

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 078**

51 Int. Cl.:

H02K 15/00 (2006.01)

H02K 15/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.01.2011** **E 11710339 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.08.2014** **EP 2661801**

54 Título: **Método y aparato para retorcer las porciones finales de conductores de barra, en particular para bobinados de barras de máquinas eléctricas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.12.2014

73 Titular/es:

TECNOMATIC S.P.A. (100.0%)
Zona Industriale Santa Scolastica, Via Copernico
2
64013 Corropoli (Teramo), IT

72 Inventor/es:

GUERCIONI, SANTE

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 524 078 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 retorcer las porciones finales de conductores de barra, en particular para bobinados de barras de máquinas eléctricas

5 La presente invención se refiere a un método y un aparato de retorcimiento para retorcer porciones finales libres de conductores de barra, en particular para bobinados estatores o rotores de máquinas eléctricas.

10 Es conocido el proporcionar estatores o rotores de máquinas eléctricas, como generados eléctricos o motores, por ejemplo para su uso en vehículos eléctricos híbridos (HEV), en los que el bobinado del estator o rotor se compone de una pluralidad de conductores de barra, que están doblados y conectados diversamente uno a otro con el fin de proporcionar los llamados bobinados de barras.

15 En particular, la técnica conocida comprende bobinados de barras compuestos de conductores de barra que tienen una sección transversal rectangular, donde el término "rectangular" se refiere a una sección cuadrada igual que a una sección "plana", generalmente indicando la sección rectangular, donde dos lados de la sección son menores que los otros dos.

20 Los llamados conductores de barra están normalmente preformados por una flexión "U" o "P", comenzando desde conductores de barra lineales. La patente de Estados Unidos US 7.480.987 describe un método ejemplar para preformar conductores de barra (llamados "conductores horquillas" en este documento). Los conductores preformados "U" o "P" también a menudo llamados "conductores básicos preformados" en el campo técnico, tienen típicamente dos patas adyacentes, de diferente longitud, cada una provista de una porción final libre y una porción final opuesta, que se une, por medio de una porción de unión, a la otra pata.

25 Por ejemplo, con el fin de proporcionar un estator, es conocido realizar dos tipos distintos de retorcimiento en los conductores preformados "U" o "P".

30 En un primer tipo de retorcimiento, también llamado "retorcimiento desde el lado de inserción", los conductores preformados básicos se insertan adecuadamente en correspondientes bolsillos alineados radialmente, que se proporcionan en un dispositivo de retorcimiento, adecuado para deformar tales conductores después de la inserción. El dispositivo de retorcimiento se utiliza esencialmente para "separar" las patas de la forma "U" o "P", con el fin de que ambas patas del mismo conductor, después de extraer la última del dispositivo de retorcimiento, se puedan insertar sucesivamente en ranuras de un núcleo de estator, que se desplazan radialmente uno de otro por un paso predeterminado.

35 La solicitud de patente publicada US 2009/0178270 describe un método de retorcimiento de "lado de inserción" ejemplar para un retorcimiento de paso uniforme de conductores de barra preformados después de su inserción en bolsillos de un dispositivo de retorcimiento.

40 Después de haber sido objeto del primer tipo de retorcimiento, los conductores de barra se insertan en las ranuras del núcleo del estator a través de un primer lado del mismo (el llamado "lado de inserción") con porciones finales libres respectivas sobresaliendo de un segundo lado del núcleo (el llamado "lado de soldadura" o "lado de conexión") que está opuesto al primer lado.

45 Las porciones finales libres que sobresalen del lado de soldadura están sometidas a un segundo tipo de retorcimiento llamado "retorcimiento del lado de soldadura" después de ser insertadas en bolsillos provistos en un aparato de retorcimiento adecuado. El objetivo del aparato de retorcimiento es doblar ("retorcer") las porciones finales libres de conductores con el fin de dar forma adecuadamente a tales porciones finales y por tanto permitir la prestación de conexiones eléctricas adecuadas entre conductores con el fin de completar el bobinado.

50 Es de señalar que la flexión precisa de porciones finales libres de conductores facilita la formación de conexiones entre conductores. Sin embargo, por varias razones, puede ser difícil doblar correctamente y con precisión las porciones finales libres de los conductores, según sea necesario. Por ejemplo, ya que la protrusión de la mayoría de estas porciones finales del lado de soldadura es relativamente pequeña, puede ser difícil acceder a las porciones finales de conductores y realizar las operaciones necesarias para asegurar una flexión correcta tanto en la dirección circunferencial y en la axial con respecto al eje del núcleo de estator. Además, como ejemplo, una conformación precisa de los conductores es complicada por el hecho de que están provistos de una elasticidad intrínseca, que, después de la flexión, intenta conducirles parcialmente de vuelta a su configuración inicial.

55 La solicitud de patente publicada US 2009/0302705 describe un método ejemplar de retorcimiento de lado de soldadura de dicho tipo anterior. El método descrito en esta solicitud de patente permite de una sola vez lograr un retorcimiento no uniforme de porciones finales libres de conductores de barra. Con el fin de proporcionar tal retorcimiento, la solicitud de patente describe un aparato de retorcimiento compuesto de un miembro de bolsillo, que está provisto d un miembro de movimiento perdido, para definir un bolsillo de miembro de bolsillo. En particular, el miembro de movimiento perdido se monta móvil circunferencialmente con respecto a una estructura principal de un

miembro de bolsillo.

5 Se considera la necesidad de proporcionar un método de retorcimiento alternativo, con respecto a dicha técnica conocida anterior, para retorcer porciones finales libres de conductores de barra para bobinados de barras de máquinas eléctricas.

El objetivo general de la presente descripción es proporcionar un método de retorcimiento que sea capaz de satisfacer dicha necesidad anterior.

10 Éste y otros objetivos se consiguen con un método de retorcimiento como se define en la reivindicación 1 en su forma más general, y en sus reivindicaciones dependientes, en algunas realizaciones específicas de la misma.

15 Otro propósito de la presente invención es proporcionar un aparato de retorcimiento como se define en la reivindicación 6 en su forma más general, y en las reivindicaciones dependientes, en algunas realizaciones específicas de la misma.

La invención se entenderá más claramente a partir de la siguiente descripción detallada de sus realizaciones, que son ilustrativas y por tanto no limitativas con respecto a los dibujos adjuntos, en los que:

20 la figura 1 muestra una vista en perspectiva de una realización actualmente preferida de un aparato de retorcimiento para retorcer porciones finales libres de conductores de barra, en particular para bobinados de máquinas eléctricas, donde el aparato de retorcimiento se muestra en una primera configuración operativa:

25 la figura 2 muestra una vista en perspectiva del aparato de la figura 1, donde el aparato se muestra en una segunda configuración operativa;

la figura 3 muestra una vista en planta desde arriba del aparato de la figura 1 en la primera configuración operativa;

30 la figura 4 muestra una vista desde arriba del aparato de la figura 1, en la segunda configuración operativa:

la figura 5 muestra cuatro vistas en perspectiva de cuatro componentes de aparato de la figura 1;

la figura 6 muestra cuatro vistas en perspectiva de otros cuatro componentes de aparato de la figura 1;

35 las figuras 7A- 7C muestran tres vistas en perspectiva de un conductor de barra, en tres configuraciones diferentes respectivamente;

40 las figuras 8A- 8C muestran tres vistas en perspectivas de otro conductor de barra, apropiado para ser usado como terminal de fase, que se muestra en tres configuraciones diferentes, respectivamente;

45 la figura 9 muestra una vista en perspectiva, donde el aparato de la figura 1 en la primera configuración operativa y se muestra un núcleo de estator o rotor para una máquina eléctrica con una pluralidad de conductores de barra insertados en ranuras respectivas, donde el núcleo y el aparato se muestran en su totalidad en una tercera configuración operativa;

la figura 10 muestra otra vista del núcleo y aparato de la figura 9, mostrada en una sección en perspectiva en una tercera configuración operativa, donde algunos componentes del aparato de retorcimiento se han eliminado;

50 la figura 11 muestra una vista en perspectiva del núcleo y aparato de la figura 9, generalmente mostrado en una cuarta configuración operativa;

la figura 12 muestra otra vista en corte y perspectiva del núcleo y aparato de la figura 9 en una cuarta configuración operativa;

55 la figura 13 muestra un detalle ampliado de la figura 12;

la figura 14 muestra otras vista en perspectiva del núcleo y aparato de la figura 9, donde el núcleo y aparato mostrados están en la cuarta configuración operativa;

60 la figura 15 muestra una vista frontal de una realización de un aparato de retorcimiento que comprende el aparato de retorcimiento de la figura 1; y

la figura 16 muestra un diagrama de flujo de un método de retorcimiento.

65 En los dibujos adjuntos, algunos o parecidos elementos se indican por las mismas referencias numéricas.

En la presente descripción, un conductor de barra “plano” o “cuadrado” indica un conductor de barra que tiene cuatro lados esencialmente planos, cada uno unido a lados adyacentes, típicamente por un borde redondeado.

5 Por tanto, las palabras “plano” o “cuadrado” o términos equivalentes usados para describir la sección transversal de un conductor de barra, se usan en un sentido general, y no se deberían interpretar como excluyentes del hecho de que tales conductores de barra tienen bordes redondeados significativamente uniendo los lados sustancialmente planos. El término “conductor plano” se debe considerar en el sentido de que el conductor tiene dos lados opuestos, cuya distancia mutua es mayor que la distancia entre los lados opuestos restantes. En la presente descripción, el término “conductor rectangular” se debe considerar como una generalización de un conductor plano y cuadrado, ya que el conductor cuadrado es un caso especial de conductor rectangular, en el que los cuatro lados tienen el mismo tamaño.

15 En la presente descripción, un bolsillo se puede definir como un hueco o depresión en un miembro, el cual está completamente rodeado por este miembro, igual que por una cavidad en un miembro, en la que un lado abierto de cavidad es tal como para ser cerrado eficazmente por una superficie o pared de un miembro adyacente.

20 Para los propósitos de la presente descripción, el término “retorcimiento” usado en referencia a porciones finales de conductores de barra, se debe considerar en un sentido general como una flexión o conformación de tales porciones, con el fin de proporcionar conexiones eléctricas adecuadas entre los conductores.

25 Para los propósitos de la presente descripción, los términos “radial” o “circunferencial” u otras expresiones similares definidas con respecto a una dirección o eje, tienen que referirse a una circunferencia, que descansa en un plano perpendicular a tal dirección o eje y está centrada en tal dirección o eje. Además, para los propósitos de la presente descripción, el término “espaciada angularmente” (u otras expresiones similares) definido con respecto a una dirección o eje, se refiere al ángulo entre dos radios de una circunferencia, que descansa en un plano que es perpendicular a dicha dirección o eje, y cuyo centro descansa en dicha dirección o eje.

30 Inicialmente en referencia a las figuras 7A y 8A se muestran respectivamente dos realizaciones de conductores de barra 1, 1' para una bobina de rotor o estator de una máquina eléctrica. En este ejemplo, los conductores 1, 1' son conductores de cobre planos rectangulares, ya que tienen un par de caras opuestas, cuya distancia mutua es mayor que la distancia entre las otras dos caras opuestas.

35 Como se muestra en la figura 7A, el conductor 1 es un primer conductor con forma de “P” preformado, que tiene dos patas 2, 3 que están conectadas por una porción de conexión 4, y cada uno tiene una respectiva porción final libre 2A, 3A. La porción de conexión 4 también se llama frecuentemente “porción principal” en el sector de la técnica relevante. Como se puede observar en la figura 7A, la pata 2A es ligeramente más larga que la pata 3A.

40 El conductor 1' mostrado en la figura 8A es un segundo conductor de barra, en particular un conductor apropiado para ser usado como terminal de fase, con una forma esencialmente idéntica a la del conductor 1, excepto por el hecho de tener una pata que es significativamente más larga que la otra. En particular, el conductor 1' comprende dos patas 2', 3', que están conectados por una porción de conexión 4' y cada uno tiene una respectiva porción final libre 2A', 3A'.

45 En referencia ahora a las figura 1, 10 indica generalmente una realización actualmente preferida de un aparato de retorcimiento para retorcer porciones finales libres de conductores de barra para bobinas de barras de máquinas eléctricas. Por ejemplo, el aparato 10 es apropiado para retorcer porciones finales libres 2A, 3A y/o finales libres 2A', 3A' de una pluralidad de conductores de barra 1, 1'.

50 El aparato de retorcimiento 10 comprende al menos un miembro de bolsillo 11, que se extiende sobre un eje de retorcimiento Z-Z. El miembro de bolsillo con forma preferiblemente de anillo 11 comprende una estructura principal 11 A y al menos una estructura secundaria 11B que está apoyada de forma móvil con respecto a la estructura principal 11A.

55 Según una realización actualmente preferida mostrada en la figura 5, la estructura principal 11A tiene una forma anular, que en este ejemplo es esencialmente cilíndrica.

60 En la figura 6, se muestran una pluralidad de estructuras secundarias 11B, en particular cinco estructuras secundarias 11B, según una realización actualmente preferida. En particular, las estructuras secundarias 11B en la figura 6 se pueden acoplar a la estructura principal 11A de la figura 5 con el fin de proporcionar el miembro de bolsillo 11. En la realización de la figura 6, las estructuras secundarias 11B están fijadas una a otra por medio de una base de apoyo curva 11C, para conectar rígidamente una a la otra las porciones finales de las estructuras 11B. Según otras realizaciones, sin embargo, las estructuras secundarias 11B pueden estar separadas una de otra. En otras palabras, las estructuras 11B también pueden ser estructuras completamente distintas, que pueden accionarse independientemente.

65 Con referencia a las figuras 3 ó 4, se ha de señalar que el miembro de bolsillo 11, está provisto de una matriz

5 circular de bolsillos S1, cuyo centro descansa en el eje de retorcimiento Z- Z. La matriz S1 comprende una pluralidad de bolsillos 11A', 11B', que se definen respectivamente por la estructura principal 11A y las estructuras secundarias 11B y son tales como para formar globalmente la matriz S1. La matriz S1 en el ejemplo, comprende 72 bolsillos. Se observa que en las figuras 3 y 4, el eje de retorcimiento Z-Z es perpendicular al plano del dibujo y está representado esquemáticamente por una cruz.

10 Cada uno de los bolsillos 11A', 11B' está provisto de una abertura de inserción 11A'', 11B'', o abertura de entrada 11A'', 11B'', a través del cual puede pasar una respectiva porción final libre de conductor de barra, por ejemplo una de las porciones finales 2A, 3A, 2A', 3A' de los conductores 1, 1', con el fin de permitir que tal porción se inserte en el bolsillo respectivo. Como se puede observar, las aberturas 11A'', 11B'' en este ejemplo tienen una forma sustancialmente rectangular y están situadas en caras de porciones finales preferiblemente planas de la estructura principal 11A y las estructuras secundarias 11B, respectivamente. Tales caras finales están en particular, transversales o esencialmente perpendiculares al eje de retorcimiento.

15 La estructura principal 11A es tal que define al menos un arco de bolsillo R1 compuesto de una pluralidad de bolsillos adyacentes 11A' de matriz S1. Como se muestra en la figura 5, en este ejemplo, la estructura principal 11A está provista de una pluralidad de arcos de bolsillo R1. Más en particular, la estructura 11A está compuesta de tres arcos de bolsillo R1, que están separados angularmente con respecto al arco de retorcimiento Z-Z, cada uno comprendiendo un número diferente de bolsillos 11A'. Como se muestra en la figura 5, junto a los tres arcos R1, en este ejemplo, la estructura 11A es tal que define otros dos bolsillos 11A', que están separados angularmente uno de otro y que en particular tienen una extensión axial (eje Z-Z) que es mayor que el de los otros bolsillos 11A'.

20 Volviendo a las figuras 3 ó 4, se observa que los bolsillos 11A' de cada arco R1 están distribuidos angular y uniformemente. En otras palabras, como se muestra en las figuras 3 ó 4, los centros de dos bolsillos adyacentes 11A' están separados angularmente uno de otro por un mismo ángulo predeterminado A1 con respecto al eje de retorcimiento Z-Z. En este ejemplo, el ángulo A1 es en particular igual a 5°.

25 Aún con referencia a las figuras 3 ó 4, se ha de señalar que cada estructura secundaria 11B es tal que define al menos un bolsillo 11B' de la matriz S1. En otras palabras, cada estructura secundaria 11B define al menos otro bolsillo 11B' de matriz S1, además de los bolsillos 11A' definidos por la estructura principal 11A.

30 En la realización ejemplar, las estructuras secundarias 11B son tales que definen cada una un arco de bolsillo R2 incluyendo una pluralidad de bolsillos adyacentes 11B'. En particular, también los bolsillos de arcos R2 están distribuidos angular y uniformemente, de forma que los centros de dos bolsillos adyacentes 11B' están separados angularmente uno de otro por un mismo ángulo predeterminado A2, con respecto al eje de retorcimiento Z-Z. En este ejemplo, en ángulo A2 es igual al ángulo A1, es decir, 5°.

35 Sin embargo, se ha de señalar que los bolsillos 11B' de cada estructura secundaria 11B se desplazan de forma circunferencial en una dirección por una cantidad predeterminada con respecto a los bolsillos 11A'. En otras palabras, como se muestra por ejemplo en la figura 3, los centros del bolsillo adyacente 11A' y bolsillo 11B' están separados angularmente con respecto al eje de retorcimiento por un ángulo que no es igual a dichos ángulos A1, A2.

40 Las estructuras secundarias 11B están montadas de forma deslizante axialmente, es decir, se pueden deslizar en la dirección del eje de retorcimiento Z-Z, con respecto a la estructura principal 11A. Más en particular, las estructuras secundarias 11B están adaptadas para trasladarse en la dirección del eje de retorcimiento Z-Z solo, con respecto a la estructura principal 11A. En otras palabras, las estructuras 11B son de rotación integral con la estructura principal 11A alrededor del eje de retorcimiento Z-Z. De nuevo en otras palabras, cada estructura 11B está esencialmente provista sólo con un grado de inmunidad con respecto a la estructura principal 11A. En este ejemplo, con el fin de permitir dicho deslizamiento axial, las estructuras secundarias 11B están acopladas a la estructura principal 11A por medio de acoplamientos de precisión. Con referencia a la figura 5, con el fin de proporcionar tales acoplamientos de precisión, el miembro de bolsillo 11 incluye preferiblemente una pluralidad de asientos deslizantes 12, en este ejemplo cinco asientos deslizantes 12, cada uno definido por un par de pares de paredes de guía circunferencialmente opuestos 12', 12''. Particularmente, una respectiva estructura secundaria 11B es deslizante en cada asiento 12.

45 Con referencia a las figuras 1 y 2, se ve que cada estructura secundaria 11B es tal como para asumir una posición operativa hacia atrás axialmente (figura 1) y una posición operativa hacia delante axialmente (figura 2) con respecto a la posición hacia atrás axialmente.

60 Como se puede observar en la figura 1, en la posición hacia atrás axialmente (eje Z-Z) cada estructura secundaria 11B es tal como para definir un hueco 13 o cavidad 13 del miembro de bolsillo 11. En particular, en tal posición, las aberturas de inserción 11B' de las estructuras 11B están situadas en una primera distancia axial (eje Z-Z) de las aberturas de inserción 11A'' de los arcos de bolsillo R1 de la estructura principal.

65 Con referencia a la figura 2, en la posición axialmente hacia delante (eje Z-Z), las aberturas de inserción 11B' de

bolsillos 11B están situados a una segunda distancia axial desde las aberturas de entrada 11A'' de arcos R1 de la estructura principal 11A. Tal segunda distancia axial es preferiblemente menor que la primera distancia axial. En la realización ejemplar actualmente preferida, cuando las estructuras secundarias 11B asumen la posición axialmente hacia delante, las aberturas de inserción 11B'' están, en particular, al ras (figura 2) con aberturas de inserción 11A''.

5 Según otra realización, en la posición axialmente hacia delante de las estructuras 11B, las aberturas 11B'' pueden estar sustancialmente a nivel con aberturas de inserción 11A'', en lugar de estar perfectamente a nivel con dichas aberturas. En este caso, las aberturas 11B'' están preferiblemente situadas en una posición axialmente hacia atrás con respecto a las aberturas de inserción 11A'', donde su distancia de estas últimas aberturas es preferiblemente igual a algunos milímetros, por ejemplo 1 mm – 3 mm.

10 En referencia ahora a las figuras 1, 5 y 6, se observa que, según una realización actualmente preferida, el aparato de retorcimiento 10 comprende al menos un par de miembros de bolsillo. En particular, en este ejemplo, el aparato 10 comprende dos pares de miembros de bolsillo 11, 14 y 15, 16 que son mutuamente coaxiales. En este ejemplo, como se puede observar por las figuras 5 y 6, los miembros 14, 15 y 16 muestran algunas diferencias estructurales con respecto al miembro 11. Sin embargo, tales miembros tienen características correspondientes y una función esencialmente análoga a la del miembro 11. En otras palabras, los miembros 14, 15, 16 comprenden respectivamente, como un ejemplo (figuras 1,5 y 6):

20 - una matriz circular de bolsillos S2, S3, S4:

- una estructura principal 14A; 15A, 16A, provista con al menos un arco de bolsillo, incluyendo una pluralidad de bolsillos 14A', 15A', 16A' provisto de aberturas de inserción 14A'', 15A'', 16A''; y

25 - al menos una estructura secundaria 14B, 15B, 16B, que está montada axialmente de forma deslizante (eje Z-Z) con respecto a la estructura principal 14A, 15A, 16A, la estructura secundaria 14B, 15B, 16B está provista de al menos un bolsillo 14B', 15B', 16B' con una abertura de inserción 14B'', 15B'', 16B''.

30 En referencia ahora a la figura 11, se muestra el aparato 10 y núcleo de rotor o estator 20. Por ejemplo, el núcleo 20 es el núcleo de un estator o rotor de una máquina eléctrica, como por ejemplo un motor eléctrico, por ejemplo para un vehículo eléctrico o híbrido.

35 Como se conoce de por sí, el núcleo 20 comprende un cuerpo principal tubular lamelar, que se extiende axialmente a lo largo de un eje de estator (que corresponde, en las figuras 9-12, a eje de retorcimiento Z-Z) entre dos caras opuestas 22, 23, que se llaman cara de inserción 22 y cara de soldadura 23, respectivamente. El cuerpo principal del núcleo 22 comprende una pluralidad de ranuras 24, que se extienden axialmente (es decir, en la dirección del eje estator) dentro del grosor del cuerpo principal y que puede ser atravesado por una pluralidad de conductores de barra. En este ejemplo en particular, el núcleo 20 comprende setenta y dos ranuras 24. Más en particular, las ranuras 24 están distribuidas angular y uniformemente de forma que los centros de dos ranuras adyacentes 24 están separadas angularmente con respecto a ejes de retorcimiento, por un ángulo igual a dicho ángulo anterior A1, es decir, 5°.

40 Según una realización, las ranuras 24 del núcleo 20 están pobladas por dos coronas 25, 35 de conductores de barra, en particular, una corona radialmente interna 25 y una corona radialmente externa 35. En este ejemplo, la corona 25 comprende exclusivamente una pluralidad de conductores 1 (figuras 7A-7C) mientras que la corona 35 comprende tanto una pluralidad de conductores 1 como una pluralidad de terminales de fase 1' (figuras 8A-8C).

45 Con referencia a las figuras 9 y 10, en las que el núcleo 20 se muestra parcialmente, se ha de señalar que los conductores 1 y 1' se insertan en ranuras 24 con respectivas porciones finales libre 2A, 3A y 2A', 3A' sobresaliendo de la cara de soldadura 23. También se observa que en las figuras 9-13 los conductores 1 y 1' insertados en el núcleo 20 tienen forma respectiva de las figuras 7B y 8B. En otras palabras, tales conductores tienen patas respectivas 2, 3 y 2', 3' separadas por una cantidad predeterminada, por ejemplo siguiendo una operación de retorcimiento de "porciones principales" 4, 4' (tal retorcimiento se conoce por los expertos en la técnica y por tanto no se describe más). También se observa que las porciones finales libres 2A, 3A, 2A', 3A' de las figuras 9-13 son porciones finales rectas, es decir, sin ninguna flexión.

50 Con referencia a la figura 12, en la que el núcleo 20 y el aparato 10 están representados en una sección en perspectiva, se puede observar que las patas de conductores de barra están situadas dentro del núcleo 20 de modo que forman cuatro matrices de patas circulares concéntricas, y por tanto, cuatro disposiciones circulares concéntricas de porciones finales libres T1, T2, T3, T4, sobresaliendo de la cara de soldadura 23. En particular, las porciones finales libres de cada matriz T1-T4 están preferiblemente a nivel o esencialmente a nivel una con otra, excepto las porciones finales libres 2A' de terminales de fase 1' de matriz T1, que forman una protrusión significativa con respecto a otras porciones finales 2A de matriz T1.

55 Además, como se muestra en la figura 12, las porciones finales de matrices T1-T4 están alineadas radialmente una con otra con respecto al eje de retorcimiento Z-Z.

ES 2 524 078 T3

Una operación ejemplar de un aparato de retorcimiento, como se ha descrito previamente, se describe a continuación.

5 En la figura 9, el aparato 10 y el núcleo 20 se representan en una configuración de inserción de conductores de barra 1, 1' en miembros de bolsillos 11, 14, 15, 16. En la figura 9, el aparato 10 en particular asume una configuración inicial que corresponde a la configuración de la figura 1. En otras palabras, todas las estructuras secundarias 11B, 14B, 15B y 16B de miembros de bolsillo 11, 14, 15, 16 asumen dicha posición operativa hacia

10 El núcleo 20 está inicialmente apoyado a una distancia axial (eje Z-Z) del aparato 10, las porciones finales de matrices T1-T4 están dirigidas hacia matrices de bolsillo S1- S4. Se observa que las matrices T1-T4 están asociadas a matrices respectivas S1- S4.

15 El núcleo 20 y aparato 10 se unen (eje Z-Z) a fin de insertar una parte de porciones finales 2A, 3A, 2A', 3A' de matrices T1-T4 en bolsillos de estructuras principales 11B, 14B y 16B de miembros de bolsillos. De este modo se obtiene la distribución de las figuras 11 y 12.

20 Se observa que, en tal distribución todos los bolsillos 11A', 14A', 15A', 16A' de estructuras principales 11A, 14A, 15A, 16A reciben internamente una respectiva porción final libre de matrices T1-T4. También se observa que, con esta distribución, ya que las estructuras secundarias 11B, 14B, 15B, 16B están en dicha posición hacia atrás, la porción final de matrices T1-T4 que no se insertan en bolsillos de estructuras principales 11A, 14A, 15A, 16A, están situadas fuera de los bolsillos 11B', 14B', 15B', 16B', a una distancia axial (eje Z-Z) de aberturas de inserción 11B', 14B', 15B', 16B' de estructuras secundarias 11B, 14B, 15B, 16B.

25 También se observa que en la distribución de la figura 11 ó 12, las porciones finales libres de matrices T1-T4 que no se insertan en bolsillos de estructuras principales 11A, 14A, 15A, 16A están axialmente desplazadas una con otra (eje Z-Z) con respecto a bolsillos correspondientes de estructuras secundarias 11B, 14B, 15B, 16B por un ángulo predeterminado con respecto a eje de retorcimiento. Este desplazamiento entre las porciones finales de matrices T1-T4 y bolsillos de estructuras secundarias 11B, 14B, 15B y 16B se muestra, como ejemplo, en la figura 13, en la que se muestran algunas porciones finales de matriz T4, que están axialmente desplazadas con respecto a bolsillos correspondientes 16B' de una de las estructuras secundarias 16B.

30 En este ejemplo, cada una de las porciones finales de matrices T1-T4 que no se insertan en bolsillos de estructuras principales 11A, 14A, 15A, 16A, está axialmente desplazada con respecto al bolsillo correspondiente (es decir, con respecto al bolsillo de estructura secundaria 11B, 14B, 15B, 16B en la que se inserta dicha porción final), por un ángulo igual a medio ángulo A1 ó A2 (que también es igual al ángulo entre dos ranuras adyacentes 24) es decir, en este ejemplo, por un ángulo de $2,5^\circ$. En cualquier caso, es apropiado señalar que, en términos generales, con el fin de evitar interferencias entre las porciones finales libres de conductores durante el retorcimiento, es importante que la compensación antedicha corresponda a un ángulo menor que el ángulo A2 entre dos bolsillos adyacentes 11B'.

35 Empezando con la distribución de la figura 11, los miembros de bolsillo 11, 14, 15 y 16 se accionan rotativamente alrededor de eje de retorcimiento Z-Z y se trasladan simultáneamente en la dirección axial, en particular llevando el aparato 10 más cerca del núcleo 20, a fin de realizar un primer retorcimiento sólo de porciones finales de las matrices T1-T4 que han sido insertadas en bolsillos de estructuras principales 11A, 14A, 15A, 16A. En particular, miembros de bolsillo rotan cada uno en una dirección opuesta con respecto a miembros de bolsillo adyacente, a fin de retorcer las porciones finales de matrices T1-T4 en direcciones opuestas.

40 En otras palabras, a fin de realizar el primer retorcimiento, el aparato 10 y núcleo 20 son sometidos a un movimiento de rotación -traslación relativo, preferiblemente de un modo continuo, con respecto al eje de retorcimiento Z-Z. A este respecto, se ha de señalar que, en principio, el movimiento de rotación-traslación relativo se puede lograr de formas distintas. Por ejemplo, asumiendo el retorcimiento de sólo una de las matrices T1-T4, por medio de un aparato de retorcimiento que incluye sólo un miembro de bolsillo, por ejemplo un miembro 11, la distribución puede ser tal que el miembro de bolsillo se mantiene quieto y el núcleo 20 se gira y traslada. Por otro lado, se puede girar el miembro de bolsillo, donde el núcleo 20 se traslada simultáneamente hacia dicho miembro. Sin embargo, métodos alternativos son generalmente menos ventajosos, con respecto al descrito para lograr dicho movimiento relativo de rotación-traslación.

45 En este ejemplo, al final del primer retorcimiento, los miembros de bolsillo 11, 14, 15 y 16 han progresado cada uno a través de una rotación con respecto al eje de retorcimiento que es igual a $2,5^\circ$. Por tanto, las porciones finales libres de matrices T1-T4, que inicialmente estaban desplazadas axialmente con respecto a los bolsillos correspondientes, al final del primer retorcimiento están axialmente alineadas con bolsillos correspondientes de estructuras secundarias 11B, 14B, 15B y 16B.

50 También se ha de señalar que tales porciones finales permanecen fuera de bolsillos de estructuras secundarias 11B, 14B, 15B y 16B durante todo el primer retorcimiento.

Además, al final del primer retorcimiento, tales porciones finales aún son porciones finales rectas, mientras que las porciones finales que están insertadas en los bolsillos de las estructuras principales 11A, 14A, 15A y 16A son porciones finales dobladas.

5 Al final de la primera etapa de retorcimiento, comenzando desde la posición axialmente hacia detrás, las estructuras secundarias 11B, 14B, 15B y 16B están trasladadas axialmente con respecto a las estructuras principales 11A, 14A, 15A y 16A, simultáneamente en este ejemplo, a fin de insertar las porciones finales de matrices restantes T1-T4 en bolsillos de estructuras secundarias 11B, 14B 15B y 16B. En otras palabras, las estructuras secundarias se accionan a fin de trasladarse axialmente hasta que asumen la posición axialmente hacia delante antes mencionada (figura 2),
10 en la cual las porciones finales libres restantes de matrices T1-T4 se reciben dentro de bolsillos de estructuras secundarias. En particular, en tal distribución, las aberturas de inserción 11B'', 14B'', 15B'' y 16B'' de estructuras secundarias están a nivel o sustancialmente a nivel con aberturas de inserción 11A'', 14A'', 15A'' y 16A'' de bolsillos de estructuras principales. Además, en tal configuración, las porciones finales libres que se insertan en bolsillos de estructuras secundarias 11B, 14B, 15B y 16B son rectas, es decir, libres de dobleces.

15 Una vez que las porciones finales que sobresalen de todas las matrices T1-T4 se insertan en bolsillos de aparato 10, se realiza un segundo retorcimiento, en el que todas las porciones finales de matrices T1-T4 se doblan simultáneamente por otro movimiento relativo de rotación-traslación entre el núcleo 20 y los miembros de bolsillo del aparato 10. El segundo retorcimiento se realiza en un modo sustancialmente análogo al primer retorcimiento. Sin embargo, en el segundo retorcimiento, los miembros de bolsillo de este ejemplo realizan una rotación mayor con respecto al eje de retorcimiento Z-Z. En particular, en este ejemplo, al final del segundo retorcimiento, cada miembro de bolsillo ha realizado una rotación adicional de 20° con respecto a la del primer retorcimiento. Sin embargo, en este ejemplo, las porciones finales que se han sometido al primer retorcimiento se someten, en total, a un retorcimiento de 22,5° al final del segundo retorcimiento, mientras que las porciones finales que sólo se han sometido a un segundo retorcimiento se someten a un retorcimiento total de 20°. Por tanto, por medio del aparato 10 es posible realizar un retorcimiento no uniforme de porciones finales libres de matrices T1-T4.

La figura 14 muestra el núcleo 20 y aparato 10 al final de la segunda etapa de retorcimiento. Se ha de señalar que en esta configuración, los conductores 1, 1' de este ejemplo se distribuyen respectivamente como se muestra en la figura 7C y 8C.

Con referencia a la figura 16, basándose en lo anteriormente dicho del funcionamiento del aparato 10, se ha de señalar que, generalizando tal funcionamiento ha descrito un método de retorcimiento 100 para retorcer porciones finales libres de conductores de barra para bobinados de barras de máquinas eléctricas, que comprende:

35 a) una etapa de proporcionar 101 un aparato de retorcimiento 10 que comprende al menos un miembro de bolsillo 11 que se extiende alrededor de un eje de retorcimiento Z-Z y provisto de una matriz circular S1 de bolsillos que tienen su centro en el eje de retorcimiento Z-Z, el miembro de bolsillo 11 incluye una estructura principal 11A provista de un arco R1 de bolsillos adyacentes de dicha matriz S1 y una estructura secundaria 11B que está montada de forma movable con respecto a la estructura principal 11A y que está provista de otro bolsillo 11B' de dicha matriz S1, cada uno de los bolsillos de dicha matriz S1 comprende una abertura de inserción respectiva 11A'', 11B'' que debe ser atravesada por una de dichas porciones finales libres 2A o 2A' para insertar dicha porción final libre en dicho bolsillo;

45 b) una etapa de proporcionar 102 un núcleo de estator 20 o núcleo de rotor 20 provisto de una pluralidad de ranuras 24 que están pobladas por una respectiva pluralidad de dichos conductores de barra 1, 1' situados con dicha porción final libre 2A, 2A' sobresaliendo de un lado de núcleo de rotor o estator 20, dichas porciones finales sobresalientes formando una matriz circular T1 de porciones finales 2A, 2A';

50 c) una etapa de insertar 103 en arco R1 de bolsillos de estructura principal 11A en arco de porciones finales adyacentes 2A; 2A' de dicha matriz de porciones finales T1;

d) una primera etapa de retorcimiento 104 del arco de porciones finales, que se inserta en dicho arco R1 de bolsillos, por el movimiento relativo de rotación-traslación entre dicho núcleo 20 y dicho miembro de bolsillo 11;

55 e) la etapa de trasladar axialmente (eje Z-Z) 105 la estructura secundaria 11B con respecto a la estructura principal 11A para insertar en dicho otro bolsillo 11B' de estructura secundaria 11B, otra porción final 2A ó 2A' de dicha matriz T1, en adición al arco de porciones finales que se insertan en dicho arco R1; y

60 f) una segunda etapa de retorcimiento simultánea 106, por medio de otro movimiento relativo de rotación-traslación entre dicho núcleo 20 y dicho miembro de bolsillo 11, el arco de porciones finales, que se inserta en el arco de bolsillos R1 de estructura principal 11A, y otra porción final 2A, 2A', que se inserta en otro bolsillo 11B' de estructura secundaria 11B.

65 Según una realización, el método de retorcimiento 100 comprende una etapa, antes de la primera etapa de retorcimiento 104, de hacer que la estructura principal 11B asuma una posición operativa axialmente hacia detrás

con respecto a la estructura principal 11A, de modo que, mientras dicho arco de porciones finales se inserta en el arco R1 de bolsillos, la otra porción final 2A ó 2A' se puede situar fuera del otro bolsillo 11B' a una cierta distancia axial de la abertura de inserción 11B'' de dicho bolsillo 11B'.

5 Según una realización del método de retorcimiento 100, durante la primera etapa de retorcimiento 104, dicha otra porción final 2A ó 2A' permanece fuera del otro bolsillo 11B'.

10 Según una realización del método 100, antes de la primera etapa de retorcimiento 104, mientras dicho arco de porciones finales se inserta en dicho arco R1 de bolsillos, la otra porción final 2A ó 2A' está desplazada axialmente con respecto al otro bolsillo 11B' por un ángulo predeterminado con respecto al eje de retorcimiento Z-Z, mientras que al final de la primera etapa de retorcimiento 104, la otra porción final 2A ó 2A' se alinea axialmente con otro bolsillo 11B'.

15 Según una realización del método 100, la etapa de trasladar axialmente 105 comprende una etapa de posicionar la abertura de inserción 11B'' de otro bolsillo 11B' a nivel o sustancialmente a nivel con las aberturas de inserción 11A'' de bolsillos de dicho arco R1.

20 Con referencia a la figura 15, se ha de señalar que dicho método antes mencionado se puede realizar, por ejemplo, por medio de un aparato de retorcimiento 200, que incluye un aparato 10, en el que puede estar dispuesto el núcleo 20. En particular, el aparato 200 comprende por ejemplo elementos de accionamiento 210, que se pueden acoplar al aparato 10 para miembros de bolsillo de accionamiento, en particular, dichas estructuras secundarias. Como un ejemplo, los elementos de accionamiento 210 pueden comprender ejes eléctricos u otros servo-aparatos del tipo hidráulico o neumático. Además, el aparato 200 comprende al menos un elemento de presión 220 para engranar y

25 Basándose en la descripción anterior, es posible entender por tanto cómo dicho método de retorcimiento antes mencionado y aparato permiten satisfacer dicha necesidad antes mencionada.

30 Además, se ve que la prestación de una estructura secundaria, que está montada axialmente de forma deslizante con respecto a la estructura principal del miembro de bolsillo, en la que la estructura secundaria está provista de una pluralidad de bolsillos, facilita ventajosamente un fortalecimiento de la estructura secundaria con respecto a las tensiones, en particular en una dirección circunferencial, que puede suceder durante el retorcimiento. De nuevo, también la prestación de acoplar la estructura secundaria a la estructura principal por medio de un acoplamiento de precisión, facilita ventajosamente y aumenta la fiabilidad y fuerza del aparato de retorcimiento. Generalmente

35 hablando, se ha de señalar que un aparato de retorcimiento según la presente invención permite un retorcimiento particularmente eficiente y fiable, y está al mismo tiempo caracterizado por una estructura relativamente simple y robusta.

40 Basados en el principio de la invención, los modos de realizar el mismo y sus realizaciones particulares se pueden someter a amplias modificaciones con respecto a la descripción e ilustraciones, que son meramente ilustrativas y no limitativas, sin apartarse del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Método de retorcimiento (100) para retorcer porciones finales libres (2A, 3A, 2A'3A') de conductores de barra (1, 1') para un bobinado de barra de rotor o estator de una máquina eléctrica, que comprende:
- 5
- una etapa de proporcionar (101) un aparato de retorcimiento (10) que comprende al menos un miembro de bolsillo (11) que se extiende alrededor de un eje de retorcimiento (Z-Z) y provisto de una matriz circular (S1) de bolsillos que tiene su centro en el eje de retorcimiento (Z-Z), incluyendo el miembro de bolsillo (11) una estructura principal (11A) provista de un arco (R1) de bolsillos adyacentes de dicha matriz (S1) y una estructura secundaria (11B) que está montada de forma movable con respecto a la estructura principal (11A) y que está provista de otro bolsillo (11B') de dicha matriz (S1), comprendiendo cada uno de los bolsillos de dicha matriz (S1) una abertura de inserción respectiva (11A'', 121B'') que está adaptada para que pase a su través una de dichas porciones finales libres (2A, 2A') para insertar tal porción final libre en dicho bolsillo;
 - 10
 - 15 - una etapa de proporcionar (102) un núcleo de estator (20) o núcleo de rotor (20) provisto de una pluralidad de ranuras (24) pobladas por una respectiva pluralidad de dichos conductores de barra (1, 1') que están distribuidos con dichas porciones finales libres (2A, 2A') sobresaliendo de un lado del núcleo de estator (20) o núcleo de rotor (20), formando dichas porciones finales que sobresalen una matriz circular (T1) de porciones finales (2A, 2A');
 - 20 - una etapa de insertar (103) en el arco (R1) de bolsillos de estructura principal (11A) un arco de porciones finales adyacentes (2A, 2A') de dicha matriz de porciones finales (T1);
 - una primera etapa de retorcimiento (104) del arco de porciones finales, que se insertan en dicho arco (R1) de bolsillos, por un movimiento relativo de rotación-traslación entre dicho núcleo (20) y dicho miembro de bolsillo (11);
 - 25 estando el método caracterizado porque además comprende:
 - una etapa de trasladar axialmente (105) la estructura secundaria (11B) con respecto a la estructura principal (11A) para insertar en dicho otro bolsillo (11B') de la estructura secundaria (11B) otra porción final (2A) de dicha matriz (T1) de porciones finales; y
 - 30 - una segunda etapa de retorcimiento simultánea (106), por medio de otro movimiento relativo de rotación-traslación entre dicho núcleo (20) y dicho miembro de bolsillo (11), del arco de porciones finales, que se inserta en el arco de bolsillos (R1) de la estructura principal (11A), y la otra porción final (2A, 2A'), que se inserta en otro bolsillo (11B') de la estructura secundaria (11B).
 - 35
2. Método de retorcimiento (100) según la reivindicación 1, comprende una etapa, antes de la primera etapa de retorcimiento (104), de hacer que la estructura secundaria (11B) asuma una posición operativa hacia detrás axialmente con respecto a la estructura principal (11A) de forma que, mientras dicho arco de porciones finales se inserta en el arco (R1) de bolsillos, la otra porción final (2A) se puede situar fuera del otro bolsillo (11B') a cierta distancia axial de la abertura de inserción (11B'') de dicho bolsillo (11B').
- 40
3. Método de retorcimiento según la reivindicación 2, en el que, durante la primera etapa de retorcimiento (104), dicha otra porción final (2A) permanece fuera del otro bolsillo (11B').
- 45
4. Método de retorcimiento (100) según la reivindicación 3, en el que, antes de la primera etapa de retorcimiento (104), mientras dicho arco de porciones finales se inserta en el arco (R1) de bolsillos, la otra porción final está axialmente desplazada con respecto al otro bolsillo (11B') por un ángulo predeterminado con respecto al eje de retorcimiento (Z-Z) y en el que, al final de la primera etapa de retorcimiento (104), la otra porción final está axialmente alineada con el otro bolsillo (11B').
- 50
5. Método de retorcimiento (100) según la reivindicación 1, en el que la etapa de trasladar axialmente (105) comprende una etapa de distribuir la abertura de inserción (11B'') del otro bolsillo (11B') a nivel o sustancialmente a nivel con las aberturas de inserción (11A'') de los bolsillos de dicho arco (R1).
- 55
6. Aparato de retorcimiento (10) para retorcer porciones finales libres (2A, 3A, 2A', 3A') de conductores de barra (1, 1') para un bobinado de rotor o estator de una máquina eléctrica, que comprende al menos un miembro de bolsillo (11) que se extiende alrededor de un eje de retorcimiento (Z-Z) y dicho miembro de bolsillo está provisto de una matriz circular (S1) de bolsillos que tienen su centro en el eje de retorcimiento (Z-Z) cada bolsillo (11A', 11B') provisto de una abertura de inserción (11A'', 11B'') que está adaptada para que pase a su través una de dichas porciones finales libres (2A, 2A') para insertar tal porción en dicho bolsillo, incluyendo el miembro de bolsillo (11):
- 60
- una estructura principal (11A) adaptada para definir un arco (R1) de bolsillos adyacentes de dicha matriz (S1);
 - 65 - una estructura secundaria (11B) que se monta de forma movable con respecto a la estructura principal (11A) y está provista de otro bolsillo (11B') de dicha matriz (S1);

estando el aparato de retorcimiento (10) caracterizado porque la estructura secundaria (11B) está montada de forma deslizante axialmente (Z-Z) con respecto a la estructura principal (11A).

- 5 7. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 6, en el que la estructura secundaria (11B) es deslizante con respecto a la estructura principal (11A) sólo en la dirección del eje de retorcimiento (Z-Z).
8. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 6, en el que la estructura secundaria (11B) es tal que asume;
- 10 - una posición operativa hacia atrás axialmente, en la que la estructura secundaria (11B) define un hueco (13) del miembro de bolsillo (11) y en la que la abertura de inserción (11B'') del otro bolsillo (11B') está situado a una primera distancia axial (Z-Z) de las aberturas de inserción (11A'') de los bolsillos (11A) de dicho arco (R1); y
- 15 - una posición operativa hacia delante axialmente, con respecto a dicha posición hacia detrás, en la que la abertura de inserción (11B'') de dicho otro bolsillo (11B') está situado a una segunda distancia axial de las aberturas de inserción (11A'') de los bolsillos (11A) de dicho arco (R1).
9. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 8, en el que en dicha posición hacia delante, la abertura de inserción (11B'') del otro bolsillo (11B') está a nivel o sustancialmente a nivel con las aberturas de inserción (11A'') de los bolsillos (11A) de dicho arco (R1).
- 20 10. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 6, en el que el otro bolsillo (11B') está situado adyacente a un bolsillo (11A') de dicho arco (R1) y en el que los bolsillos (11A') de dicho arco (R1) y en el que los bolsillos (11A') de dicho arco (R1) están separados angular y uniformemente uno con otro por un ángulo predeterminado (A1) con respecto al eje de retorcimiento (Z-Z), el otro bolsillo (11B') angularmente espaciado de dicho bolsillo adyacente (11A') por un ángulo que es diferente de dicho ángulo predeterminado.
- 25 11. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 6, en el que la estructura secundaria (11B) está provista de una pluralidad de dichos bolsillos (11B'').
- 30 12. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 6, en el que la estructura secundaria (11B) está acoplada a la estructura principal (11A) por medio de un acoplamiento preciso para permitir dicho deslizamiento axial (Z-Z) de la estructura secundaria (11B) .
- 35 13. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 12, en el que, a fin de proporcionar dicho acoplamiento preciso, el miembro de bolsillo (11) incluye un asiento deslizante (12), en el que se puede deslizar la estructura secundaria (11B), el asiento deslizante (12) está definido por dos paredes guía circunferencialmente opuestas (12', 12'') de la estructura principal (11A).
- 40 14. Aparato de retorcimiento (10) según la reivindicación 6, en el que el miembro de bolsillo (11) comprende una pluralidad de dichas estructuras secundarias (11B).
15. Aparato de retorcimiento (200) que comprende un aparato de retorcimiento (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 14.

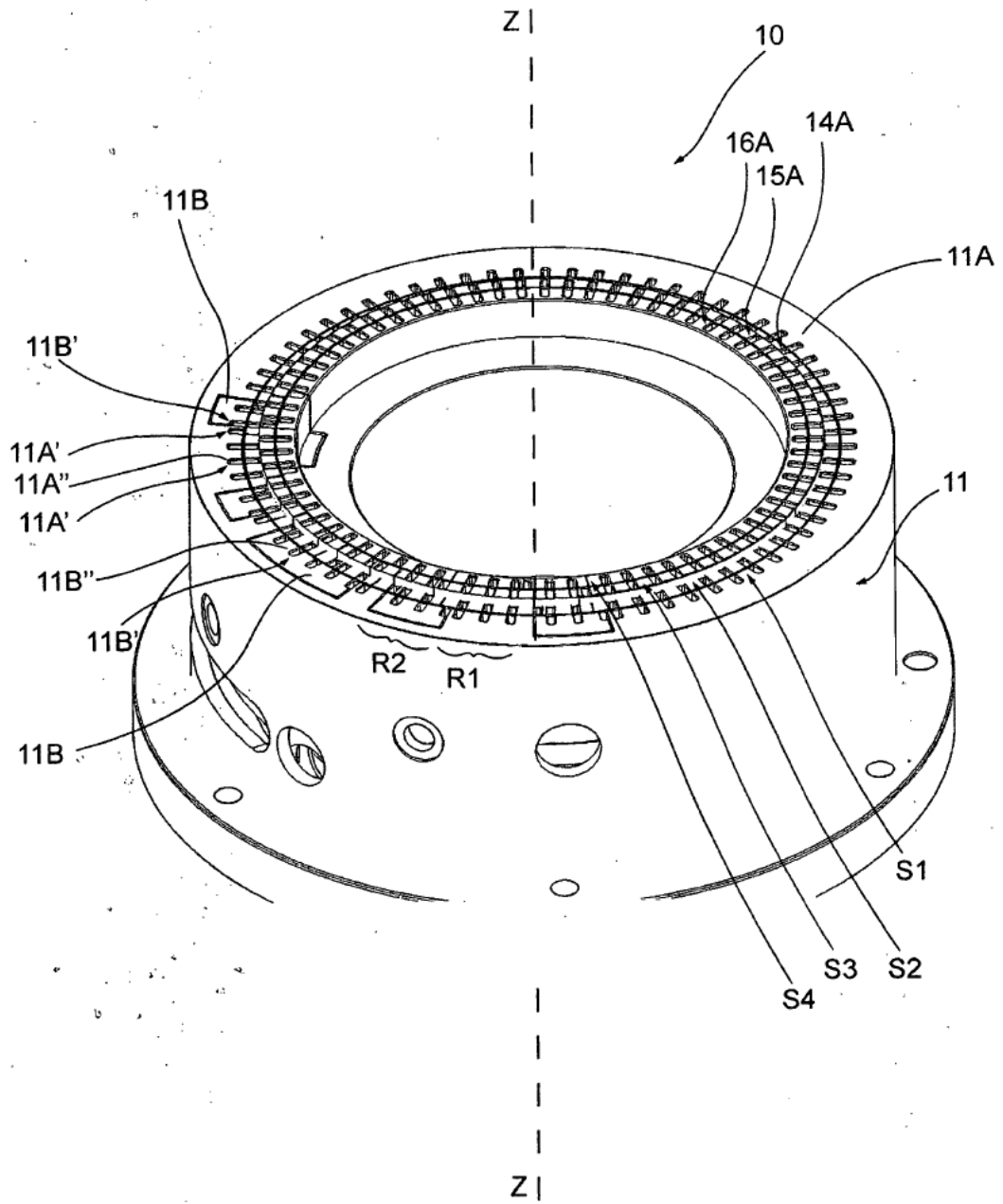


FIG. 2

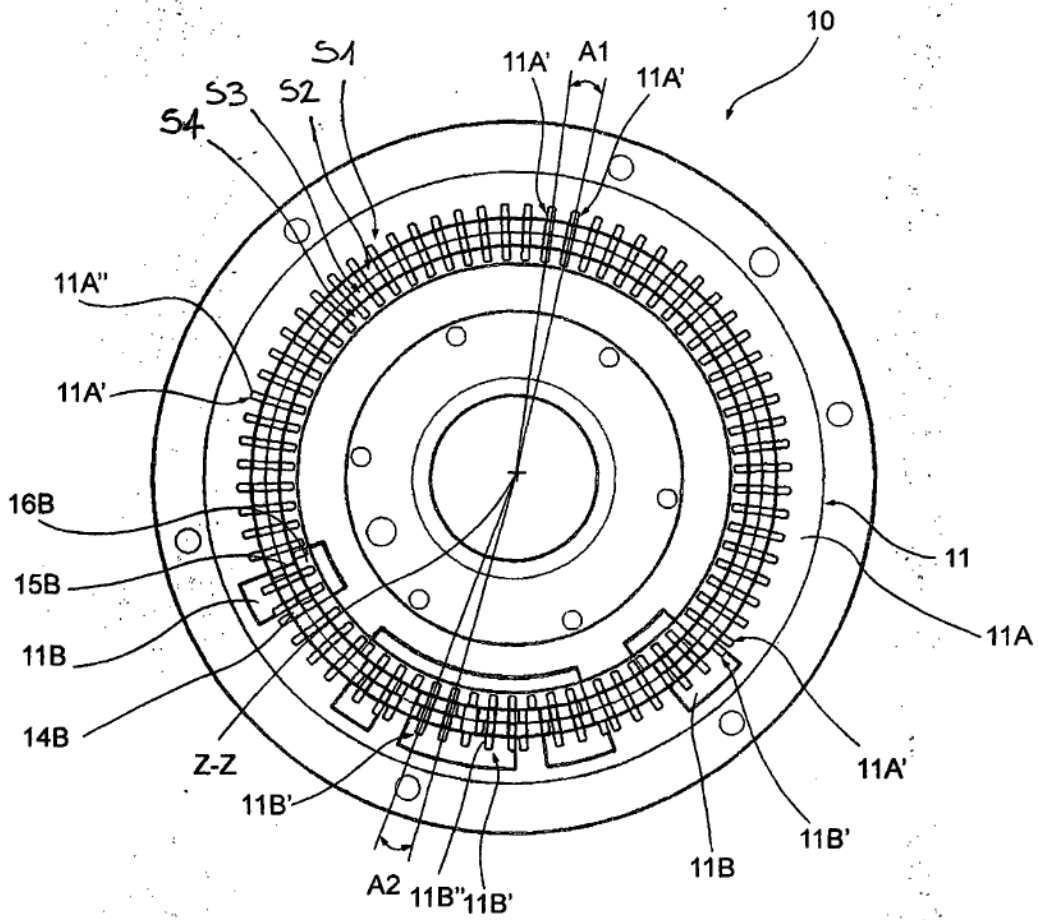


FIG. 4

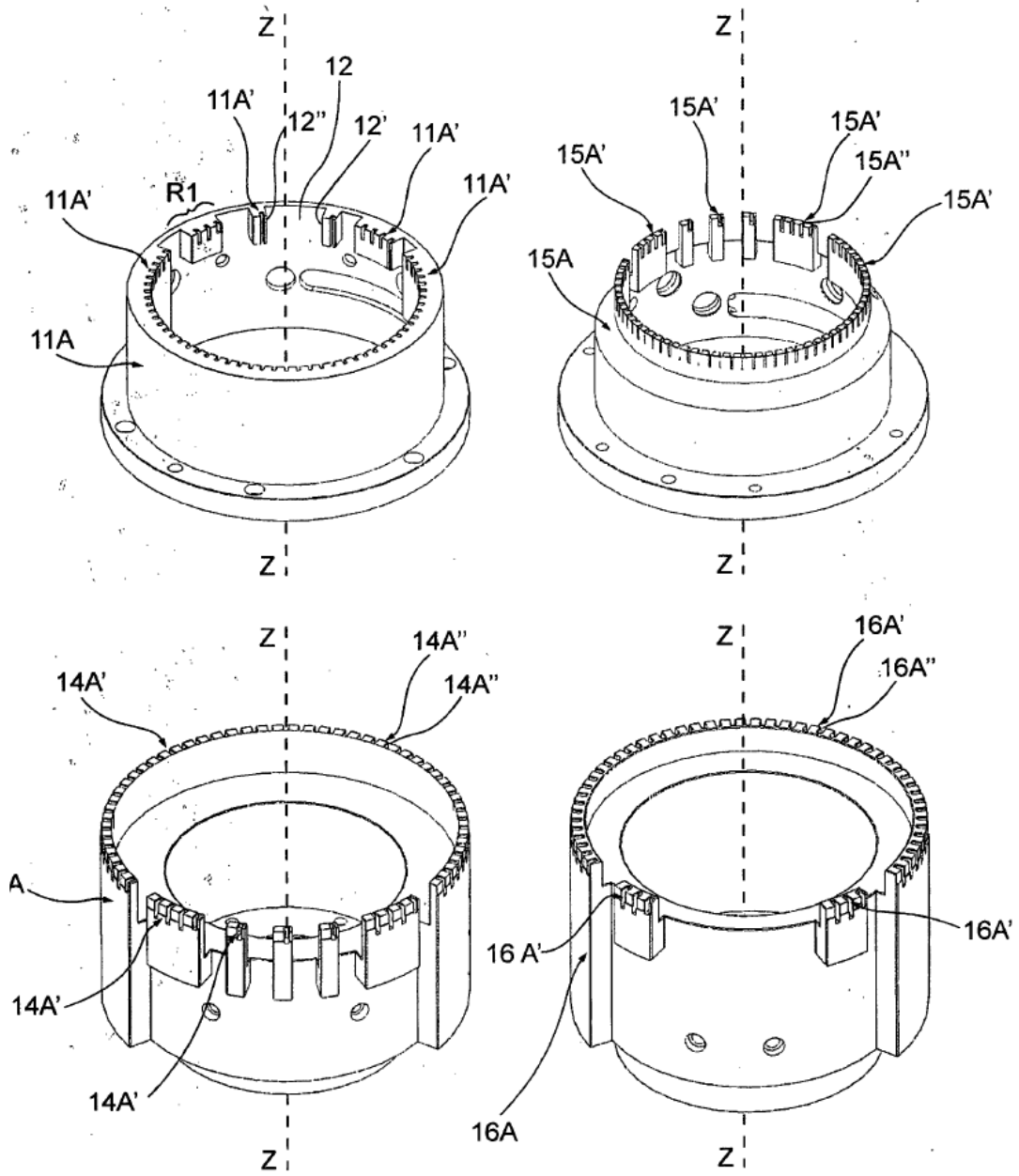


FIG. 5

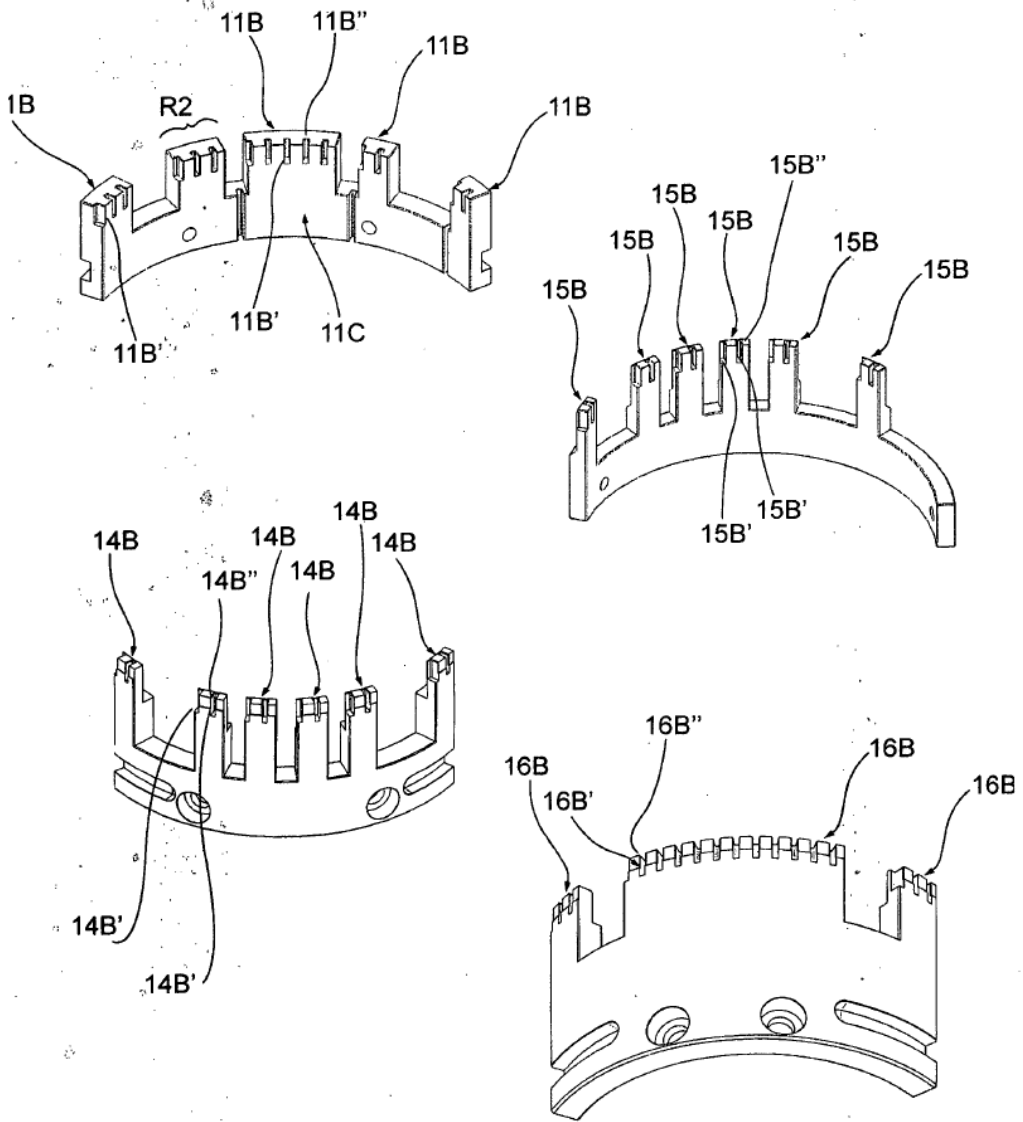


FIG. 6

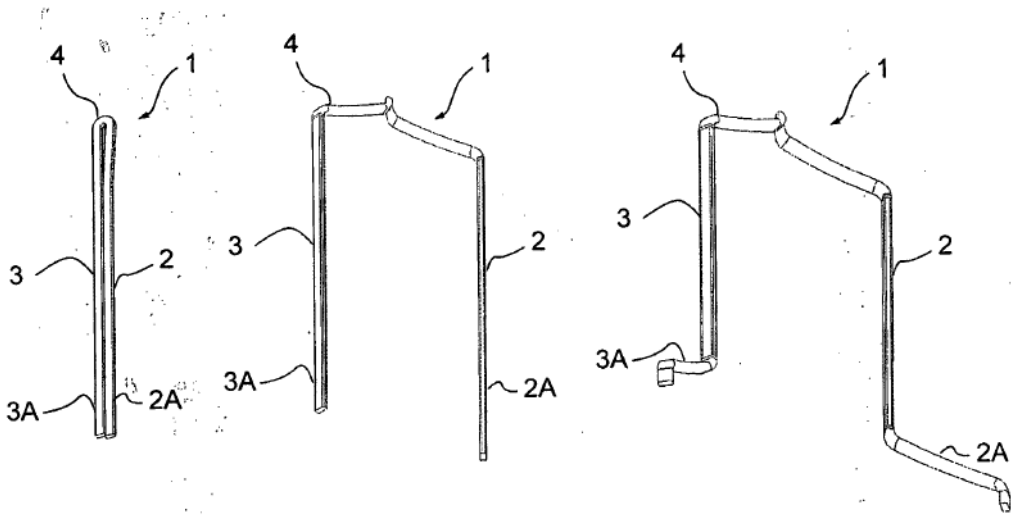


FIG. 7A

FIG. 7B

FIG. 7C

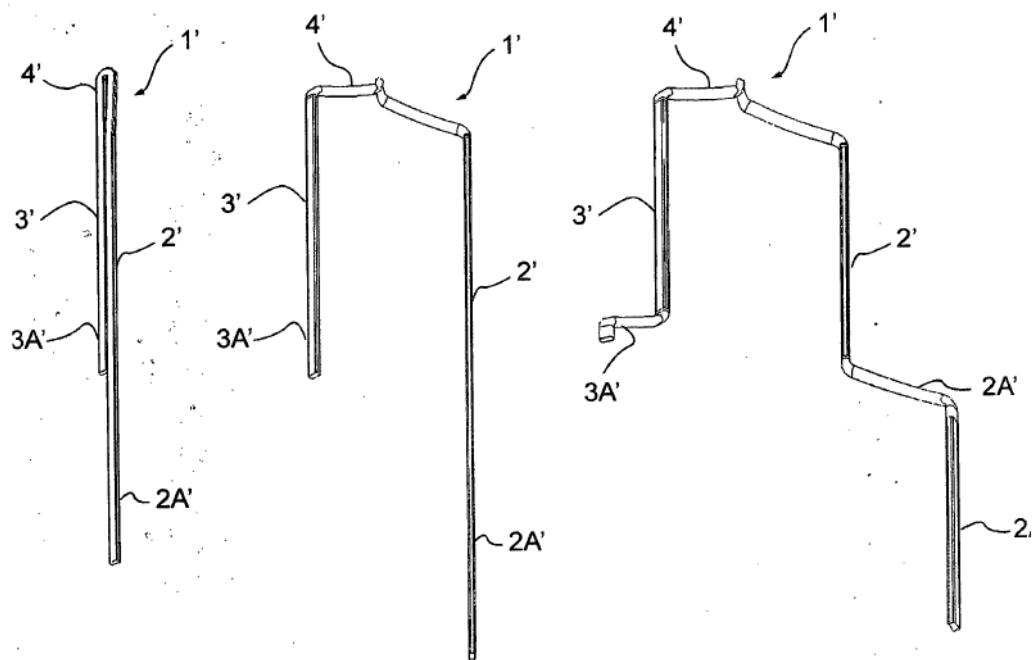


FIG. 8A

FIG. 8B

FIG. 8C

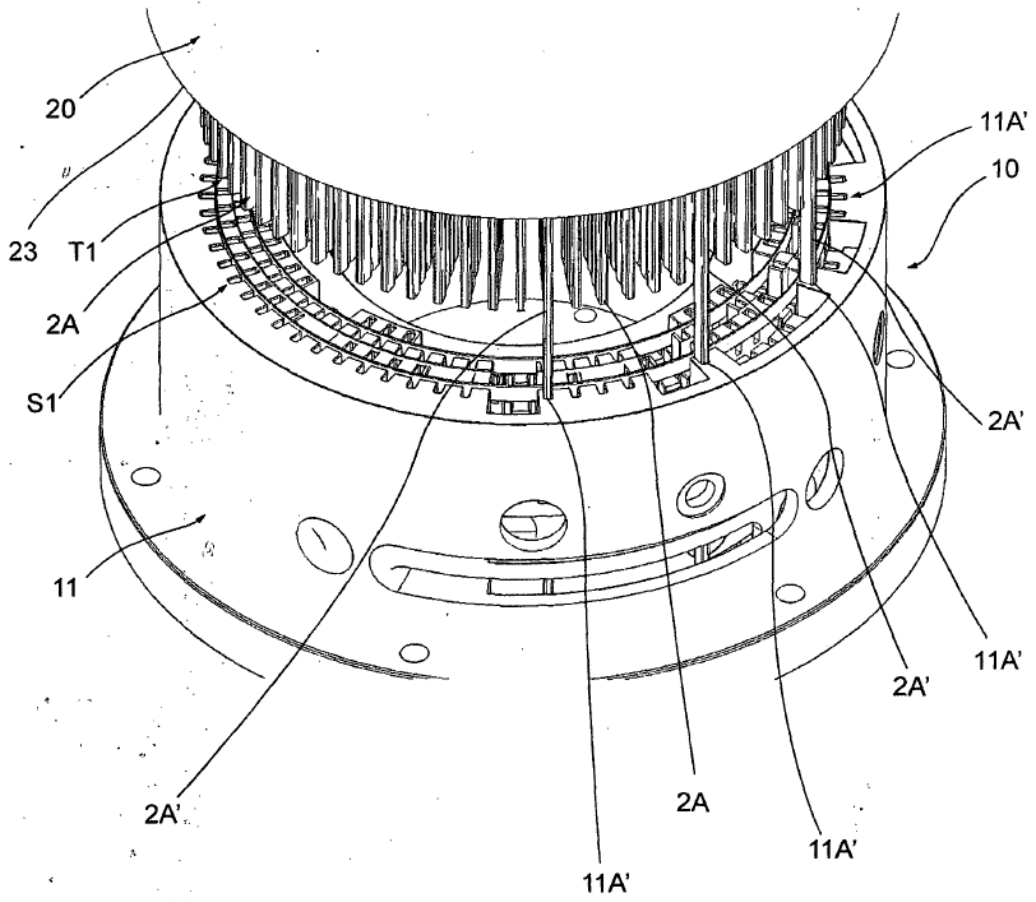


FIG. 9

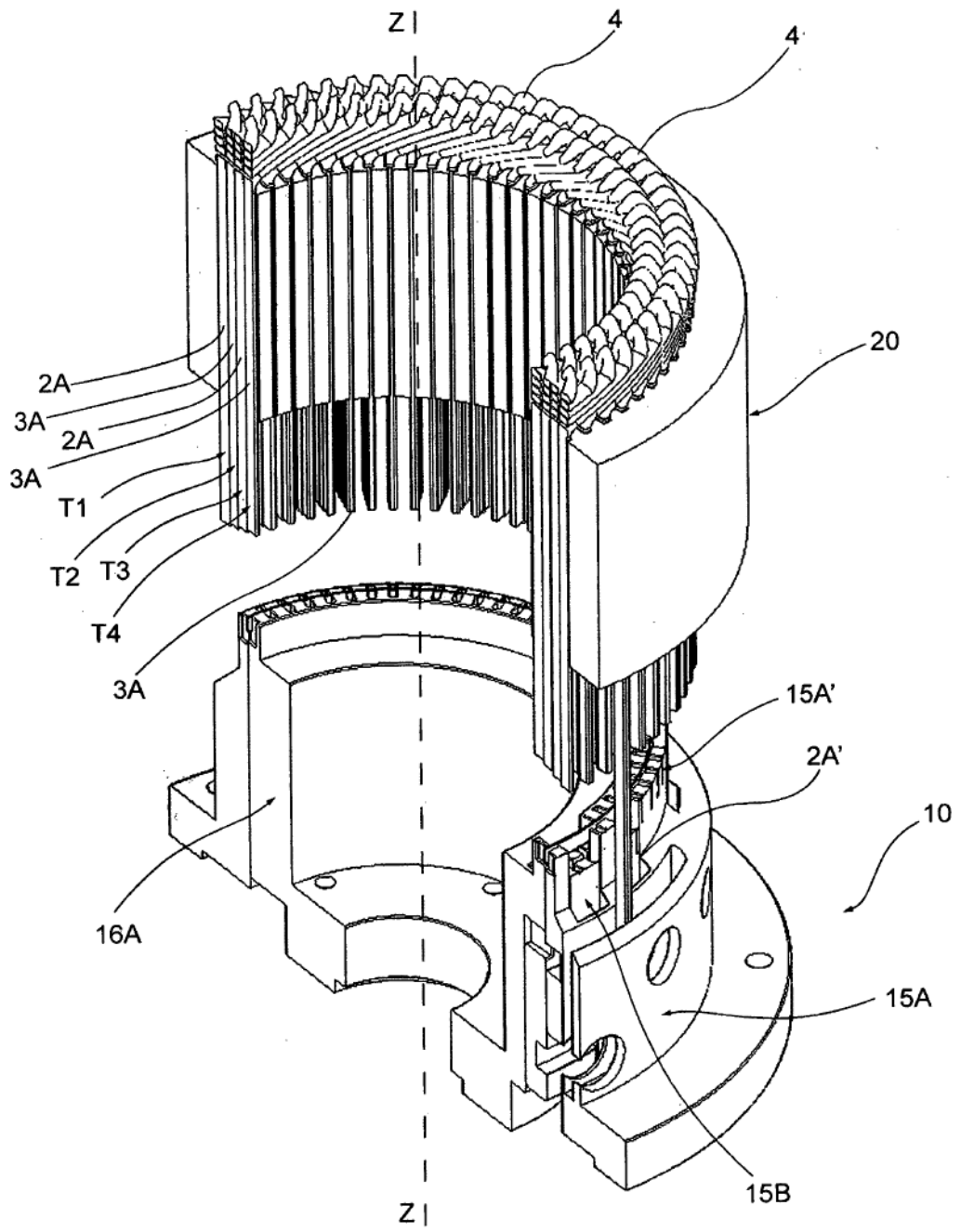


FIG. 10

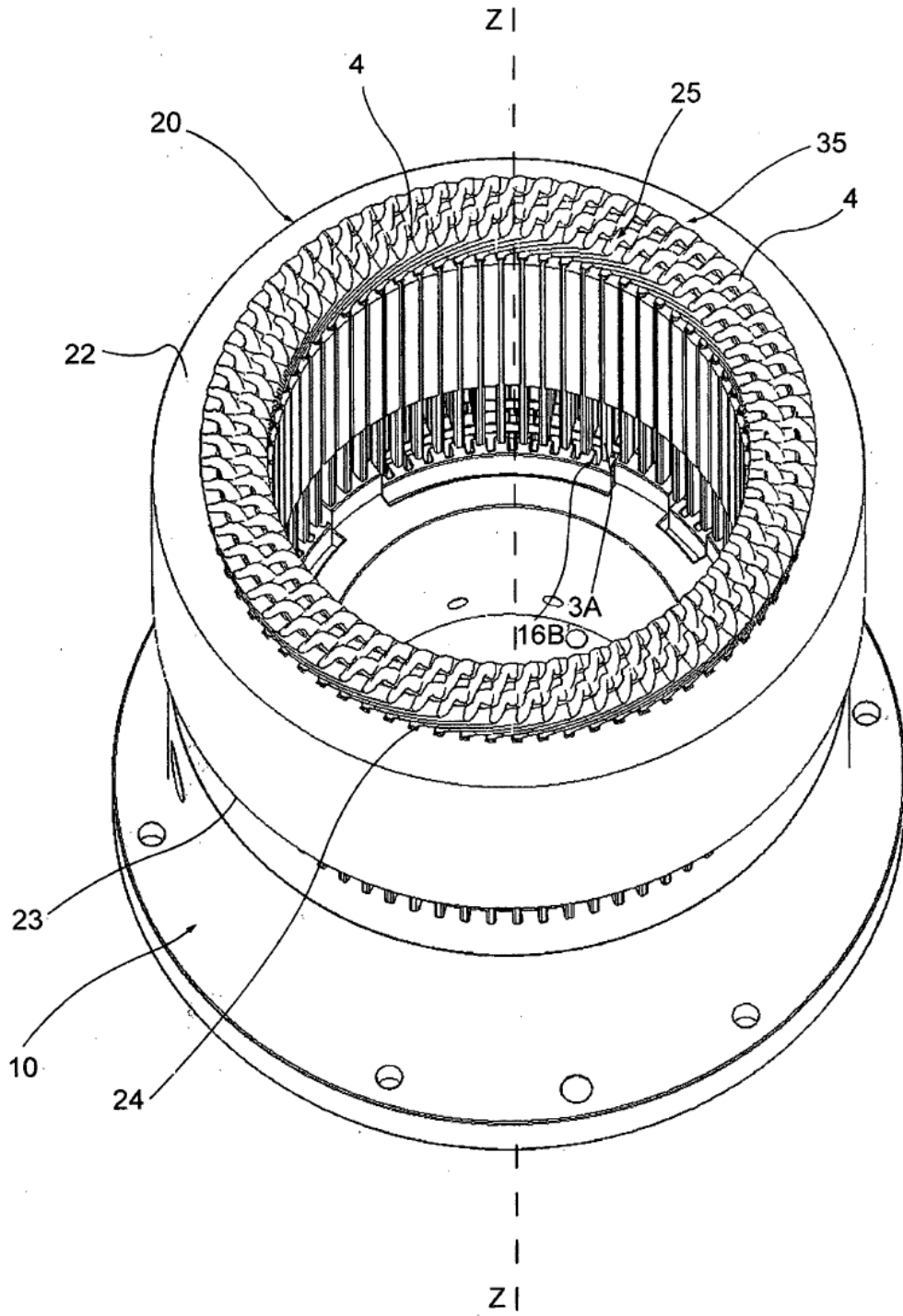


FIG. 11

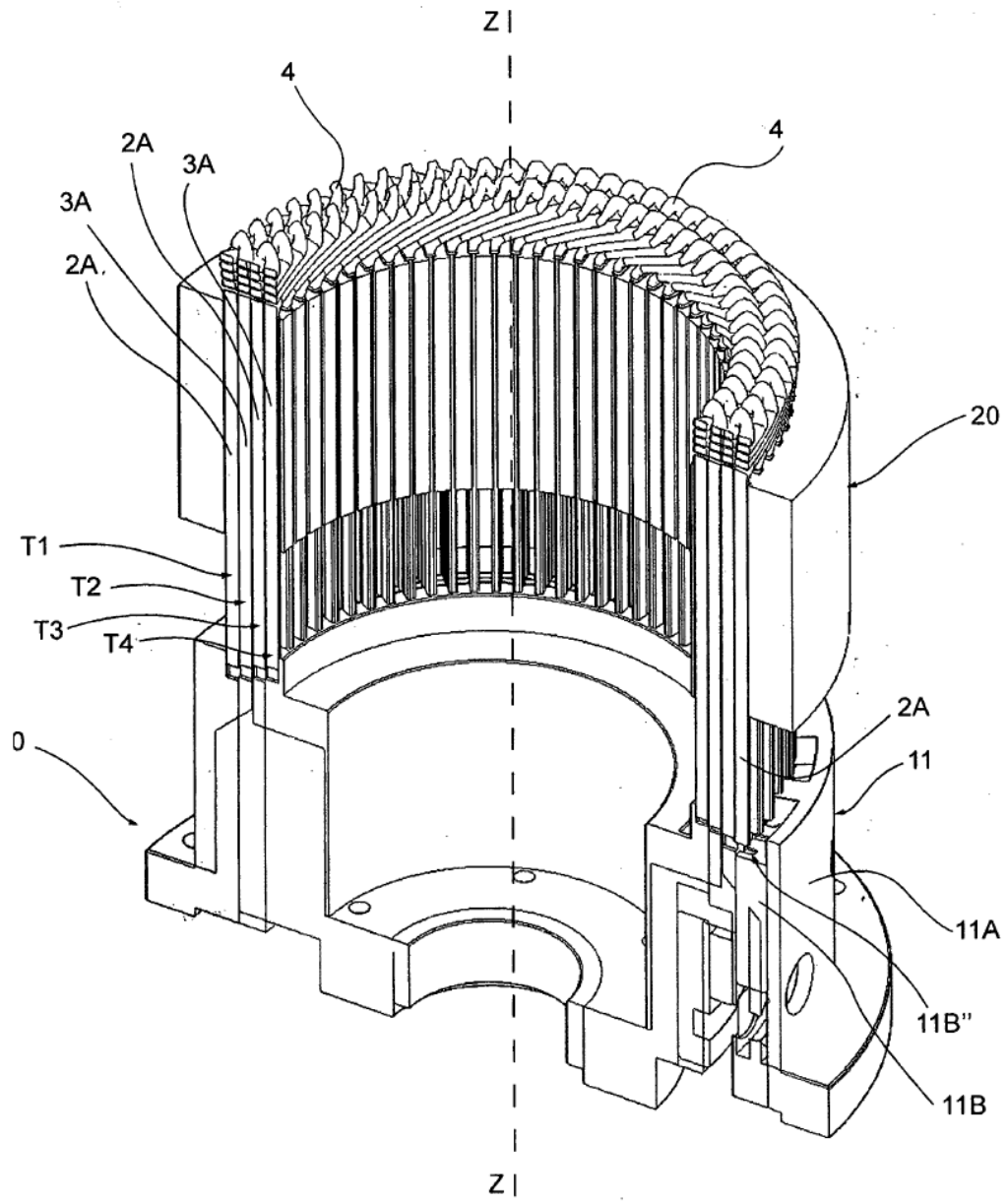


FIG. 12

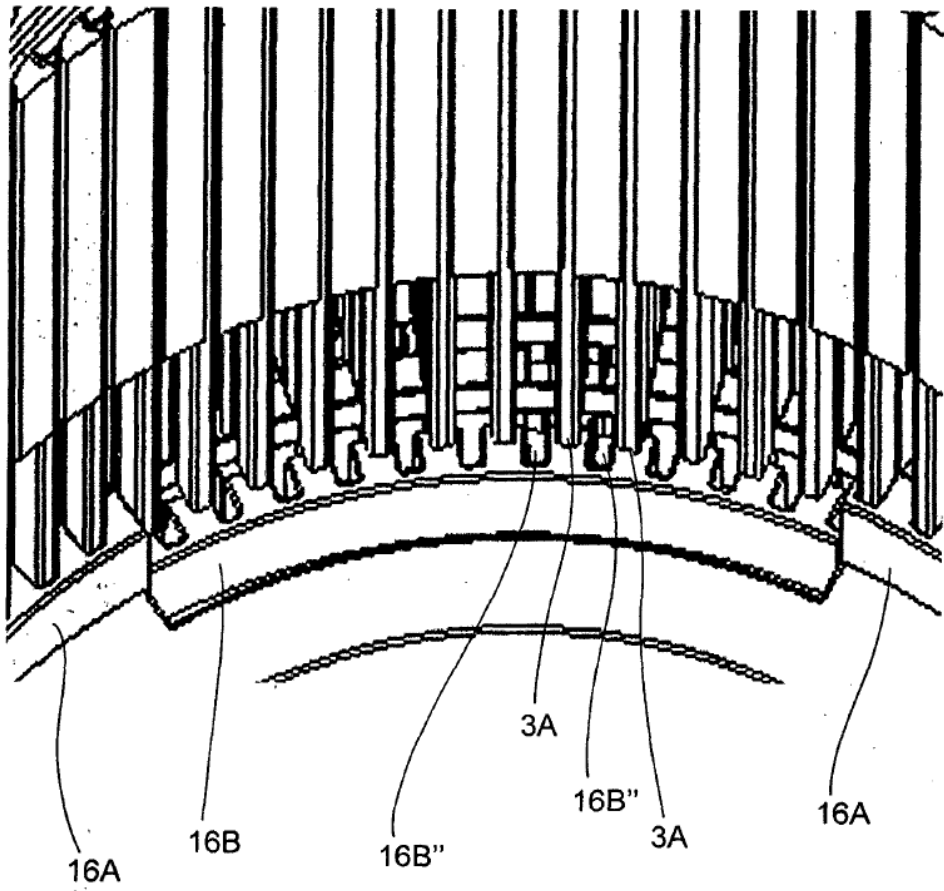


FIG. 13

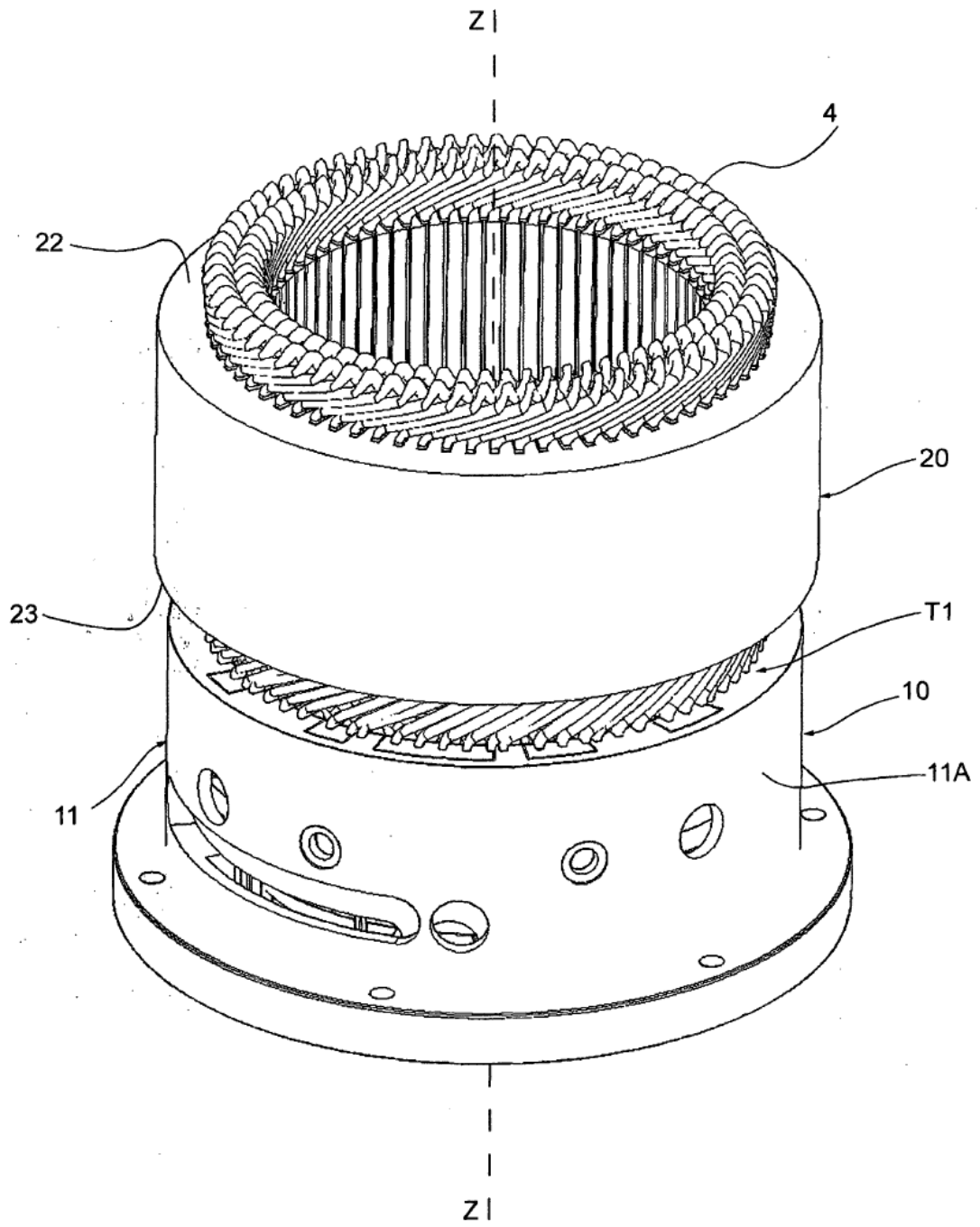


FIG. 14

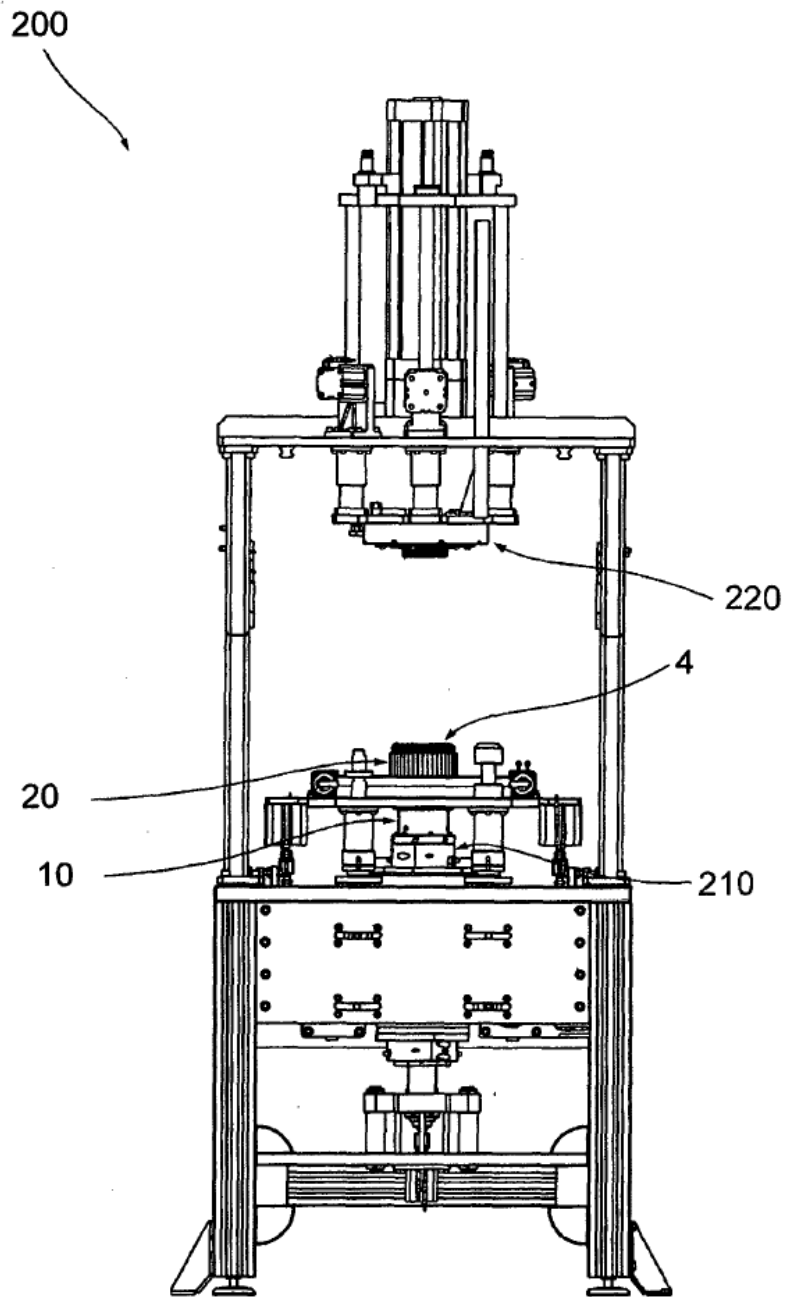


FIG. 15

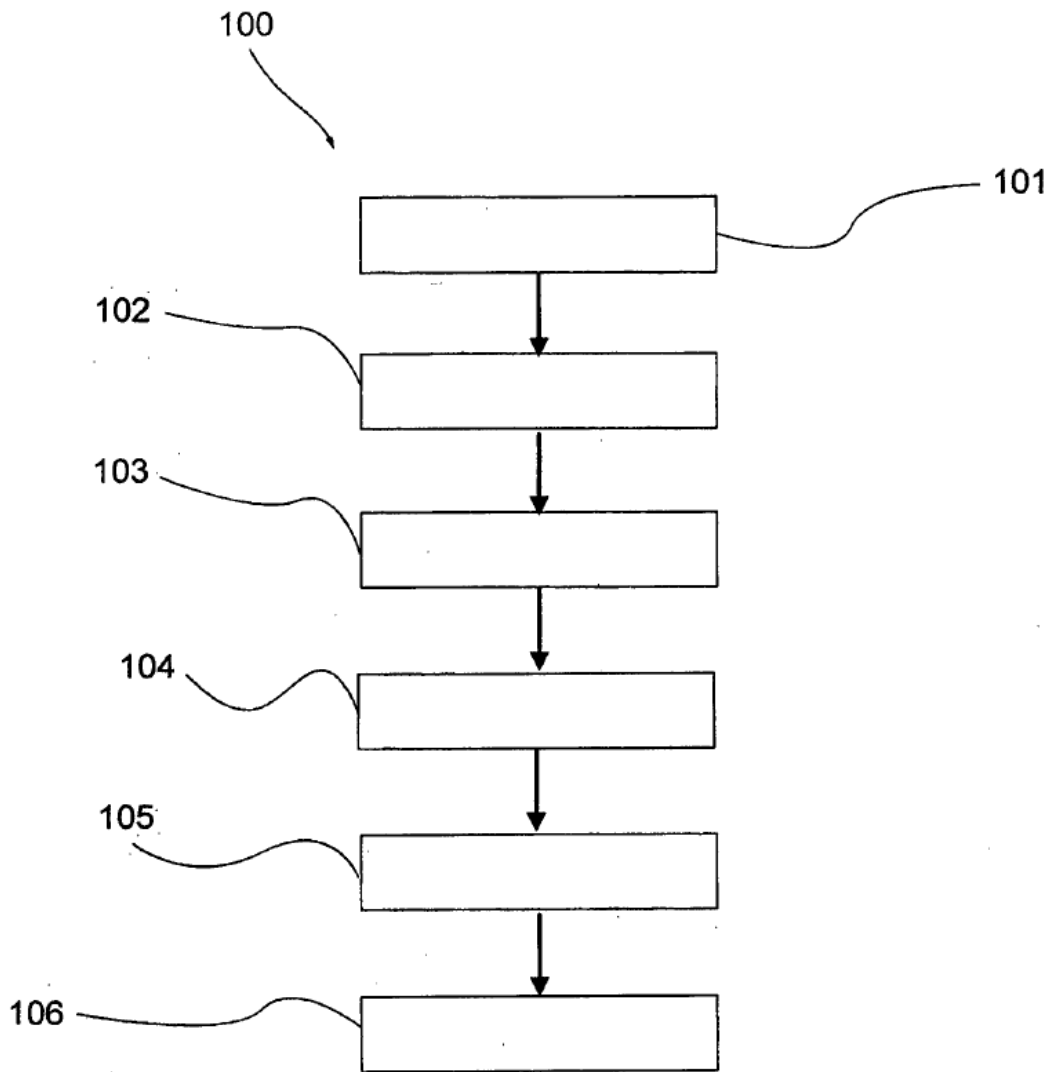


FIG. 16