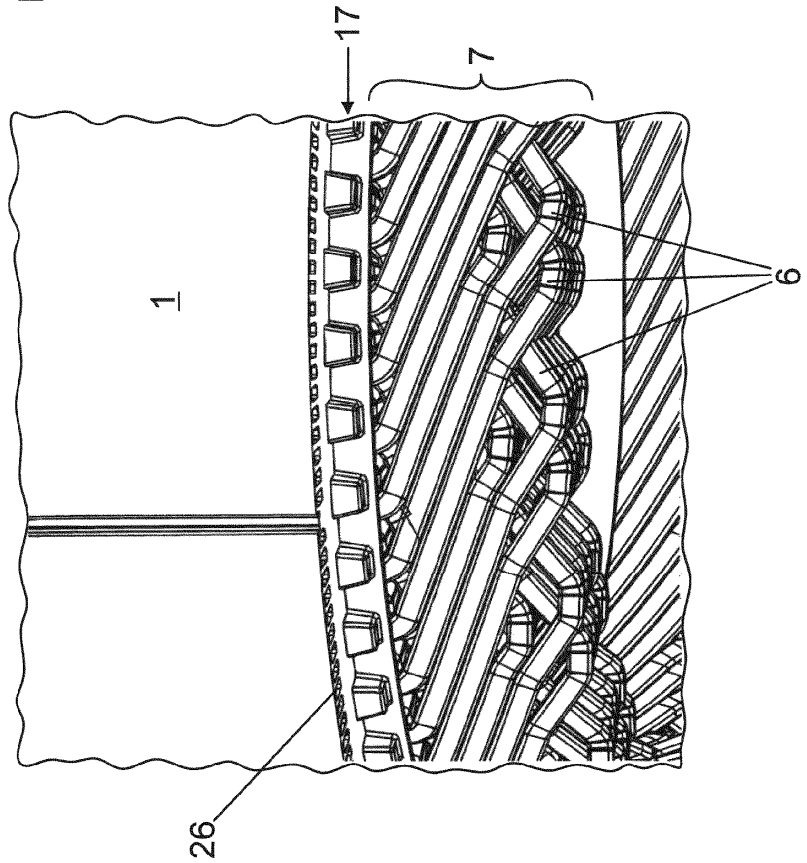


Fig. 1c

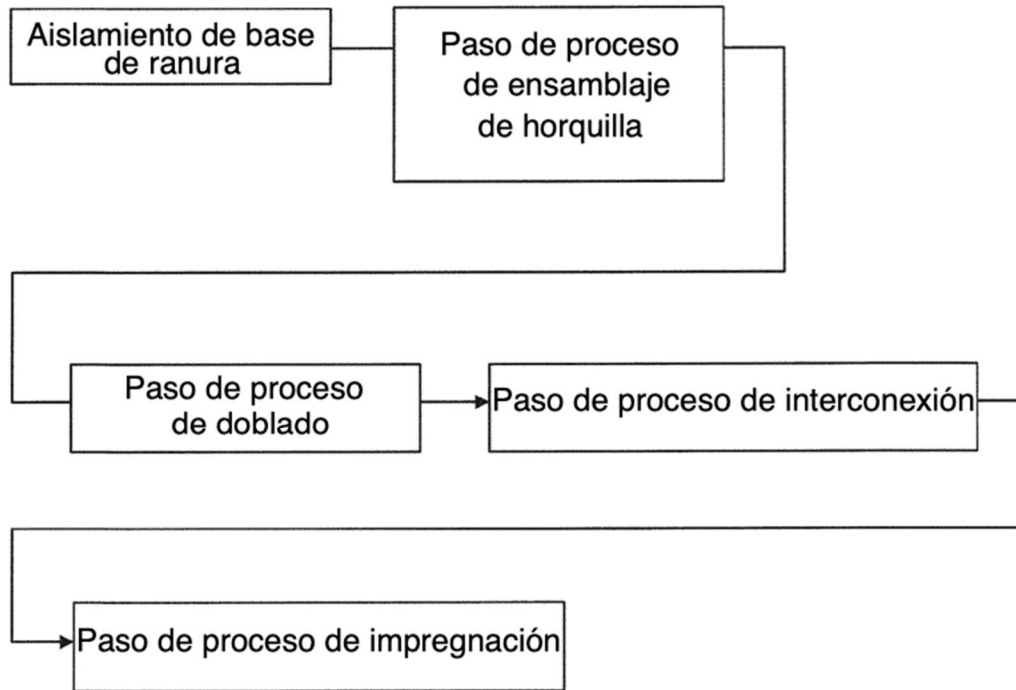


Fig. 2

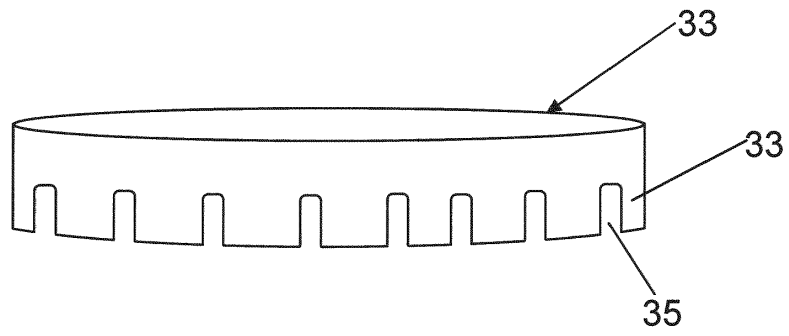


Fig. 3

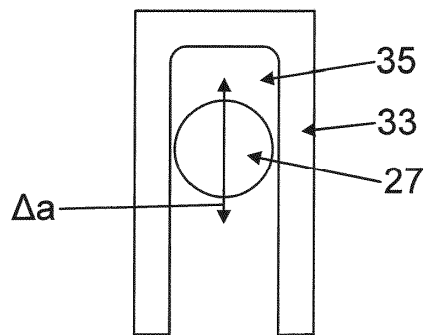


Fig. 4

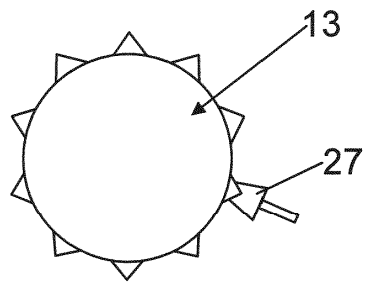


Fig. 5

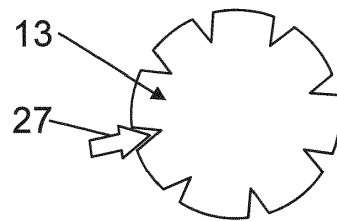
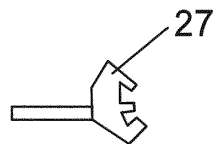


Fig. 6



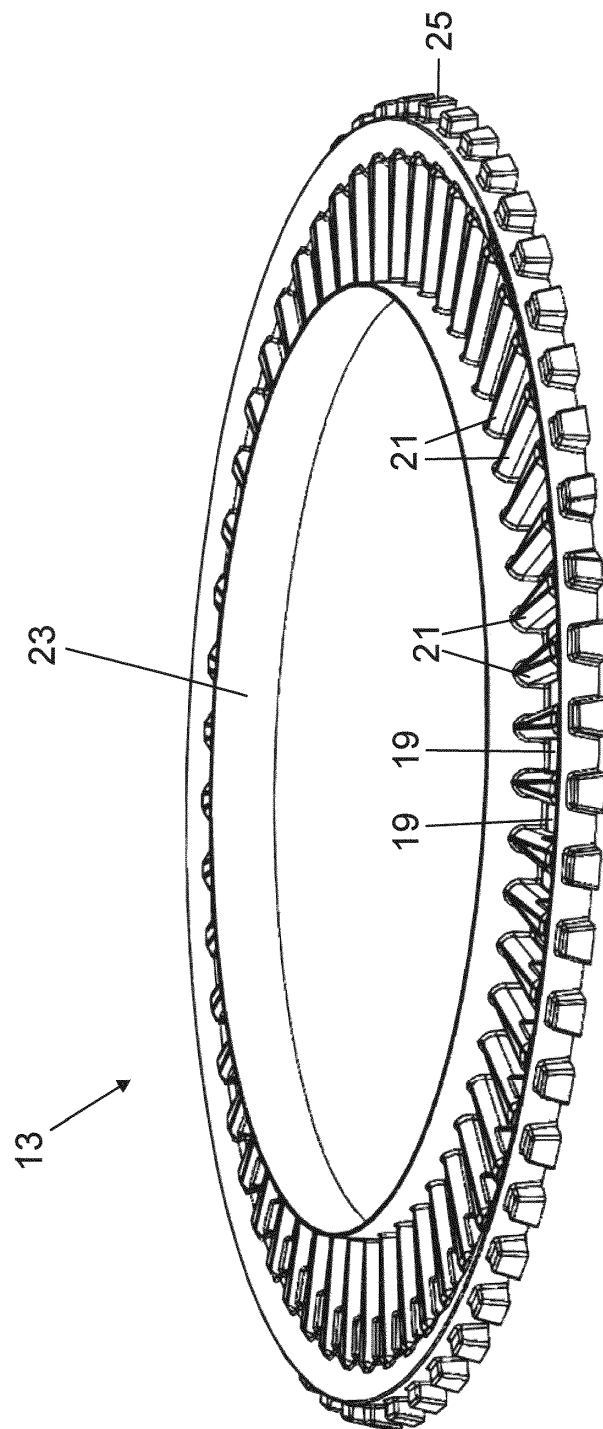


Fig. 7

Fig. 8

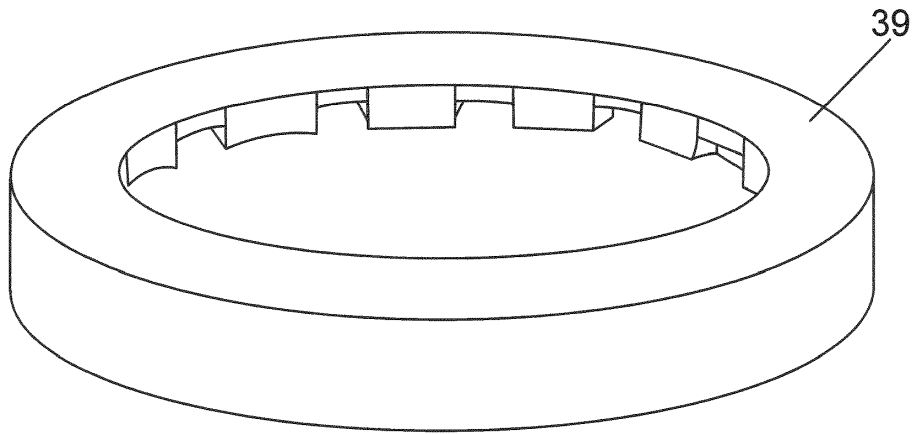


Fig. 9

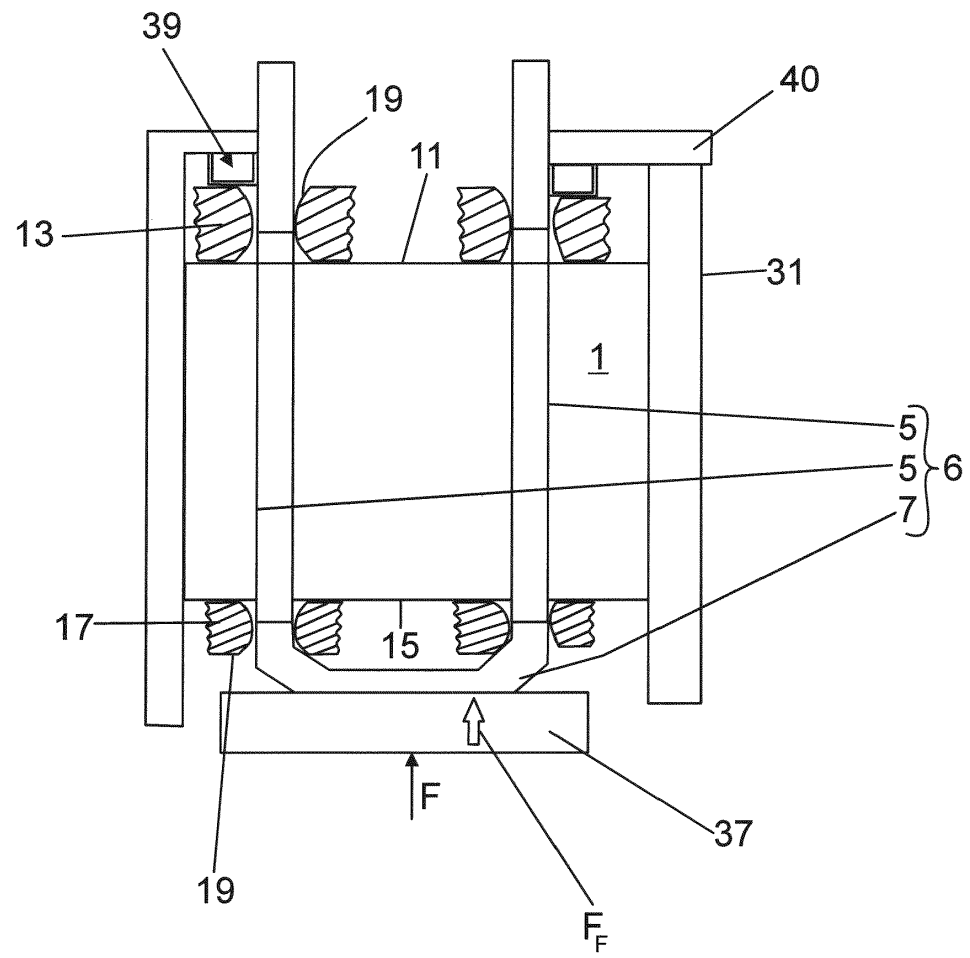


Fig. 10

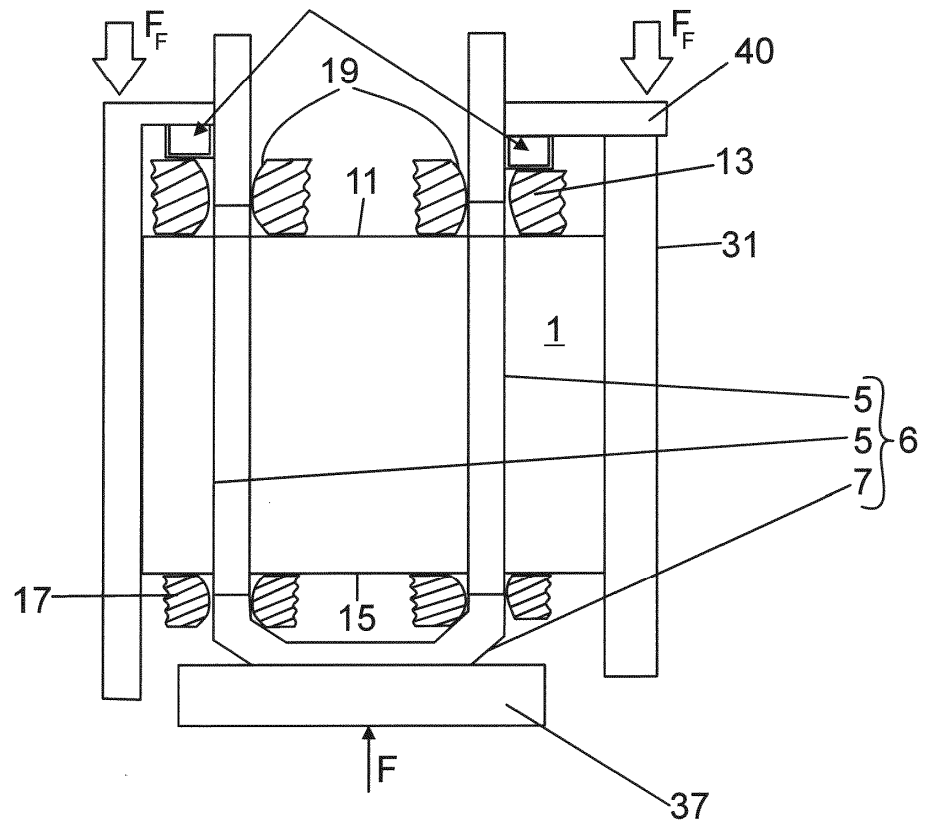
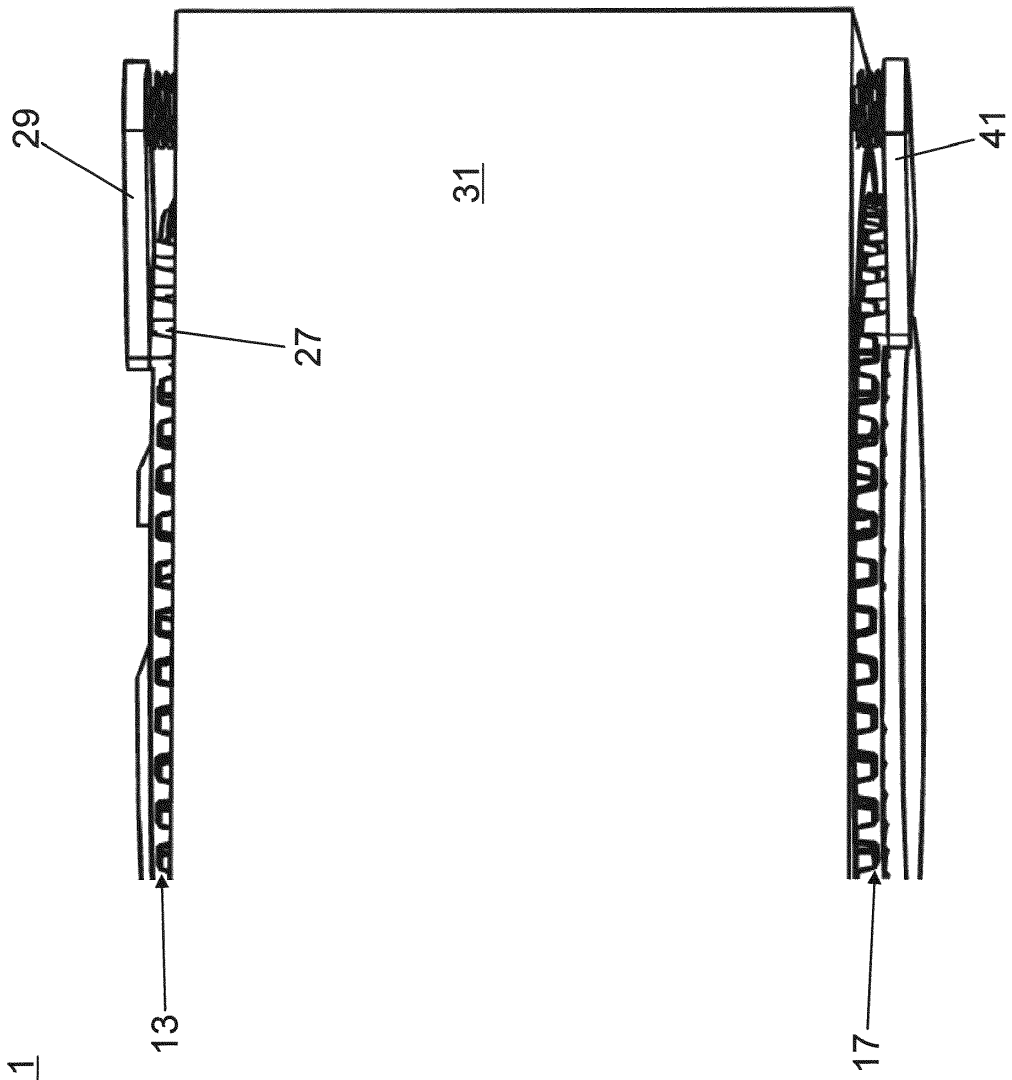


Fig. 11



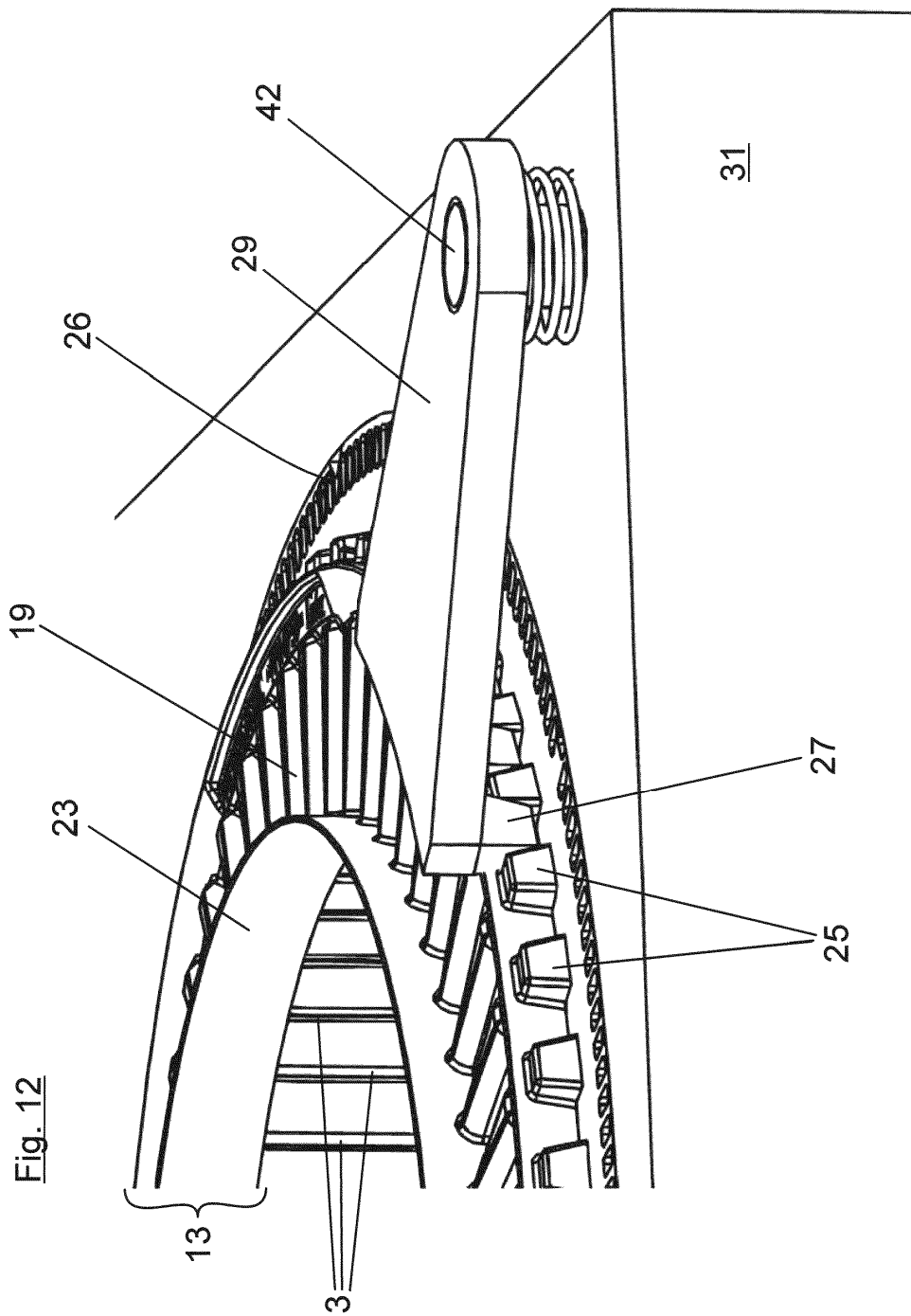


Fig. 13

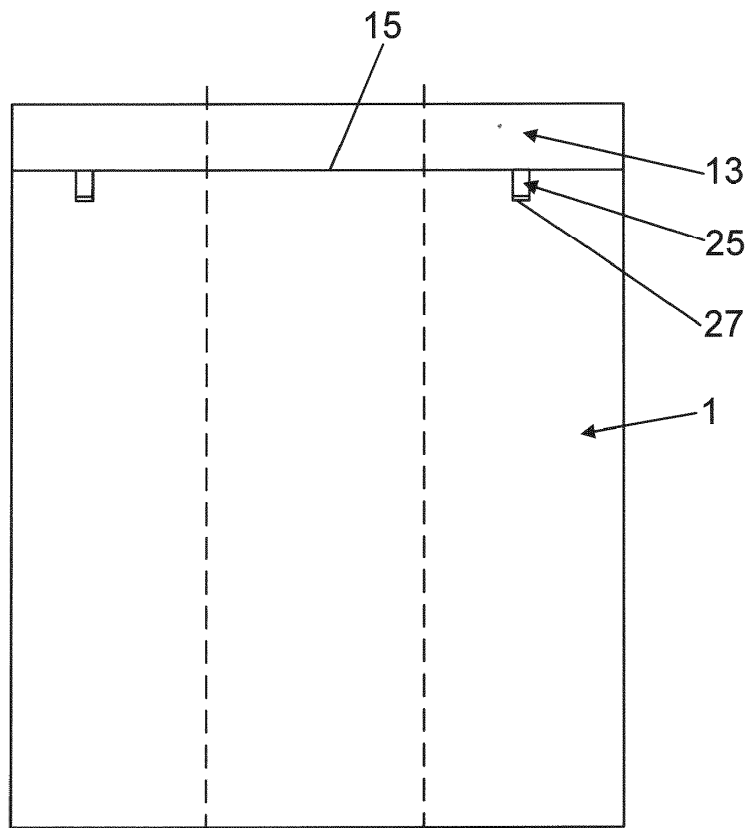


Fig. 14

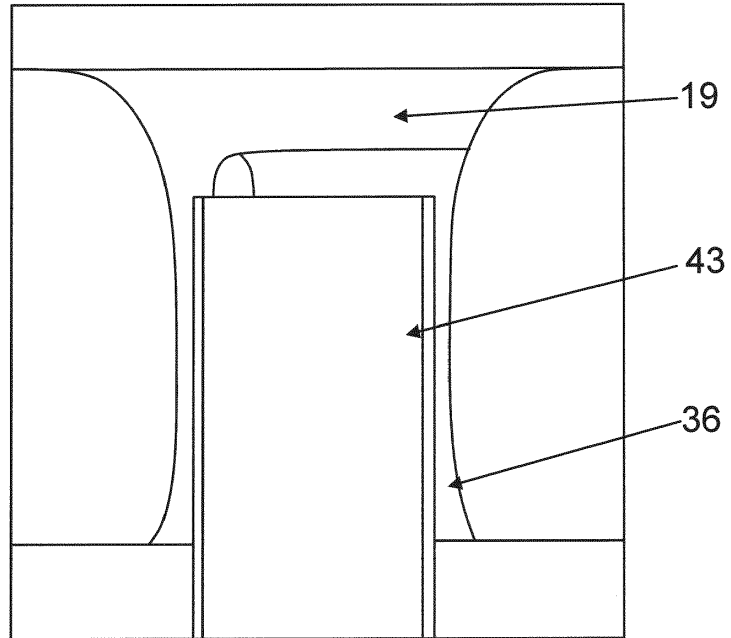


Fig. 15

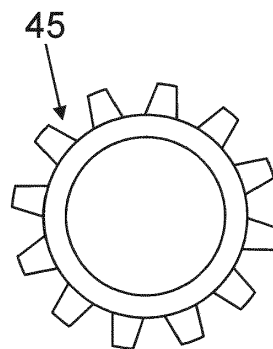


Fig. 16

