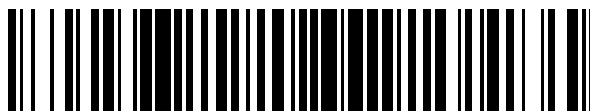


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 898**

51 Int. Cl.:

**H02K 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2013** **E 13250082 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019** **EP 2675049**

54 Título: **Método y aparato para producir núcleos laminados para máquinas eléctricas**

30 Prioridad:

**15.11.2012 GB 201220611**

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

**05.07.2019**

73 Titular/es:

**TRANCERIE EMILIANE S.P.A. (100.0%)  
Strada Manara, 22  
43126 Parma, IT**

72 Inventor/es:

**FELISA, FRANCO y  
BOVAIA, ORAZIO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 718 898 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y aparato para producir núcleos laminados para máquinas eléctricas

5 Las máquinas eléctricas tales como motores, generadores, alternadores o similares típicamente consisten en un motor y un estator que rodea el rotor y es coaxial con él. El rotor y el estator comprenden cada uno generalmente un núcleo, alrededor del cual unos cables eléctricos son arrollados para formar las bobinas magnéticas del dispositivo. Generalmente, el núcleo del rotor comprende un componente metálico cilíndrico que tiene unas acanaladuras longitudinales en las cuales pueden estar dispuestos los cables de arrollamiento. El núcleo anular del estator tiene unas acanaladuras longitudinales en su superficie interior, en las cuales están dispuestos los arrollamientos del estator.

10 La presente invención se refiere a la producción de tales núcleos y proporciona un método y un aparato para producir núcleos para máquinas eléctricas de diámetros sustancialmente mayores de lo que hasta ahora han sido posibles.

15 Los núcleos laminados para máquinas eléctricas han sido producidos mediante la estampación de piezas del núcleo a partir de una lámina de metal, y a continuación ensamblando las piezas estampadas en una pila para formar los núcleos del motor eléctrico.

20 En este proceso una lámina o banda de metal es estampada para formar unas piezas anulares para los núcleos del estator y unas piezas en forma de disco para los núcleos del rotor. El proceso de estampación produce grandes cantidades de rebabas, y un primer intento de disminuir la producción de rebabas se realizó estampando primeramente las piezas en forma de disco para el núcleo del rotor a partir del material de la lámina, y a continuación estampar las piezas de forma anular que forman el núcleo del estator a partir del área del material de la lámina que rodea la abertura formada por la retirada de la pieza del núcleo del rotor. Una consecuencia de esta técnica para reducir las rebabas, sin embargo, es que los núcleos del rotor y del estator son formados a partir de la misma lámina o banda metálica, y por lo tanto deben tener las mismas propiedades magnéticas.

25 Para permitir que el núcleo del rotor y el núcleo del estator tengan unas propiedades magnéticas del material diferentes, se han desarrollado unas técnicas para producir separadamente los núcleos del rotor y del estator. Los núcleos del rotor con forma de disco son estampados a partir de una lámina o banda metálica como antes. Con el fin de reducir la cantidad de rebabas generadas cuando se producen los núcleos anulares para los estatores se han desarrollado unos métodos de producción para los núcleos anulares en los que una banda de metal formada con un borde entallado es arrollada en una hélice para formar un núcleo laminado anular.

30 Ejemplos de este método pueden encontrarse en, por ejemplo, la patente de EEUU 4395815 que describe la formación de un núcleo de estator laminado estampando unas aberturas en un borde de una banda de metal, formando la banda de metal con una forma helicoidal con las aberturas en el borde radialmente interior de cada vuelta, y asegurando los arrollamientos helicoidales de la banda bobinada conjuntamente usando unos pernos que se extienden longitudinalmente que atraviesan las laminaciones del núcleo contiguas a su borde exterior.

35 Con el fin de formar la banda estampada en un núcleo anular del estator, la técnica actual convencional es arrollar la banda sobre un mandril de arrollamiento generalmente cilíndrico para formar el núcleo laminado, y a continuación agarrar el núcleo arrollado y transferirlo a un mandril de dimensionamiento de un diámetro ligeramente mayor que el mandril de arrollamiento. El uso de un mandril de dimensionamiento es necesario porque, durante el arrollamiento de la banda, pueden producirse unas irregularidades en el espesor o las propiedades del material de la banda en las ranuras o aberturas formadas en el borde de la banda que llegan a estar ligeramente desalineadas en el núcleo arrollado. La transferencia se efectúa agarrando el núcleo arrollado y tirando de él axialmente desde el mandril de arrollamiento, y a continuación colocando el núcleo axialmente sobre el mandril de dimensionamiento. El mandril de dimensionamiento típicamente tiene un extremo delantero cónico para ayudar a insertar el mandril de dimensionamiento dentro del núcleo.

45 El mandril de dimensionamiento convencionalmente tiene unas crestas que se extienden longitudinalmente sobre su superficie exterior para acoplarse con las aberturas en la superficie interior del núcleo arrollado, para asegurar la exacta alineación de las vueltas contiguas del núcleo. El mandril de dimensionamiento, debido a su diámetro ligeramente mayor, aplica una tensión de tracción a los arrollamientos del núcleo cuando el núcleo está colocado sobre el mandril, alargando ligeramente el material de la banda de cada vuelta mientras que las crestas cooperan con las aberturas en cada vuelta de la banda para asegurar una alineación exacta.

50 Se apreciará que unas cantidades significativas de energía están almacenadas dentro de las vueltas del arrollamiento del núcleo, e incluso para núcleos de pequeño diámetro el equipo requerido para agarrar y mantener la banda arrollada durante la transferencia al mandril de dimensionamiento es considerable. Igualmente, se requiere una fuerza importante para colocar el núcleo arrollado sobre el mandril de dimensionamiento, debido al alargamiento de las vueltas durante esta operación.

Las vueltas del arrollamiento son después fijadas conjuntamente para formar el núcleo laminado, preferiblemente por soldadura en los bordes exteriores del núcleo. El núcleo laminado terminado es a continuación retirado del

mandril de dimensionamiento, una operación que además requiere una fuerza importante debido al ajuste apretado entre el núcleo ahora terminado y el mandril de dimensionamiento.

5 El lector experto apreciará rápidamente que el proceso convencional antes descrito puede ser usado solamente para producir núcleos de estator que tienen unas acanaladuras internas que se extienden axialmente para recibir los arrollamientos del motor. Además, la técnica es útil sólo para producir estatores de pequeño diámetro y una longitud axial pequeña, ya que las tensiones bloqueadas en los arrollamientos del estator durante el proceso de bobinado son importantes y tienen que ser superadas por los medios de sujeción y transporte utilizados para mover el núcleo del mandril de arrollamiento al mandril de dimensionamiento, y debido a las fuerzas importantes requeridas para colocar el núcleo arrollado en, y retirarlo de, el mandril de dimensionamiento.

10 La presente invención pretende proporcionar un método y un aparato para formar núcleos para máquinas eléctricas a partir de una banda arrollada helicoidalmente, en la que se pueden producir núcleos de un diámetro y dimensión axial mayores.

Un primer aspecto de la invención proporciona un método para fabricar un núcleo laminado para una máquina eléctrica, como se expone en la reivindicación 1.

15 En la realización descrita las vueltas del arrollamiento helicoidal están aseguradas con relación de unas con otras por líneas de soldadura que se extienden longitudinalmente a lo largo de la superficie exterior del núcleo. En la realización se aplican tres líneas de soldadura que se extienden a lo largo de toda la longitud del núcleo. Sin embargo, se ha previsto que se puedan aplicar más o menos líneas de soldadura, y que las líneas de soldadura puedan extenderse en líneas rectas paralelas al eje del arrollamiento, o pueden extenderse a lo largo de caminos helicoidales o de otro tipo. Algunas o todas las líneas de soldadura pueden no extenderse a lo largo de toda la longitud axial del núcleo laminado. La característica esencial es que cada vuelta del arrollamiento helicoidal está asegurada con relación a sus vecinas, lo que da como resultado una estructura unitaria del núcleo laminado.

20

Un segundo aspecto de la invención proporciona un aparato para fabricar núcleos laminados para máquinas eléctricas, como se expone en la reivindicación 10.

25 En la realización preferida el medio de control es operable para controlar el arrollamiento y los medios de ajuste de modo que en una primera fase los medios de arrollamiento arrollen la banda conformada sobre el mandril con el mandril en el primer, intermedio, diámetro para formar un arrollamiento del núcleo; en una segunda fase los medios de control hacen que los medios de ajuste expandan el mandril al segundo diámetro dentro del arrollamiento del núcleo para aplicar un alargamiento por tracción a las vueltas del arrollamiento, operen los medios de sujeción para mantener en posición las vueltas del arrollamiento del núcleo, y operen los medios de fijación para fijar las vueltas una con respecto a otra para formar un núcleo laminado; y en una tercera fase hace que los medios de ajuste contraigan el mandril a un tercio del diámetro y opere los medios de descarga para retirar el núcleo laminado del mandril.

30

35 En el aparato preferido se dispone una pluralidad de mandriles ajustables, siendo cada mandril móvil entre una estación de arrollamiento en la que una banda conformada es arrollada sobre el mandril para formar un arrollamiento del núcleo, una estación de dimensionamiento y fijación en la que el arrollamiento del núcleo es sujetado y fijado para formar un núcleo laminado, y una estación de descarga en la que el núcleo laminado es retirado del mandril. Más preferiblemente, se disponen tres mandriles ajustables. Los tres mandriles están montados para un movimiento cíclico entre la estación de arrollamiento, la estación de dimensionamiento y fijado, y la estación de descarga. En una realización ventajosa los tres mandriles están montados sobre una mesa giratoria que rota para presentar secuencialmente una tras otra cada mandril a las estaciones de arrollamiento, dimensionamiento y descarga. No obstante, se prevé que se pueden disponer más de tres mandriles. La expansión y la contracción de los mandriles pueden ser realizadas mientras que los mandriles están moviéndose entre las estaciones de arrollamiento, dimensionamiento y descarga, o pueden ser realizadas mientras que el mandril está en una de las estaciones de arrollamiento, dimensionamiento y descarga.

40

45

El aparato puede además incluir una estación de estampación que recibe la banda de metal lisa y la estampa para formar una banda en toско que tiene un perfil entallado a lo largo de un borde de la banda, lista para arrollarla sobre el mandril. Durante la operación de arrollamiento el plano de la banda es sustancialmente perpendicular al eje del mandril, y el borde entallado puede estar dispuesto para hacer contacto con la superficie del mandril de arrollamiento para formar un núcleo arrollado con unas acanaladuras internas para admitir bobinas eléctricas. Alternativamente, el borde entallado puede ser posicionado alejado de la superficie del mandril durante el proceso de arrollamiento para producir un núcleo arrollado con unas acanaladuras externas para admitir bobinas eléctricas.

50

La estación de estampación puede producir simultáneamente dos bandas en toско teniendo cada una un borde sustancialmente recto que corresponde al borde de la banda de metal lisa original, y un borde entallado estampado desde la zona central de la banda. La banda de metal lisa puede ser cortada de modo que los bordes entallados de las dos bandas en toско estén interdigitados entre sí cuando son formados. Cada banda en toско puede comprender una serie de elementos de forma de "U" o "T", unidos entre sí por unos puentes de metal relativamente estrechos.

55

5 La estación de estampación puede operar continuamente para producir una o dos bandas en toско, y puede entregar las bandas en toско a una estación de compensación. La estación de compensación recibe las bandas en toско continuamente producidas, e intermitentemente entrega la banda en toско a la estación de arrollamiento a medida que se forma cada arrollamiento del núcleo, interrumpiendo el suministro de la banda en toско a la estación de arrollamiento en el final de cada operación de arrollamiento. La estación de compensación puede tener dos o más poleas redondas alrededor de las cuales la banda en toско está atada, siendo al menos una polea móvil con relación a otra con el fin de aumentar y disminuir la longitud del recorrido de la banda en toско que está dispuesta en la estación de compensación.

10 En realizaciones en donde está dispuesta una pluralidad de mandriles, la entrega de la banda en toско es interrumpida mientras que el mandril que soporta el núcleo es movido a la estación de dimensionamiento y un mandril vacío es traído a la estación de arrollamiento, después de lo cual el arrollamiento puede empezar de nuevo. En realizaciones en las que está dispuesto un único mandril, la entrega de la banda en toско es interrumpida al final de la operación de arrollamiento, y comienza de nuevo una vez que el núcleo laminado ha sido dimensionado, fijado y retirado del mandril. La estación de compensación en una realización comprende varias poleas redondas a las que la banda en toско está atada, siendo al menos una polea móvil con el fin de aumentar y disminuir la longitud del recorrido de la banda en toско que está alojada en la estación de compensación.

15 Un tercer aspecto de la invención proporciona un método para fabricar un rotor o estator para una máquina eléctrica, que comprende la fabricación de un núcleo laminado como se ha descrito anteriormente y el montaje de bobinas eléctricas en el núcleo para formar un rotor o un estator.

20 Un cuarto aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una máquina eléctrica, que comprende la fabricación de un núcleo laminado como se ha descrito anteriormente, el montaje de las bobinas eléctricas en el núcleo para formar un rotor o estator, e incorporar el rotor o estator en una máquina eléctrica tal como un motor o generador.

25 A continuación se describen las realizaciones de la invención en detalle con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

#### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra esquemáticamente las etapas de estampación, compensación, arrollamiento, y dimensionamiento en el proceso;

30 la Figura 2 es una vista en perspectiva que muestra una banda lisa dividida para producir dos bandas en toско interdigitadas;

la Figura 3 es una vista en perspectiva del núcleo laminado;

las Figuras 4A a 4C son respectivamente unas vistas en perspectiva esquemáticas que muestran los diferentes diámetros del mandril que corresponden a las operaciones de arrollamiento, dimensionamiento y descarga;

35 la Figura 5A es una vista de la sección transversal del mandril en su posición de diámetro intermedio para arrollar la banda para formar el arrollamiento del núcleo;

la Figura 5B es una vista de la sección transversal del mandril en su posición de diámetro aumentado para dimensionar y fijar el núcleo laminado;

la Figura 5C es una vista de la sección transversal del mandril en su posición de diámetro reducido para descargar el núcleo laminado; y

40 la Figura 6 es un diagrama de flujos que expone los pasos del proceso en la producción de un núcleo laminado y de una máquina eléctrica que incorpora el núcleo.

#### Visión general

45 La Figura 1 es una ilustración esquemática del método y aparato para formar un núcleo de estator de acuerdo con la presente invención. El proceso comienza en una estación de alimentación 1 con una bobina de una banda 2 de metal plana. La banda 2 de metal plana es alimentada a una máquina de estampación 3, que forma la banda 2 en dos bandas entalladas 4a y 4b a medida que la banda es alimentada paso a paso a través de la máquina de estampación 3. La máquina de estampación produce las bandas entalladas 4a y 4b en un proceso sustancialmente continuo.

50 La producción de las bandas entalladas 4a y 4b es continua, sin embargo el proceso de arrollamiento para formar los núcleos es intermitente. Un dispositivo de compensación 5 es de este modo posicionado después de que la máquina de estampación 3 absorba la producción procedente de la máquina de estampación en momentos en los que el proceso de arrollamiento está interrumpido.

Desde el dispositivo de compensación, la banda entallada es llevada a la estación 10 de formación del núcleo. La estación 10 de formación del núcleo comprende una mesa giratoria 11 en la que están montados tres mandriles de diámetro variable. Un primer mandril está posicionado en una estación de arrollamiento 12a, y es impulsado en rotación para arrollar la banda entallada 4a sobre el mandril para formar un arrollamiento helicoidal del núcleo. La banda es arrollada con un borde de la banda contiguo al mandril, y el plano de la banda sustancialmente perpendicular al eje del mandril, de modo que la banda es curvada en su propio plano a medida que es arrollada alrededor del mandril.

Una vez que el arrollamiento del núcleo es formado arrollando el número requerido de vueltas alrededor del mandril, la banda 4a es cortada y se detiene la alimentación de la banda en la estación de arrollamiento 12a. El arrollamiento del núcleo es a continuación sujetado para conservar su forma helicoidal. La mesa giratoria 11 es indexada para mover el mandril a una estación de dimensionamiento y fijación 12b. En esta estación el arrollamiento helicoidal del núcleo es dimensionado expandiendo el mandril a un diámetro predeterminado. Las vueltas del arrollamiento del núcleo son a continuación soldadas para fijar las vueltas del núcleo de unas con relación a otras.

A la terminación de la operación de soldadura la mesa giratoria 11 es nuevamente indexada para llevar el mandril y el núcleo terminados a una estación de descarga 12c, en donde el mandril es contraído a un diámetro menor con el fin de liberar el núcleo completado, y el núcleo laminado terminado es retirado del mandril.

En la realización ilustrada, mientras que el mandril en la estación de arrollamiento 12a está produciendo un arrollamiento del núcleo, el segundo mandril en la estación de fijado 12b estará dimensionando y fijando un arrollamiento del núcleo previamente producido, y un núcleo completado estará en el proceso de ser retirado del tercer mandril en la estación de descarga 12c. Cada operación de indexado por lo tanto lleva un mandril vacío desde la estación de descarga 12c de nuevo a la estación de arrollamiento 12a, de modo que la alimentación de la banda 4a pueda ser reanudada y producido el siguiente arrollamiento del núcleo. Igualmente, cada operación de indexado lleva también un arrollamiento del núcleo nuevamente producido de la estación de arrollamiento 12a a la estación de dimensionado 12b, y un núcleo terminado desde la estación de dimensionamiento 12b a la estación de descarga 12c.

La operación del aparato es controlada por un sistema de control 100.

#### La estación de alimentación

En la estación de alimentación 1, una bobina de la banda de metal plana 2 es mantenida en un dispositivo de alimentación tal como un carrete o tambor, y un extremo libre de la bobina es llevado al extremo de entrada de la máquina de estampación 3. La estación de alimentación 1 preferiblemente aloja una bobina de la banda de metal 2 de una longitud suficiente para suministrar a la máquina de estampación para la operación continua en un período extendido, posiblemente varias horas. La banda de metal plana 2 es desenrollada del carrete o tambor y alimentada a la máquina de estampación, bien impulsando el carrete o tambor en rotación, o por medio de una tensión en la banda producida por un mecanismo de alimentación en la máquina de compensación.

#### La máquina de estampación

La máquina de estampación 3 es una máquina de estampación de vaivén convencional que alimenta la banda entre un par de matrices, convierte la banda de metal plana 2 en dos bandas entalladas interdigitadas 4a y 4b. La Figura 2 ilustra un ejemplo de las bandas 4a y 4b producidas por la máquina de estampación 3. En el ejemplo ilustrado cada banda entallada está esencialmente formada por varios elementos E en forma de "U" unidos lado con lado. Cada elemento E tiene una pieza de base 40 que se extiende a lo largo de un borde recto 41 de la banda, y un par de uñas 42 en los respectivos extremos de la pieza de base 40 y que se extienden transversalmente hacia la pieza de base 40. Los elementos E están unidos por un puente estrecho de material 43 entre el borde recto 41 y una abertura circular 44 en cada extremo de la base 40.

El proceso de estampación produce los elementos E de cada banda entallada 4a, 4b en una formación escalonada de modo que las respectivas uñas 42 de dos elementos contiguos E de una banda entallada 4a estén posicionadas entre las dos uñas 42 de cada elemento E de la otra banda 4b, y viceversa.

Las uñas 42 de cada elemento E en la realización ilustrada convergen en una dirección que se aleja de la base 40 del elemento, de modo que se forma un ángulo  $\alpha$  entre los bordes contiguos de cada par de uñas vecinas 42. Este ángulo  $\alpha$  permite que la banda entallada sea curvada para formar el núcleo anular doblando la banda estrecha 43 de modo que los bordes de las uñas contiguas 42 sean reunidos para formar unos dientes 45 que se extienden radialmente hacia adentro de la forma generalmente en "T", y entre cada par de dientes contiguos 45 se forma una ranura S que se extiende axialmente. Los arrollamientos eléctricos del estator se alojarán eventualmente en las ranuras S. El ángulo  $\alpha$  dependerá por lo tanto del número de elementos E presentes en cada vuelta del arrollamiento helicoidal. En el núcleo del estator del ejemplo ilustrado visto en la Figura 3, hay 14 elementos E en cada vuelta del núcleo, y por lo tanto el ángulo  $\alpha$  en la banda 4a, 4b originalmente formado será aproximadamente 25,7 grados. En general, para un núcleo que tiene N elementos E en cada vuelta, el ángulo  $\alpha$  en grados será 360 dividido por N.

La banda plana 2 puede estar formada en un único elemento E de cada una de las dos bandas entalladas 4a, 4b en una única operación de estampación, y la banda a continuación avanzada en la longitud de un elemento E y la operación repetida. Alternativamente, las bandas entalladas pueden ser formadas como resultado de varias operaciones de estampación sucesivas a medida que la banda es avanzada paso a paso a través de varios pares diferentes de matrices con el fin de formar gradualmente los elementos E de cada banda entallada 4a, 4b. Los expertos en la técnica no tendrán dificultades en idear unas matrices de estampación apropiadas y en alimentar el aparato para avanzar la banda plana 2 y producir las bandas entalladas 4.

La máquina de estampación 3 es preferiblemente operada sustancialmente de forma continua con el fin de producir las bandas entalladas 4a, 4b a una velocidad sustancialmente constante. La máquina de estampación 3 puede estar controlada por el sistema de control 100 para comenzar y detener las operaciones de estampación dependiendo de la necesidad de bandas entalladas en la estación de formación del núcleo.

En la realización ilustrada, una de las bandas entalladas 4a es llevada a las estaciones de compensación y de formación del núcleo. La banda entallada 4b puede ser llevada a un segundo conjunto de estaciones de compensación y de formación del núcleo (no mostradas) para la producción simultánea de núcleos arrollados, o alternativamente la banda 4b puede ser arrollada sobre un carrete (no mostrado) para el almacenamiento y el posterior suministro a una estación de formación del núcleo.

Alternativamente, si las bandas 4a y 4b son de elementos idénticos, la banda entallada 4b puede ser retorcida 180 grados y colocada encima o debajo y en coincidencia con la banda entallada 4a para producir una banda entallada de un espesor doble. La banda puede entonces ser enviada a través del dispositivo de compensación y a la estación de arrollamiento de modo que ambas bandas entalladas puedan ser simultáneamente arrolladas en un mandril. Un arrollamiento del núcleo de la longitud axial requerida será a continuación producido con sólo la mitad del número de rotaciones del mandril requeridas para producir un arrollamiento del núcleo cuando se arrolla la banda entallada de un único espesor.

#### El dispositivo de compensación

La banda 4a es producida sustancialmente de forma continua por la máquina de estampación 3, pero es requerida sólo intermitentemente por la estación de arrollamiento 12a. Preferiblemente, las velocidades de operación de la máquina de estampación 3 y de la estación de arrollamiento 12a están dispuestas de modo que cuando un núcleo está siendo arrollado en un mandril en la estación de arrollamiento 12a, la banda 4a está siendo arrollada sobre el mandril más rápido de lo que es producida por la máquina de estampación 3. Claramente, después de que la banda 4a ha sido cortada y mientras que los mandriles están indexando en círculo, la banda 4a en la estación de arrollamiento 12a está estacionaria.

El dispositivo de compensación 5 comprende dos poleas fijas 6a y 6b, y una polea móvil 7. La banda entallada 4 es llevada desde la máquina de estampación 3 bajo la primera polea fija 6a y a continuación hacia arriba y sobre la polea móvil 7, y finalmente hacia abajo y abajo de la segunda polea fija 6b antes de ser llevada a la estación de arrollamiento 12a para arrollamiento en un mandril. El movimiento de la polea 7 en una dirección vertical como se muestra por la flecha B cambia las longitudes de los recorridos de la banda entallada entre las poleas móvil y fija, variando así la longitud de la banda entallada mantenida en el compensador.

Durante las operaciones de arrollamiento la polea móvil 7 se mueve hacia abajo hacia las poleas fijas 6a y 6b con el fin de que la banda 4a pueda ser proporcionada a la estación de arrollamiento 12a a la velocidad requerida reduciendo la longitud efectiva de los recorridos de la banda entre la polea móvil 7 y las poleas fijas 6a y 6b.

Mientras que la mesa giratoria 11 y los mandriles están indexando en círculo y el extremo cortado de la banda 4a en la estación de arrollamiento 12a es estacionario, la polea móvil 7 se mueve hacia arriba alejándose de las poleas fijas 6a y 6b. Esta longitud de aumento efectiva entre la polea móvil 7 y las poleas fijas 6a y 6b absorbe la banda 4a que es producida por la máquina de estampación hasta que comience la siguiente operación de arrollamiento en la estación de arrollamiento 12a.

La polea móvil 7 está montada en un mecanismo de soporte (no mostrado) que mantiene una cantidad de tensión predeterminada en la banda entallada 4a, con el fin de sacar la banda 4a de la máquina de estampación 3 y sobre la polea fija 6a. El dispositivo de compensación 5 puede estar controlado por el sistema de control 100, o puede ser un dispositivo autónomo.

#### Estación de formación del núcleo

La estación 10 de formación del núcleo comprende una mesa giratoria 11 que puede rotar alrededor de un eje central 21. La mesa giratoria tiene montada en ella en esta realización tres mandriles idénticos 22 que pueden rotar con relación a la mesa giratoria 11 alrededor de unos ejes paralelos al eje central 21, y también tienen un diámetro variable. En la realización ilustrada la superficie externa de cada mandril 22 está formada por seis segmentos 23 que están montados para un movimiento radial con respecto al eje de rotación del mandril con el fin de variar el diámetro efectivo del mandril.

Rodeando cada mandril hay un anillo 24 de sujeción y elevación que es móvil axialmente del mandril para acoplar un extremo del arrollamiento del núcleo formado cuando la banda entallada 4a está arrollada sobre el mandril.

5 Los tres mandriles 22 están respectivamente posicionados en una estación de arrollamiento 12a, una estación de dimensionamiento y fijación 12b, y una estación de descarga 12c. Los mandriles 22 están montados en la mesa giratoria 11 de modo que una rotación indexada de 120 grados de la mesa giratoria 11 moverá cada mandril a la siguiente estación en la secuencia.

#### Estación de arrollamiento

10 En la estación de arrollamiento 12a el mandril 22 se ajusta de modo que el diámetro externo se fije en una dimensión predeterminada D1, dependiendo del diámetro nominal del núcleo que está siendo producido. Típicamente, D1 es hasta aproximadamente un 5% menor que el diámetro interno del núcleo terminado. En algunas realizaciones D1 puede ser de 3 a 5 milímetros menor que el diámetro interno nominal del núcleo terminado. El mecanismo del mandril por el que el diámetro es ajustado se explicará más adelante con referencia a las Figuras 5.

15 La banda entallada 4a está posicionada contra el extremo libre del mandril, con su plano sustancialmente perpendicular al eje del mandril. El anillo de elevación 24 es elevado para acoplar una cara de la banda desde abajo, mientras que un émbolo 25 es descendido para acoplar la otra cara de la banda desde arriba, y se aplica una presión para sujetar la banda entre el anillo de elevación 24 y el émbolo 25. Unas guías y/o rodillos (no mostrados) posicionan el borde entallado de la banda 4a contra las superficies exteriores de los segmentos 23 del mandril, y la rotación del mandril tira de la banda sobre el mandril para formar un arrollamiento helicoidal del núcleo.

20 Durante el arrollamiento la banda está sujeta entre el émbolo 25 y el anillo de elevación 24. El émbolo 25 y el anillo de elevación 24 pueden ser rotados con el mandril 22 a medida que se forma el arrollamiento del núcleo. A medida que avanza el arrollamiento del núcleo, el anillo de elevación 24 es movido axialmente hacia abajo del mandril 22 para alojar las vueltas nuevamente formadas del arrollamiento del núcleo, mientras que se mantiene la fuerza requerida de sujeción entre el émbolo 25 y el anillo de elevación 24 para conservar la forma del arrollamiento.

25 Cada segmento 23 del mandril tiene una arista axial externa 26 que durante el arrollamiento acopla una uña 42 de cada vuelta de la banda entallada 4a con el fin de impedir el deslizamiento de la banda con respecto al mandril, y para mantener la alineación entre las uñas 42 de las vueltas contiguas del arrollamiento del núcleo. La arista axial 26 de cada segmento 23 puede extenderse paralela al eje de rotación del mandril 22, en cuyo caso se produce un arrollamiento del núcleo en el que las uñas 42 de cada vuelta del arrollamiento del núcleo están alineadas circunferencialmente con las uñas 42 de las vueltas contiguas, y se produce un núcleo arrollado con unas ranuras S (como está ilustrado en la Figura 3). Alternativamente, las aristas axiales 26 de los segmentos 23 pueden estar inclinadas hacia el eje del mandril, de modo que se produzca un arrollamiento del núcleo en el que las uñas 42 de cada vuelta del arrollamiento estén ligeramente desplazadas circunferencialmente de las uñas 42 de las vueltas contiguas del arrollamiento con el fin de producir un núcleo arrollado que tenga unas ranuras helicoidales internas S para admitir los arrollamientos eléctricos de la máquina en los que ha de ser usado.

35 Cuando se han realizado unas vueltas del mandril suficientes para producir un arrollamiento del núcleo de la longitud axial requerida, la banda entallada 4a es cortada y se detiene la alimentación de la banda sobre el mandril. El arrollamiento del núcleo terminado se mantiene sobre el mandril por la presión de sujeción ejercida entre el anillo de elevación 24 y el émbolo 25. Mientras se mantiene esta presión de sujeción la mesa giratoria 11 es a continuación indexada para mover el mandril 22 de la estación de arrollamiento 12a a la estación de dimensionamiento y fijación 40 12b.

#### Estación de dimensionamiento y fijación

45 En la estación de dimensionamiento y fijación 12b el mandril 22 es ajustado de modo que su diámetro externo se fija en una dimensión predeterminada D2, como se ve en la Figura 4B. El diámetro D2 depende nuevamente del diámetro del núcleo que está siendo producido y de las propiedades del material de la banda arrollada. Típicamente D2 es hasta un 5% mayor que el diámetro interno nominal del núcleo terminado. En algunas realizaciones D2 puede tener de 3 a 5 milímetros más que el diámetro interno nominal del núcleo terminado. Esta expansión del mandril aplica una pequeña deformación por tracción a la banda arrollada y aumenta la deformación por tracción en la banda arrollada 4a, y el pequeño movimiento del mandril asegura que las uñas 42 estén firmemente sujetadas contra sus respectivas aristas 26 para alinear las vueltas del arrollamiento del núcleo. El mandril puede ser expandido y 50 contraído varias veces entre los diámetros D1 y D2, terminando con una expansión al diámetro predeterminado D2 con el fin de establecer las vueltas del arrollamiento del núcleo de uno con respecto al otro con el fin de producir un arrollamiento uniforme del núcleo arrollado mantenido en el diámetro requerido D2.

55 Manteniendo la presión de sujeción entre el émbolo 25 y el anillo de elevación 24, las cabezas de soldadura 50 son a continuación movidas a acoplamiento con la superficie exterior del arrollamiento del núcleo, y las soldaduras que se extienden longitudinalmente se efectúan a lo largo de la superficie exterior del arrollamiento del núcleo con el fin de fijar las vueltas del arrollamiento del núcleo unas con relación a otras. Las soldaduras pueden ser realizadas por una única operación de soldadura en la que una pluralidad de cabezas de soldadura 50 produce cada una, una línea de soldadura 51. En la realización ilustrada de la Figura 1 se muestran dos cabezas de soldadura 50. En la

disposición sistemática ilustrada en la Figura 4B se muestran tres cabezas de soldadura. Se prevé que se pueda disponer un mayor número de cabezas de soldadura para producir un correspondiente número mayor de líneas de soldadura, particularmente cuando se están formando núcleos de un diámetro extremadamente mayor. Alternativamente, se puede disponer un pequeño número de cabezas de soldadura, o una única cabeza de soldadura 50, y ser operadas para producir un pequeño número de líneas de soldadura 51 o una única línea de soldadura 51, siendo entonces rotado el mandril 22 un ángulo predeterminado y la cabeza o cabezas de soldadura operadas de nuevo para producir cada una una segunda línea de soldadura. Esta operación puede entonces ser repetida varias veces hasta que se haya producido el número de líneas requerido, y las vueltas del arrollamiento del núcleo se hayan fijado entre sí, produciendo el núcleo laminado.

- 5
- 10 Preferiblemente, como se ve en la Figura 3, cada elemento E de cada vuelta del núcleo del estator se une a sus vecinas en vueltas contiguas por una línea de soldadura 51, y a sus vecinas en la misma vuelta por las secciones de puente 43 en los extremos de su base 40.

Una vez que las líneas de soldadura 51 han sido producidas, el émbolo 25 y el anillo de elevación 24 pueden ser retraídos para liberar la fuerza de sujeción en el núcleo del estator.

- 15 La mesa giratoria 11 es a continuación indexada para mover el mandril 22 de la estación de dimensionamiento y fijación 12b a la estación de descarga 12c.

#### Estación de descarga

En la estación de descarga 12c el mandril 22 es contraído a un diámetro reducido D3 que libera el acoplamiento entre el mandril y el núcleo del estator, como se ve en la Figura 4C. A medida que el mandril 22 es contraído el núcleo laminado "se relaja" a medida que las fuerzas de tracción en las vueltas del núcleo son liberadas, y el diámetro del núcleo del estator terminado se encoge hasta el diámetro nominal requerido.

- 20

El diámetro reducido D3 preferiblemente proporciona una holgura radial entre las aristas 26 de los segmentos 23 y los extremos radialmente interiores de los dientes 45 del núcleo del estator terminado. Esto permite que el anillo de elevación 24 sea movido hacia el extremo libre del mandril 22 (hacia arriba como se ve en la Figura 1) con objeto de alejar el núcleo del estator terminado del mandril 22. El núcleo del estator puede entonces ser agarrado por un dispositivo de transporte (no mostrado) y trasladado desde el mandril 22. La holgura radial entre las aristas (26) y los extremos de los dientes 45 permite que el núcleo del estator terminado simplemente sea elevado del mandril sin ninguna rotación, incluso si las aristas 26 son de forma helicoidal y el núcleo del estator está formado con unos dientes helicoidales 45 y unas ranuras S.

- 25

Preferiblemente, el sistema de control 100 controla la operación de la estación 10 de formación del núcleo sincronizando la impulsión de los mandriles, la rotación de la mesa giratoria, la expansión y contracción de los mandriles y la operación de las cabezas de soldadura, el dispositivo de sujeción y el anillo de elevación para realizar las operaciones de fijación y descarga del arrollamiento.

- 30

#### El mandril

Las Figuras 5A, 5B y 5C muestran en una sección diametral la estructura interna de una realización del mandril 22, respectivamente en las posiciones de arrollamiento, fijación y descarga.

- 35

Con referencia ahora a estas Figuras, el mandril 22 comprende una base 200 que es montable rotatoriamente en la mesa giratoria 11 y soporta un cuerpo principal tubular 201.

Un cono interior 202 es axialmente deslizable sobre el cuerpo principal 201, teniendo el cono interior en su extremo superior una placa de presión 203 que está montada rotatoriamente en una barra de control 204 por dos pares de cojinetes cónicos 205 que impiden que la placa de presión 203 se mueva axialmente con respecto a la barra de control 204. En la realización ilustrada la superficie exterior del cono interior 202 se estrecha hacia abajo, es decir el diámetro externo del cono interior 202 es mayor en su extremo superior (como se ve en la Figura). La barra de control 204 es montada coaxialmente con el cuerpo principal 201 atravesando un taladro central 206 en una viga 207 que se extiende transversalmente. La posición axial del cono interior 202 con respecto al cuerpo principal 201 es controlada por la barra de control 204 que mueve la placa de presión 203, y por lo tanto el cono interior 202, con respecto al cuerpo principal 201.

- 40
- 45

La barra de control 204 puede ser movida por un accionador (no mostrado) montado en la mesa giratoria 11, y que acopla la barra de control 204 por ejemplo mediante una rosca en la barra de control 204. El accionador puede rotar una barra roscada acoplada en una rosca interna en la barra de control 204, mientras que la barra de control 204 es sujeta contra rotación, con el fin de impartir un movimiento axial a la barra de control 204. La posición axial de la barra de control 204 puede entonces ser determinada contando las rotaciones de la barra roscada a partir de una posición de partida conocida. Alternativamente, la barra de control 204 puede simplemente ser movida por un accionador hidráulico u otro lineal que axialmente empuje o tire de la barra de control 24 a la posición axial requerida con respecto al cuerpo principal 201 del mandril. El ángulo cónico poco profundo del cono interior 202 y las correspondientes superficies cónicas de los segmentos 23 permiten que el diámetro del mandril sea controlado con

- 50
- 55



precisión por el posicionamiento axial del cono interior 202. Por ejemplo, un movimiento axial de 10 milímetros del cono interior 202 puede producir un cambio en el diámetro externo del mandril de 1 milímetro o menor.

Los segmentos exteriores 23 se estrechan hacia arriba en el mismo ángulo que el cono interior 202 y acoplan la superficie exterior del cono interior 202. Los segmentos 23 están montados para un movimiento radial con relación al núcleo interior 201 por medio de unas barras de soporte 231 montadas en el cuerpo principal 201 en rodamientos de bolas 232. Las barras de soporte 231 pasan a través de unas aberturas de holgura alargadas en el cono interior 202. Los segmentos 23 son empujados elásticamente hacia el cuerpo principal 201 por medio de unos tornillos de tensión 233 asegurados en el cuerpo principal 201 y unas arandelas de muelle 234 montadas en los entrantes 235 en los segmentos 23.

Las caras exteriores de los segmentos 23 tienen unidas a ellas unas placas frontales 236 sobre las cuales están montadas las aristas 26 (no mostradas en la Figura 5). Esto permite que el diámetro externo nominal del mandril sea seleccionado, seleccionando y montando un conjunto de placas frontales del espesor requerido sin perturbar el mecanismo de expansión y contracción. Además, el mandril puede ser convertido de aristas 26 axiales a helicoidales sin un desmontaje importante del mandril simplemente sustituyendo las placas frontales 236. Las placas frontales 236 con aristas 26 formadas diferentemente pueden ser montadas en los segmentos 23 dependiendo de la forma exacta del núcleo del estator que está siendo producido. Alternativamente, las placas frontales 236 pueden ser omitidas, y las aristas 26 pueden ser formadas directamente sobre las superficies exteriores de los segmentos 23. Sin embargo, con esta alternativa, la conversión de un tipo de producción del estator a otra requiere la sustitución de los segmentos 23 del mandril.

Para variar el diámetro del mandril la barra de control 204 es movida axialmente con relación al cuerpo principal 201 y mueve el cono interior 202 axialmente en el cuerpo principal 201. Los segmentos 23 tienen impedido alejarse axialmente del mandril por las barras de soporte 231, y son extraídos radialmente hacia adentro por los elementos elásticos 234 para mantener el contacto entre las caras interiores cónicas de los segmentos 23 y el cono interior 202. De este modo, el movimiento hacia arriba del cono interior 202 (como se ve en las Figuras 5A, 5B y 5C) hace que los segmentos 23 se muevan radialmente hacia adentro por la acción de los elementos elásticos 234, reduciendo el diámetro del mandril. Igualmente, cuando el cono interior 202 es movido hacia abajo, la acción de acuñado del cono interior entre la superficie exterior del cuerpo principal 201 y la superficie interior cónica de los segmentos 23 hace que los segmentos 23 se muevan radialmente hacia afuera contra la fuerza elástica de los elementos 234 aumentando el diámetro del mandril.

La posición axial del cono interior 202 con relación al cuerpo principal 201 determina así el diámetro efectivo del mandril 22. Los medios de control 100 pueden determinar el diámetro efectivo requerido del mandril y recibir una entrada desde un sensor para detectar la posición del cono interior 202 con relación al cuerpo principal 201. Los medios de control 100 pueden a continuación determinar la posición requerida del cono interior 202 para proporcionar el diámetro efectivo requerido y controlar un accionador o unos medios de impulsión para mover el cono interior 202 con relación al cuerpo principal 201 a la posición requerida. Los medios de control pueden recibir una orden que define el diámetro efectivo requerido para el mandril, y compararla con una salida del sensor para determinar la dirección y la cantidad de movimiento del cono interior 202 que llevará el mandril al diámetro efectivo requerido. Los medios de control pueden entonces operar el accionador para producir el movimiento del cono 202, llevando el mandril al diámetro efectivo requerido. Como una alternativa a medir la posición del cono interior 202, un sensor puede medir directamente el diámetro efectivo del mandril midiendo la distancia entre el cuerpo principal 201 y los segmentos 23 y determinar el movimiento requerido del cono interior sobre la base de esta medida.

La Figura 5A muestra el mandril en una posición de diámetro intermedio, tal como sería usado en la estación de arrollamiento 12a. La Figura 5B muestra el cono interior 202 movido hacia abajo, el cual a su vez mueve los segmentos 23 hacia afuera y aumenta el diámetro del mandril. Esta posición es apropiada para el mandril en la estación de dimensionamiento y fijación 12b. La Figura 5C muestra el cono interior 202 elevado a su posición más alta, que corresponde a un diámetro mínimo del mandril 22 apropiado para la estación de descarga 12c.

Los pasos del método se resumen en el diagrama de flujos de la Figura 6.

En el paso 601 la banda de metal plana es estampada en el dispositivo de amortiguación 3 para formar las bandas segmentadas 4a y 4b. La banda o bandas segmentadas 4a son a continuación enviadas a los respectivos compensadores 5, desde donde la banda segmentada es enviada a la estación de arrollamiento 12a para ser arrollada sobre el mandril 22 en el paso 603.

Cuando el arrollamiento está terminado, el mandril 22 es entonces movido desde la estación de arrollamiento 12a a la estación de fijación 12b, y el diámetro del mandril es expandido en el paso 604. Mientras que el arrollamiento del núcleo es mantenido en la estación de fijación 12b, las vueltas del arrollamiento del núcleo de son fijadas por soldadura en el paso 605.

El mandril 22 es entonces movido desde la estación de fijación a la estación de descarga 12c, y el mandril es contraído al diámetro menor en el paso 606. En el paso 607 el núcleo laminado terminado es retirado del mandril.

Las operaciones descritas en los pasos 601 a 607 pueden ser controladas por el sistema de control 100, el cual puede incluir un procesador, una memoria para almacenar un programa de control, y los accionadores y el aparato necesarios operables mediante el control del procesador para efectuar el ajuste del diámetro del mandril, el arrollamiento y la sujeción de la banda sobre el mandril, la rotación de la mesa giratoria 11, la operación de las cabezas de soldadura 50, y la operación del anillo de elevación 26 para descargar el núcleo laminado.

Con el fin de producir una máquina eléctrica que incorpore el núcleo laminado, el núcleo laminado es provisto de unas bobinas eléctricas en el paso 608, y en el paso 609 el núcleo laminado y las bobinas eléctricas son incorporadas en una máquina eléctrica tal como un generador o un motor eléctrico.

#### Modificaciones y alternativas

Aunque los mandriles antes descritos son formados usando seis segmentos 23 se prevé que se pueden usar cantidades de segmentos diferentes. Por ejemplo, un mandril de pequeño diámetro para estatores de arrollamiento de diámetros nominales de hasta aproximadamente 250 mm puede tener de 3 a 10 segmentos, y mandriles de un diámetro mayor pueden tener hasta 20 o más segmentos. El mandril preferiblemente tiene al menos cuatro, y más preferiblemente seis o más segmentos con el fin de que la expansión y la contracción del diámetro del mandril no afecten desventajosamente a la "redondez" del núcleo del estator terminado.

Cada segmento preferiblemente tiene una única arista de colocación correcta 26, pero se prevé que los segmentos puedan tener más de una arista. En donde está dispuesta una única arista de colocación correcta 26, está preferiblemente posicionada en alineación radial con la dirección del movimiento radial de su segmento 23.

El cono interior 202 del mandril en las realizaciones ilustradas tiene su extremo mayor contiguo al extremo libre del mandril, de modo que el movimiento del cono interior hacia el extremo fijo del mandril (es decir, hacia abajo como se ve en las Figuras 5) aumenta el diámetro del mandril empujando separando los segmentos 23. Se ha previsto que el cono interior puede ser montado con su extremo mayor contiguo al extremo fijo del mandril, y los segmentos 23 cónicos correspondientemente, de modo que el movimiento del cono interior hacia el extremo libre del mandril haga que los segmentos se muevan separándose y aumenten el diámetro efectivo del mandril.

En la estación de arrollamiento 12a el arrollamiento del núcleo se produce en la realización antes descrita alimentando la banda entallada 4a sobre el mandril 22 en el extremo libre del mandril. Se ha previsto que la banda pueda alternativamente ser alimentada sobre el mandril en el extremo del mandril contiguo a la mesa giratoria 11. Con tal disposición, el émbolo 25 será ajustado sobre el mandril con el fin de mantener la presión sobre el arrollamiento del núcleo mientras que está siendo formado, contra la contrapresión del anillo de elevación 24, y se moverá a lo largo del mandril a medida que las vueltas son arrolladas y aumenta la longitud axial del arrollamiento del núcleo.

En la realización descrita la mesa giratoria 11 está generalmente posicionada en un plano horizontal, con los ejes de los tres mandriles 22 y el eje de rotación de la mesa giratoria generalmente verticales. Se ha previsto que el aparato pueda ser fabricado con la mesa giratoria 11 montada en un plano vertical para rotación alrededor de un eje horizontal, o pueda ser montada en cualquier otro plano. La mesa giratoria 11 puede incluso ser montada en una orientación invertida en comparación con la vista en la Figura 1, con los mandriles 22 extendiéndose hacia abajo desde la mesa giratoria. Esto puede ser ventajoso ya que en la estación de descarga la contracción del diámetro del mandril simplemente permitirá que el núcleo terminado del estator caiga axialmente del mandril, por ejemplo sobre un transportador u otro aparato de manipulación.

En una alternativa adicional los ejes de los mandriles 22 y el eje central 21 de la mesa giratoria pueden no ser paralelos, pero pueden ser convergentes. En tal disposición la rotación de la mesa giratoria alrededor de un eje puede presentar un mandril 22 en una estación de arrollamiento con el eje del mandril en un plano horizontal, mientras que un mandril 22 en la estación de descarga tiene su eje extendiéndose hacia abajo para una descarga fácil del núcleo laminado terminado.

Para variar el diámetro del mandril, los segmentos 23 pueden ser impulsados individualmente en la dirección radial del mandril por unos accionadores discretos operando entre el segmento 23 y el cuerpo principal 201 del mandril. Los accionadores pueden ser controlados para mover los segmentos 23 al unísono con relación al cuerpo principal 201. Por ejemplo, cada segmento puede estar fijado a una barra roscada que se extiende radialmente del mandril y acopla una tuerca roscada montada rotatoriamente en el cuerpo principal 201, de modo que la rotación de la tuerca provocará el movimiento radial de la barra roscada y su segmento 23. La rotación de las tuercas roscadas puede ser sincronizada, bien controlando los motores que provocan su rotación, o mediante un mecanismo engranando conjuntamente las rotaciones de las tuercas. Se pueden usar otros tipos de accionadores, bien controlados individualmente o enlazados conjuntamente por un mecanismo operativo, para mover los segmentos 23 con relación al cuerpo principal 201 del mandril 22.

Como una alternativa a un mandril que tiene un diámetro continuamente variable, por ejemplo en casos en los que se prevé un gran volumen de producción de un tamaño y tipo particulares del núcleo del estator, entonces el mandril puede simplemente tener tres posiciones alternativas correspondientes al diámetro D1 de arrollamiento, al diámetro D2 de fijación, y a un diámetro D3 reducido para descargar el núcleo laminado terminado. Estos tres diámetros se

determinarán basándose en las dimensiones nominales del núcleo laminado y en las propiedades del material de la banda usada para formar el núcleo.

5 En la realización ilustrada en la Figura 1 la banda de metal entallada 4a es alimentada al compensador 5 y a continuación a la estación de arrollamiento 12a. En una disposición alternativa la banda entallada preformada 4a, 4b puede ser almacenada en un carrete o tambor, y puede ser entregada directa e intermitentemente a la estación de arrollamiento 12a.

10 En las realizaciones antes descritas las operaciones de arrollamiento, fijación y descarga son realizadas en estaciones separadas 12a, 12b y 12c. Sin embargo se prevé que la estación 10 de formación del núcleo puede comprender solamente un único mandril 22 que secuencialmente realiza las operaciones de arrollamiento, fijación y descarga en un único lugar.

En una realización alternativa la estación 10 de formación del núcleo puede comprender 2 mandriles 22 movibles entre una estación de arrollamiento y una estación de fijación, de modo que cuando un mandril está arrollando un núcleo en la estación de arrollamiento, el otro mandril está posicionado en la estación de fijación para fijar el núcleo de arrollamiento, y el núcleo terminado es retirado del mandril en la estación de fijación.

15 Igualmente, la estación 10 que forma el núcleo puede tener tres o más mandriles 22 realizando secuencialmente cada uno las operaciones de arrollamiento, fijación y descarga en distintos lugares. Por ejemplo, la estación 10 que forma el núcleo puede tener una mesa giratoria 11 provista de dos mandriles 22, de modo que dos de los mandriles pueden simultáneamente estar arrollando núcleos, mientras que los otros dos mandriles pueden estar fijando los arrollamientos del núcleo, y al menos dos de los mandriles pueden estar descargando los núcleos laminados terminados. En este ejemplo los seis mandriles pueden estar igualmente separados alrededor de la circunferencia de la mesa, y cada estación de arrollamiento, fijación y descarga puede estar diametralmente opuesta de la otra estación de arrollamiento, fijación y descarga respectivamente. Tal disposición, si está provista de una respectiva estación de compensación 5 para cada una de las bandas entalladas 4a y 4b, podría simultáneamente producir núcleos laminados a partir de las dos bandas 4a y 4b formadas en la estación de estampación 3 a partir de la banda de metal plana 2.

20 En la anterior descripción las bandas entalladas 4a y 4b son arrolladas con el borde liso de la banda radialmente hacia afuera, de modo que los núcleos laminados formados en la estación 10 de formación del núcleo tengan unas ranuras S y unos dientes 45, de modo que las bobinas eléctricas puedan ser colocadas internamente del núcleo para formar un estator. No obstante se prevé que las bandas entalladas 4a y 4b puedan ser arrolladas sobre el mandril 22 con la base 40 de cada elemento contiguo al mandril, y las uñas 42 extendiéndose radialmente hacia afuera. El núcleo laminado así formado tendría entonces unas ranuras externas S y unos dientes 45 para alojar las bobinas eléctricas apropiadas para un rotor de una máquina eléctrica. En tal ejemplo los elementos E de las bandas entalladas pueden tener la forma de una "T" invertida, teniendo cada elemento una única uña 42 posicionada en el centro de la base 40. Las aberturas 44 pueden estar formadas en cada extremo de la base de cada elemento, y las muescas pueden estar formadas para extenderse desde cada abertura 44 hasta el borde de la banda alejado de la uña 42 para permitir que los elementos contiguos se curven alrededor del mandril durante el arrollamiento. Las muescas pueden tener unos bordes opuestos que convergen hacia la abertura 44 en un ángulo  $\alpha$  dependiente del número de segmentos que forman cada arrollamiento del núcleo, como se ha explicado anteriormente en relación con el ángulo  $\alpha$  entre las uñas 42. En la estación de fijado las líneas de soldadura 51 pueden ser aplicadas a lo largo de las bases de las ranuras S formadas sobre la cara exterior del núcleo con el fin de fijar las vueltas del núcleo una con respecto a otra.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para fabricar un núcleo laminado para una máquina eléctrica, que comprende los pasos de:

5 arrollar una banda conformada (4a, 4b) que tiene un borde recto y un borde entallado sobre un mandril (22) para formar un arrollamiento helicoidal en donde el plano de la banda es sustancialmente perpendicular al eje del arrollamiento helicoidal;

y caracterizado por los pasos de:

10 durante dicho arrollamiento la banda es sujeta entre un émbolo (25) y un anillo de elevación (24), rodeando el mandril dichos émbolo (25) y anillo de elevación (24), en donde, a medida que avanza el arrollamiento del núcleo, el anillo de elevación (24) es movido axialmente a lo largo del mandril (22) para alojar las vueltas recién formadas del arrollamiento del núcleo, mientras que se mantiene la fuerza de sujeción requerida entre el émbolo (25) y el anillo de elevación (24) para mantener la forma del arrollamiento;

15 aumentar el diámetro del mandril en una primera cantidad predeterminada, mientras que el mandril está dentro del arrollamiento helicoidal para imponer un alargamiento por tracción en las vueltas del arrollamiento helicoidal;

asegurar cada vuelta del arrollamiento helicoidal tensado con relación a su vuelta o vueltas contiguas para formar el núcleo laminado;

reducir el diámetro del mandril en una segunda cantidad predeterminada mayor que la primera cantidad predeterminada para relajar el núcleo laminado; y

retirar el núcleo laminado del mandril.

20 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el núcleo laminado tiene un diámetro interno nominal predeterminado, y en donde:

el paso de arrollamiento es realizado con el diámetro (D1) del mandril hasta un 5% menor que el diámetro interno nominal del núcleo laminado; y

25 el paso de aseguración se realiza con el diámetro (D2) del mandril hasta un 5% mayor que el diámetro interno nominal del núcleo laminado.

30 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el mandril está montado para movimiento entre una estación de arrollamiento, una estación de dimensionamiento, y una estación de descarga, y en donde el paso de arrollamiento se realiza en la estación de arrollamiento, realizándose la aseguración de las vueltas en la estación de dimensionamiento, y la retirada del núcleo laminado del mandril se realiza en la estación de descarga.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el paso de aumento del diámetro del mandril se realiza mientras que el mandril está moviéndose de la estación de arrollamiento a la estación de dimensionamiento, y el paso de disminución del diámetro del mandril se realiza mientras que el mandril está moviéndose de la estación de dimensionamiento a la estación de descarga.

35 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el paso de aumento del diámetro del mandril se realiza mientras que el mandril está en la estación de dimensionamiento, y el paso de disminución del diámetro del mandril se realiza mientras que el mandril está en la estación de descarga.

40 6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el paso de asegurar cada vuelta del arrollamiento helicoidal tensado a su vuelta o vueltas contiguas comprende formar unas líneas de soldadura que se extienden longitudinalmente a lo largo de la superficie exterior del arrollamiento.

7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el paso de arrollar la banda conformada sobre el mandril comprende posicionar el borde entallado de la banda conformada contigua al mandril.

45 8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el paso de arrollar la banda conformada sobre el mandril comprende posicionar el borde generalmente recto de la banda conformada contigua al mandril.

9. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior que además incluye los pasos de:

formar una banda de metal plana en una banda conformada (4a, 4b) que tiene un borde recto y un borde entallado por una máquina de estampación (3); y

bien alimentar la banda de metal entallada a un compensador y después a la estación de arrollamiento o almacenar la banda de metal entallada en un carrete o tambor y después entregar la banda conformada directamente e intermitentemente a la estación de arrollamiento.

10. Un aparato para fabricar núcleos laminados para máquinas eléctricas, comprendiendo el aparato:
- 5 un mandril cilíndrico (22) de diámetro ajustable;
- unos medios de arrollamiento para arrollar una banda conformada (4a) sobre el mandril (22) para formar un arrollamiento helicoidal en donde el plano de la banda sea sustancialmente perpendicular al eje del arrollamiento helicoidal;
- 10 unos medios de sujeción (25) para sujetar el arrollamiento helicoidal sobre el mandril, en donde los medios de sujeción comprenden un émbolo (25) y un anillo de elevación (24), rodeando el mandril dichos émbolo (25) y anillo de elevación (24), configurados de modo que, a medida que avanza el arrollamiento del núcleo, el anillo de elevación (24) es movido axialmente a lo largo del mandril (22) para alojar las vueltas recién formadas del arrollamiento del núcleo, mientras que se mantiene la requerida fuerza de sujeción entre el émbolo (25) y el anillo de elevación (24) para mantener la forma del arrollamiento;
- 15 unos medios de fijación (50) para fijar conjuntamente las vueltas del arrollamiento helicoidal para formar un núcleo laminado;
- unos medios de descarga (24) para retirar el núcleo laminado del mandril;
- estando el aparato caracterizado por que además comprende:
- 20 unos medios de ajuste (23, 202, 203, 204) para fijar selectivamente el diámetro del mandril en un primer diámetro (D1), en un segundo diámetro (D2) mayor que el primer diámetro (D1), y en un tercer diámetro (D3) menor que el primer diámetro (D1); y
- unos medios de control (100) para controlar la operación de los medios de ajuste, los medios de arrollamiento, los medios de sujeción, los medios de fijación y los medios de descarga tales como:
- 25 en una primera fase los medios de ajuste fijan el mandril en el primer diámetro mientras que los medios de arrollamiento arrollan la banda conformada sobre el mandril para formar un arrollamiento helicoidal;
- en una segunda fase los medios de ajuste expanden el mandril al segundo diámetro mientras que el mandril está dentro del arrollamiento para imponer un alargamiento de tracción en las vueltas del arrollamiento, y los medios de sujeción mantienen las vueltas del arrollamiento en la posición alargada mientras que los medios de fijación fijan las vueltas una con respecto a otra para formar un núcleo laminado; y
- 30 en una tercera fase los medios de ajuste contraen el mandril al tercer diámetro, y los medios de control controlan la operación de los medios de descarga para retirar el núcleo laminado del mandril.
11. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 10, en donde está dispuesta una pluralidad de mandriles ajustables (22), siendo cada mandril móvil entre una estación de arrollamiento en la que una banda conformada es arrollada sobre el mandril para formar un arrollamiento helicoidal, una estación de dimensionamiento y fijación en la que el arrollamiento helicoidal es sujetado y fijado para formar un núcleo laminado, y una estación de descarga en la que el núcleo laminado es retirado del mandril.
- 35 12. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en donde están montados tres mandriles (11) para un movimiento cíclico entre la estación de arrollamiento, la estación de dimensionamiento y de fijación, y la estación de descarga.
- 40 13. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde el aparato incluye además una estación de sujeción (3) que recibe la banda de metal y la estampa para formar una banda en toско (4a, 4b) que tiene un borde recto y un borde entallado, para arrollamiento sobre el mandril.
14. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, que además incluye una estación de compensación (5) para recibir una banda en toско desde la estación de estampación, y entregar intermitentemente la banda en toско a la estación de arrollamiento.
- 45 15. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la estación de compensación (5) comprende dos poleas (6b, 7) alrededor de las cuales la banda en toско está atada, siendo una polea (7) móvil con relación a la otra a fin de aumentar y disminuir la longitud del recorrido de la banda en toско que está alojada en la estación de compensación.
- 50 16. Un método de fabricación de un rotor o estator para una máquina eléctrica, que comprende los pasos de:

fabricar un núcleo laminado usando un método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9; y  
montar unas bobinas eléctricas en el núcleo laminado.

17. Un método de fabricación de una máquina eléctrica, que comprende los pasos de:

fabricar un núcleo laminado usando un método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9;

5 montar unas bobinas eléctricas en el núcleo laminado; e

incorporar el núcleo laminado y las bobinas eléctricas a una máquina eléctrica.

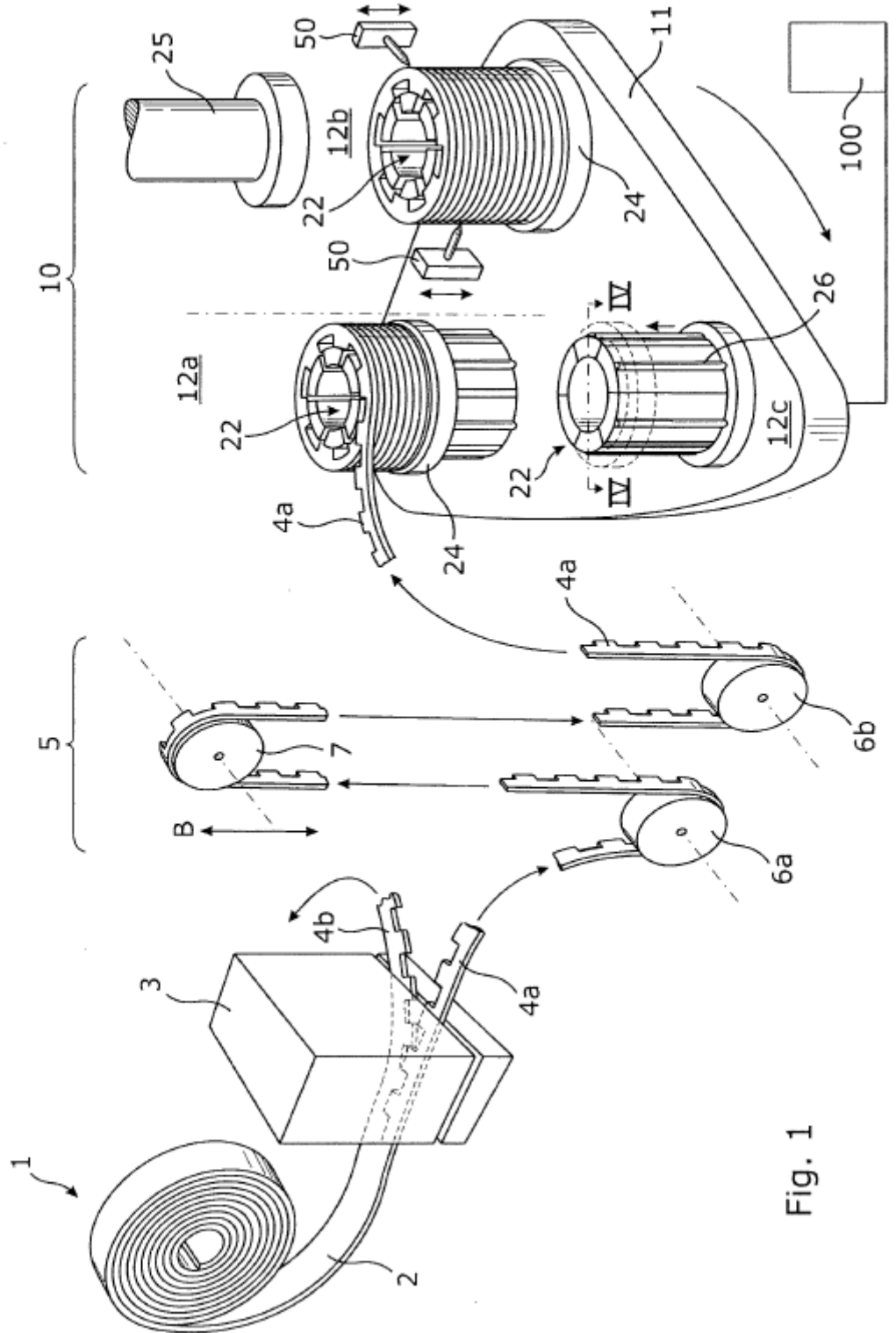


Fig. 1

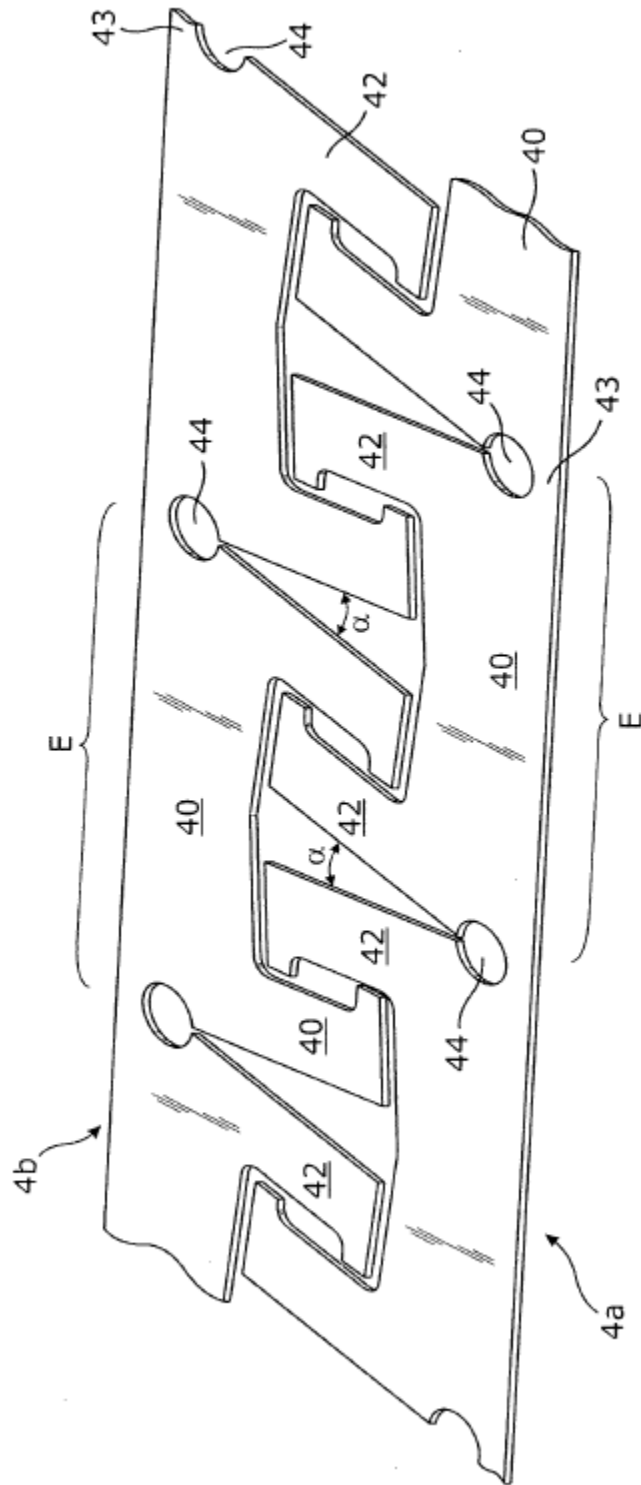


Fig. 2



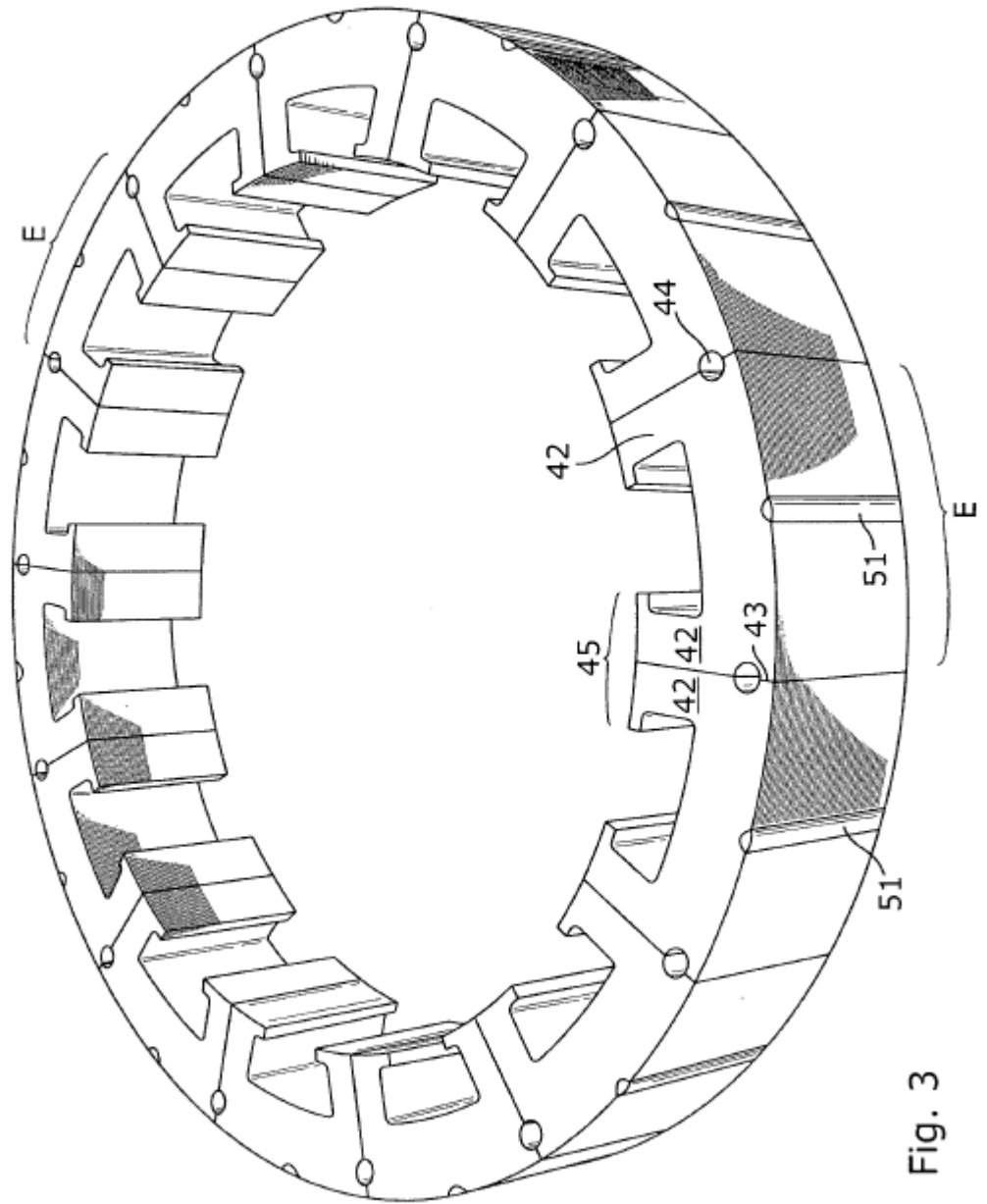


Fig. 3

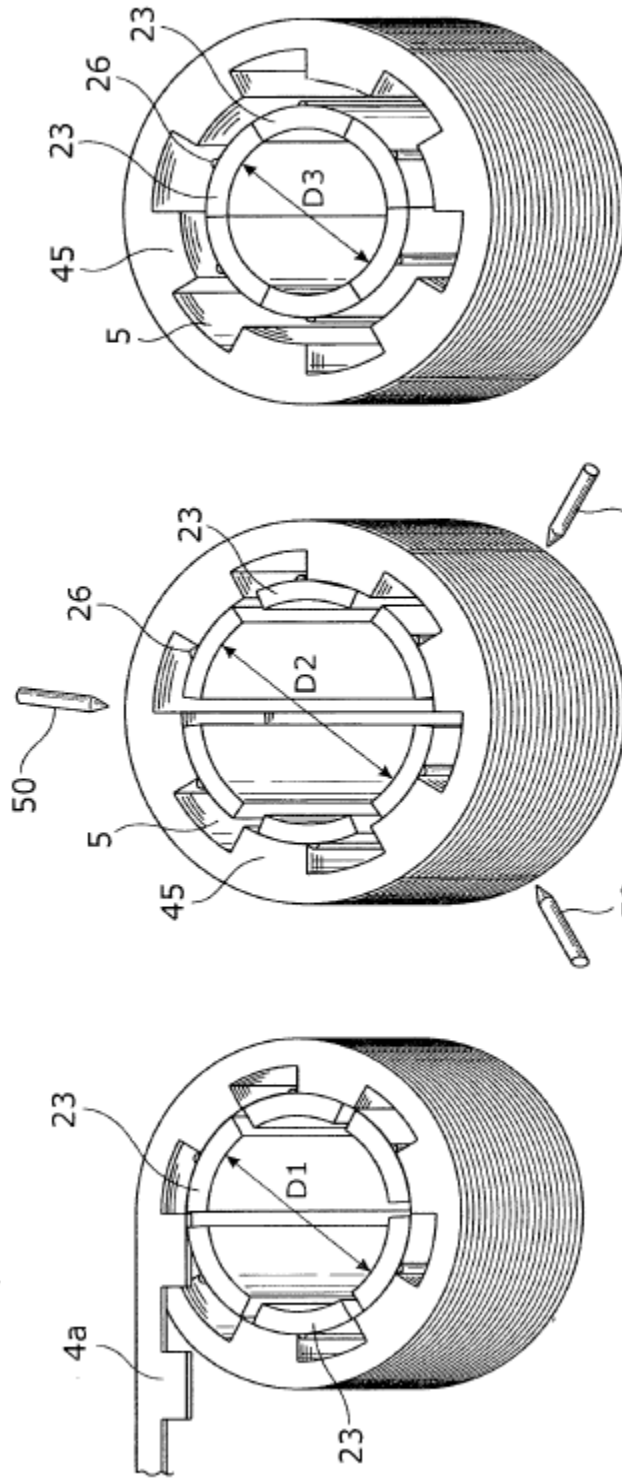


Fig. 4A

Fig. 4B

Fig. 4C

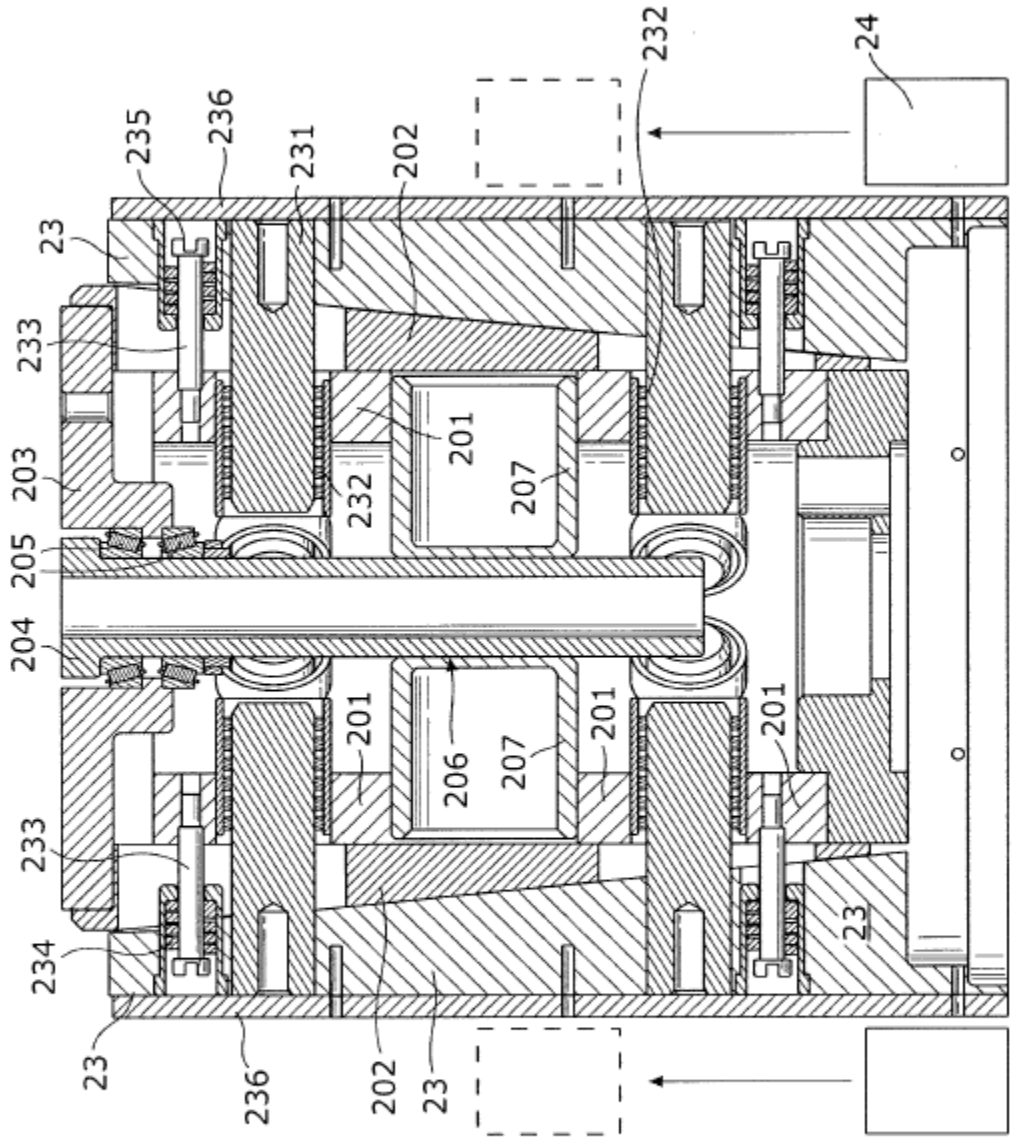


Fig. 5A

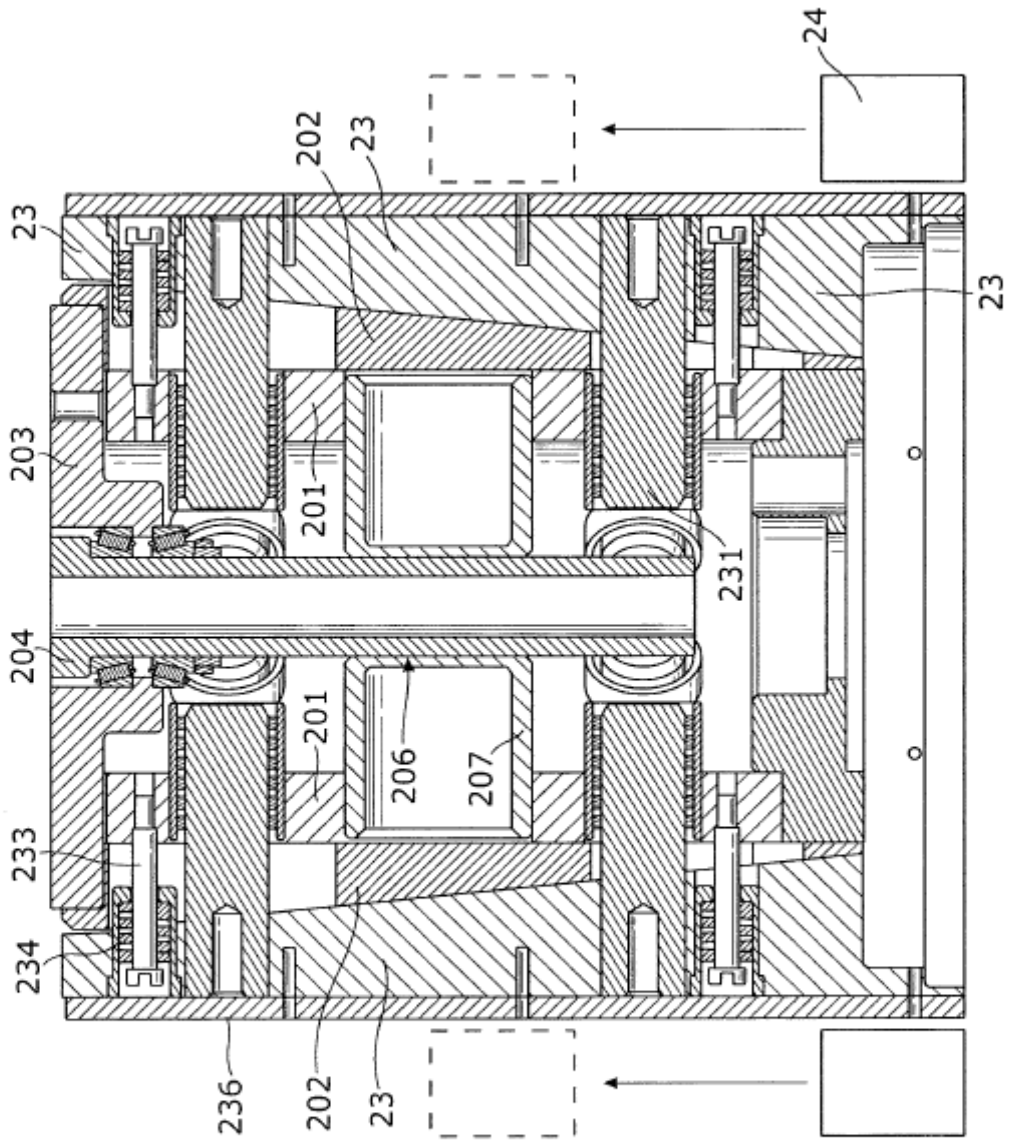


Fig. 5B

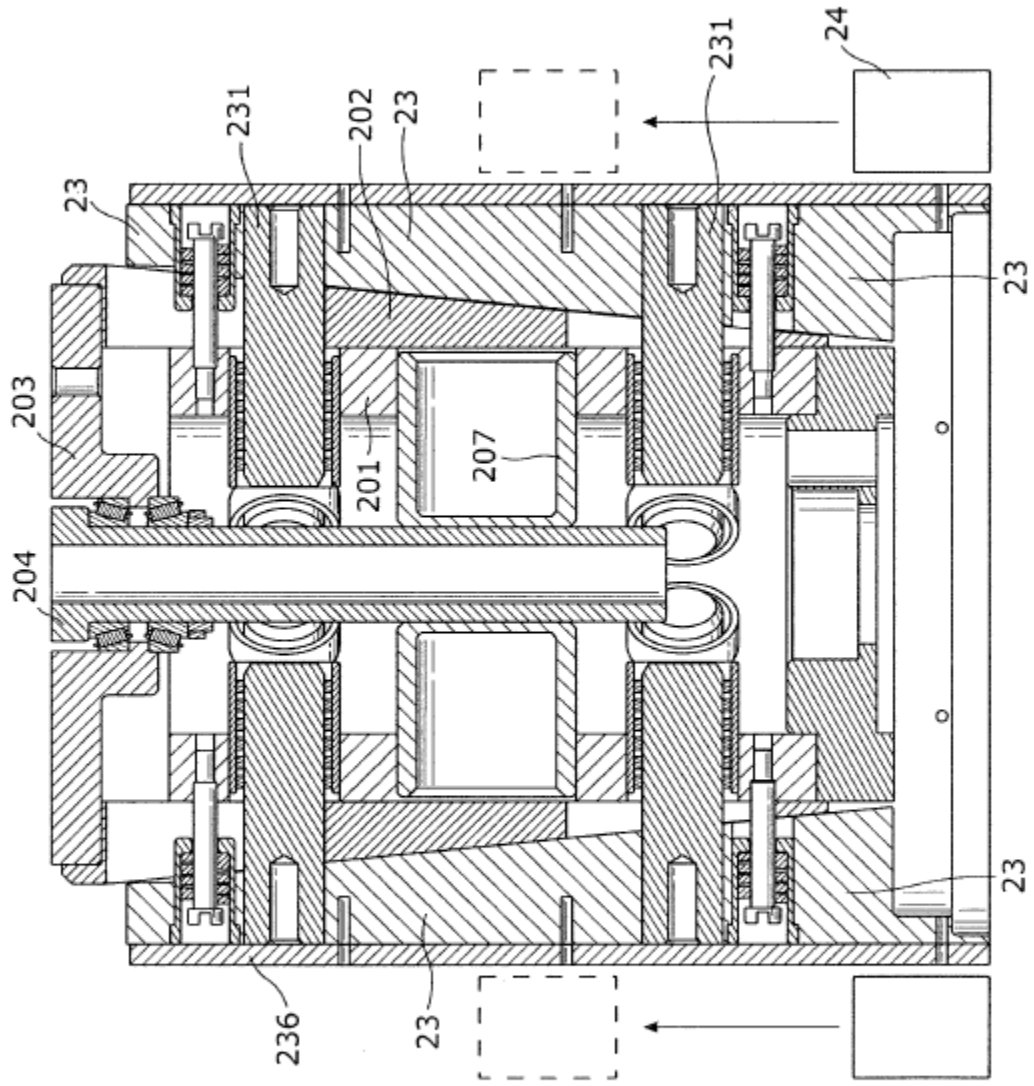


Fig. 5C

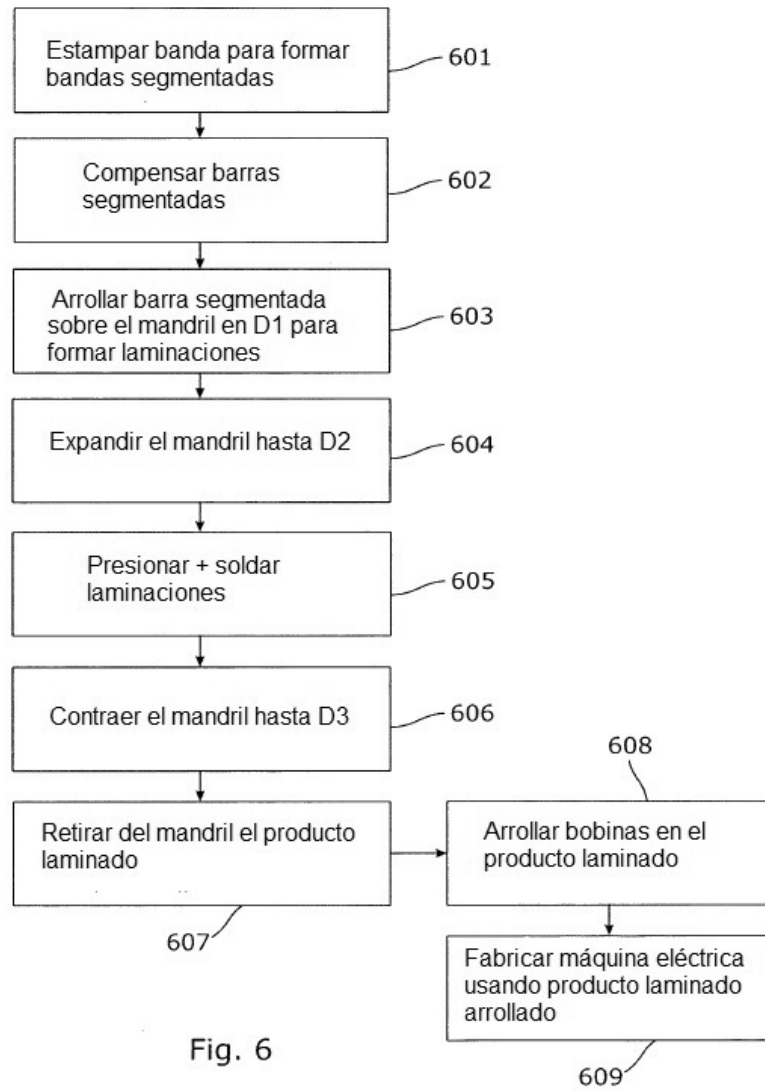


Fig. 6