

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 156**

51 Int. Cl.:

**H02K 3/12** (2006.01)

**H02K 15/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2019** E 19194521 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2024** EP 3787156

54 Título: **Un método y una disposición para producir una bobina de segmento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.11.2024**

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)  
Bruggerstrasse 66  
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**VÄNSKÄ, MATTI;  
STRANDSTRÖM, NIKO y  
METSBERG, HEIKKI**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 985 156 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**

Un método y una disposición para producir una bobina de segmento

5 **Campo**

La invención se refiere a un método y una disposición para producir una bobina de segmento.

**Antecedentes**

10 Las máquinas eléctricas, es decir, los motores eléctricos y los generadores eléctricos se usan en muchas aplicaciones. Los motores eléctricos se usan para accionar diferentes tipos de máquinas y los generadores eléctricos se usan para producir energía eléctrica.

15 Una máquina eléctrica puede comprender un árbol giratorio, un rotor en el árbol, un estator estacionario y un bastidor. El rotor puede estar provisto de un devanado de rotor. El estator puede comprender un núcleo de estator con un devanado de estator.

20 El árbol puede estar soportado mediante cojinetes en placas de extremo, estando dichas placas de extremo unidas al bastidor.

25 Las máquinas eléctricas grandes pueden tener un núcleo de estator hecho de segmentos. Cada segmento de estator puede comprender muescas dirigidas axialmente para las bobinas de estator. Las porciones rectas de las bobinas del estator pueden asentarse en las muescas y las porciones de extremo de las bobinas del estator pueden colocarse en espacios de extremo en la máquina eléctrica. Los espacios de extremo en la máquina eléctrica se proporcionan más allá de ambos extremos axiales del núcleo del estator.

30 Los espacios de extremo pueden estar bastante restringidos, lo que significa que las porciones de extremo de los devanados del estator deben doblarse para encajar en los espacios de extremo limitados. El doblado de las porciones de extremo se puede realizar de diferentes maneras. Una posibilidad es usar tres tipos diferentes de bobinas de segmento de modo que una bobina de segmento tenga extremos rectos, una segunda bobina de segmento tiene extremos de bobina doblados a 45 grados, y una tercera bobina de segmento tiene extremos de bobina doblados a 90 grados.

35 Los métodos de la técnica anterior para producir bobinas de segmento para una máquina eléctrica con espacios de extremo restringidos no son satisfactorios en todos los aspectos.

40 El documento US 2016/0105087 divulga una bobina y un método de fabricación de la bobina. Una bobina plana incluye al menos una primera y segunda capa de bobina que tienen la forma de un anillo y están apiladas, cada una de las capas de bobina primera y segunda incluye un par de porciones lineales enfrentadas entre sí en una primera dirección y un par de porciones de extremo enfrentadas entre sí en una segunda dirección que cruza la primera dirección, y la bobina plana está doblada en al menos una de las porciones de extremo. La bobina plana es una bobina de devanado  $\alpha$  y se dobla hacia la primera capa de bobina desde la segunda capa de bobina. Una primera cara de extremo de la primera capa de bobina en la segunda dirección y una segunda cara de extremo de la segunda capa de bobina en la segunda dirección se colocan en el mismo plano en la porción de extremo que va a doblarse.

50 El documento EP 2 782 224 A1 divulga un método de fabricación de bobina que incluye: una etapa de devanado para formar un devanado que tiene porciones de colocación de ranura esperadas y porciones de colocación de extremo de bobina esperadas; una etapa de formación de protuberancias para formar la porción de colocación de extremo de bobina esperada en una forma sobresaliente; una etapa de formación de manivela para formar una porción con escalones en la porción de colocación de extremo de bobina esperada; una etapa de apertura para formar el devanado de modo que un intervalo entre el par de porciones de colocación de ranura esperadas aumente gradualmente en la dirección de apilamiento de los bucles del conductor; y una etapa de formación de arco para formar un borde de la porción de colocación de extremo de bobina esperada en forma de arco.

55 **Sumario**

60 Un objeto de la presente invención es lograr un método y una disposición mejorados para producir una bobina de segmento.

El método para producir una bobina de segmento de acuerdo con la invención se define en la reivindicación 1.

La disposición para producir una bobina de segmento de acuerdo con la invención se define en la reivindicación 4.

65 El método comprende

producir una pila de bucles de bobina a partir de un conductor eléctrico continuo que comprende al menos un conductor eléctrico con una sección transversal rectangular, teniendo los bucles de bobina dos porciones laterales rectas paralelas que discurren a una distancia entre sí en una dirección longitudinal y dos porciones de extremo curvadas opuestas que conectan los extremos de las porciones laterales,

5 producir la pila de bucles de bobina de modo que disminuya la longitud en la dirección longitudinal de cada bucle de bobina en la pila de bucles de bobina, por lo que se forma una porción de extremo escalonada en cada extremo de la pila de elementos de bobina,

10 doblar la porción de extremo de la pila de bucles de bobina en un ángulo de doblado predeterminado en relación con la dirección longitudinal, por lo que el escalonamiento de los bucles de bobina adyacentes en la porción de extremo de la pila de bucles de bobina se ha determinado de modo que un extremo exterior de la porción de extremo de la pila de bucles de bobina es sustancialmente recto cuando la pila de bucles de bobina se dobla en el ángulo de doblado predeterminado,

15 realizándose el doblado de las porciones de extremo de la pila de bucles de bobina en una prensa dobladora que comprende un primer dispositivo de rodillo soportado a través de un primer árbol en un bastidor estacionario y un segundo dispositivo de rodillo soportado de manera giratoria a través de un segundo árbol en un bastidor oscilante, siendo el primer árbol y el segundo árbol paralelos, estando soportado el bastidor oscilante de manera giratoria en el primer árbol, estando colocada una primera superficie de la pila de bucles de bobina contra el primer dispositivo de rodillo y estando colocada una segunda superficie opuesta de la pila de bucles de bobina contra el segundo dispositivo de rodillo, formando el primer dispositivo de rodillo el radio de doblado interior para la pila de bucles de bobina cuando el bastidor oscilante se voltea alrededor del primer árbol de modo que el segundo dispositivo de rodillo gire sobre la segunda superficie de la pila de bucles de bobina para doblar la pila de bobina bucles.

El método proporciona una forma bastante sencilla de producir bobinas de segmento para una máquina eléctrica.

25 La invención es especialmente adecuada para su uso en grandes máquinas eléctricas, es decir, máquinas eléctricas que tienen una potencia nominal del orden de uno o más megavatios. Tales máquinas eléctricas grandes pueden tener un núcleo de estator hecho de segmentos. Una superficie exterior de cada segmento de estator puede estar provista de muescas que se extienden axialmente que reciben las porciones rectas del devanado de estator. El devanado del estator puede estar formado por bucles de bobina apilados entre sí para formar una bobina de segmento. La bobina puede estar formada por un conductor eléctrico que comprende uno o más conductores con una sección transversal rectangular. El conductor puede estar hecho de un material eléctricamente conductor, p.ej., cobre.

La máquina eléctrica puede ser un generador eléctrico o un motor eléctrico.

### 35 Dibujos

A continuación, la invención se describirá con mayor detalle por medio de realizaciones preferidas con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

40 la figura 1 muestra una vista lateral de una máquina eléctrica,  
la figura 2 muestra una sección transversal de un estator en una máquina eléctrica,  
la figura 3 muestra una ampliación de una porción de extremo derecha del estator de la figura 2,  
la figura 4 muestra una ampliación de una porción de extremo izquierda del estator de la figura 3,  
45 las figuras 5A-5E muestran una bobina de segmento de estator,  
la figura 6 muestra el extremo de una bobina de segmento de estator doblada 45 grados,  
la figura 7 muestra el extremo de una bobina de segmento de estator doblada 90 grados,  
la figura 8 muestra un bucle de bobina,  
la figura 9 muestra el doblado de un conductor,  
50 la figura 10 muestra una primera vista del doblado de una bobina de segmento de estator,  
la figura 11 muestra una segunda vista del doblado de una bobina de segmento de estator,  
la figura 12 muestra una vista del extremo del estator de una máquina eléctrica.

### Descripción detallada

55 La figura 1 muestra una vista lateral de una máquina eléctrica.

La máquina eléctrica 100 puede comprender un eje central longitudinal X-X, un árbol 10, un rotor 20 unido a una porción central del árbol 10, un estator 30 que rodea el rotor 20 y un bastidor 50 que rodea el estator 30. El rotor 20 y el estator 30 pueden ser cilíndricos.

60 Cada extremo del árbol 10 puede soportarse de manera giratoria sobre un cojinete 11, 12. Cada cojinete 11, 12 puede estar soportado en un alojamiento de cojinete en una respectiva placa de extremo 13, 14 de la máquina eléctrica 100. Las placas de extremo 13, 14 pueden unirse a un extremo respectivo del marco 40.

65 El rotor 20 puede estar provisto de un devanado de rotor (no mostrado en la figura).

## ES 2 985 156 T3

El estator 30 puede comprender un núcleo de estator que rodea el rotor 20. El núcleo del estator 30 puede estar provisto de un devanado del estator. La figura muestra únicamente los extremos de devanado 42, 43 del devanado del estator.

5 Hay un espacio de aire G1 entre la superficie exterior del rotor 20 y la superficie interior del estator 30.

El bastidor 50 puede estar soportado sobre una estructura de soporte R en el sitio de instalación de la máquina eléctrica 100.

10 El bastidor 50 tiene una longitud axial L1.

Las placas de extremo 13, 14 pueden unirse con medios de sujeción, p. ej., tornillos al bastidor 50. Los medios de sujeción pueden extenderse en la dirección axial X-X a través de las placas de extremo 13, 14 hasta el extremo del bastidor 50.

15 La máquina eléctrica 100 puede ser un motor eléctrico o un generador eléctrico.

La figura 2 muestra una sección transversal de un estator en una máquina eléctrica, la figura 3 muestra una ampliación de la porción de extremo derecha del estator de la figura 2, y la figura 4 muestra una ampliación de la porción de extremo izquierda del estator de la figura 2.

La figura 2 muestra el núcleo de estator 30 que se extiende en la dirección axial entre los extremos del estator. El núcleo del estator 30 puede estar provisto de muescas que se extienden axialmente que reciben una porción recta de las bobinas del devanado del estator. Las muescas axiales pueden extenderse hacia dentro desde una superficie exterior del núcleo 30 del estator. Las muescas axiales pueden extenderse a lo largo de la longitud L30 del núcleo 30 del estator. Puede haber además espacios de extremo L31, L32 en ambos extremos del núcleo del estator 30 en la máquina eléctrica. Los espacios de extremo L31, L32 pueden recibir los extremos 42A, 42B, 42C, 43A, 43B, 43C del devanado del estator. Los espacios de extremo L31, L32 en los extremos de la máquina eléctrica puede proporcionar solo un espacio limitado para los extremos 42A, 42B, 42C, 43A, 43B, 43C del devanado del estator. Esto puede, p. ej. ser el caso en turbinas eólicas donde los espacios de extremo L31, L32 en la máquina eléctrica podrían estar muy restringidos. Por lo tanto, puede ser un desafío alojar los extremos 42A, 42B, 42C, 43A, 43B, 43C en estos espacios de extremo restringidos L31, L32. El devanado del estator está formado por tres bobinas de estator. Los extremos 42A, 43A de la primera bobina del estator son rectos, los extremos 42B, 43B de la segunda bobina del estator se doblan 45 grados, y los extremos 42C, 43C de la tercera bobina del estator de doblan 90 grados.

La figura 3 muestra el espacio de extremo derecho L31 de la máquina eléctrica. Las dimensiones límite en el espacio de extremo derecho L31 en este ejemplo de máquina eléctrica pueden ser  $A_{10} = 220$  mm y  $B_{10} = 170$  mm. Una distancia mínima H1 desde la parte superior de la bobina hasta el radio exterior del segmento puede ser de 5 mm.

40 El extremo derecho 42A, 42B, 42C del devanado del estator, en este ejemplo de máquina eléctrica debería encajar en estas dimensiones límite.

La figura 4 muestra el espacio de extremo izquierdo L32 de la máquina eléctrica. Las dimensiones límite en el espacio de extremo izquierdo L32 en este ejemplo de máquina eléctrica pueden ser  $A_{20} = 232$  mm,  $B_{20} = 225$  mm. Una distancia mínima H1 desde la parte superior de la bobina hasta el radio exterior del segmento puede ser de 5 mm.

El extremo izquierdo 43A, 43B, 43C del devanado del estator, en este ejemplo de máquina eléctrica debería encajar en estas dimensiones límite.

50 Las figuras 5A-5E muestran una bobina de segmento de estator.

La figura 5A muestra tres bobinas de estator. Cada bobina de estator 40 comprende una porción central 41 y dos porciones de extremo opuestas 42, 43. Las porciones centrales 41 de todas las bobinas del estator son rectas. Las porciones de extremo 42A, 43A de una primera bobina del estator son rectas, las porciones de extremo 42B, 43B de una segunda bobina del estator están dobladas 45 grados, y las porciones de extremo 42C, 43C de una tercera bobina del estator están dobladas 90 grados.

Las dimensiones en la primera porción de extremo derecha 42 de las bobinas del estator pueden ser  $A_{15} = 186,56$  mm,  $B_{15} = 210,23$  mm en este ejemplo de máquina eléctrica.

Las dimensiones en la porción de extremo izquierda 43 de las bobinas del estator pueden ser  $A_{25} = 228,94$  mm,  $B_{25} = 211,44$  mm en este ejemplo de máquina eléctrica.

Estas dimensiones están dentro de las condiciones límite en los extremos de la máquina eléctrica mostrada en las figuras 3 y 4.

## ES 2 985 156 T3

La figura 5B muestra una pila de bucles de bobina en la segunda bobina del estator apilados unos sobre otros de manera escalonada.

5 La dimensión  $T = 94$  mm designa el espesor de toda la pila de elementos de bobina, incluido el aislamiento de los elementos de bobina. El ángulo de inclinación  $\beta_{30} = 53$  grados designa la inclinación de la pila escalonada de elementos de bobina.

La figura 5C muestra una pila de bucles de bobina en la tercera bobina del estator apilados unos sobre otros de manera escalonada.

10 La dimensión  $T_1 = 4,7$  mm designa el espesor de un elemento de bobina que incluye el aislamiento del elemento de bobina. El número  $N$  de elementos de bobina puede ser 20 en la pila de elementos de bobina. El ángulo de inclinación  $\beta_{31} = 34$  grados designa la inclinación de la pila escalonada de elementos de bobina.

15 La figura 5D muestra una pila de bucles de bobina en la segunda bobina del estator apilados unos sobre otros de manera escalonada.

La dimensión  $d_{30} = 3,69$  mm designa el escalonamiento de los bucles de bobina en la pila de bucles de bobina.

20 La figura 5E muestra una pila de bucles de bobina en la tercera bobina del estator apilados unos sobre otros de manera escalonada.

La dimensión  $d_{31} = 7,38$  mm designa el escalonamiento de los bucles de bobina en la pila de bucles de bobina.

25 La figura 6 muestra el extremo de una bobina de segmento de estator doblada a 45 grados y la figura 7 muestra el extremo de una bobina de segmento de estator doblada a 90 grados.

El cálculo del escalonamiento de los bucles de bobina en la pila de bucles de bobina se ejemplificará con referencia a estas figuras.

30 La pila de bucles de bobina puede doblarse en un ángulo  $\alpha = 45$  grados o 90 grados como se muestra en el ejemplo de las figuras. El radio de doblado  $R_1$  de la superficie inferior del bucle de bobina de más abajo en la pila de bucles de bobina es en este ejemplo de 25 mm. El espesor de la pila de bucles de bobina es  $T = 94$  mm. El radio de doblado  $R_2$  de la superficie superior del bucle de bobina de más arriba en la pila de bucles de bobina es  $R_2 = R_1 + T$ .  $C_0$  designa el centro de los radios de doblado  $R_1$  y  $R_2$ .

35

La longitud del arco interno  $E_1$  en la pila de bucles de bobina es:

$$E_1 = \frac{\alpha}{360} * 2 * R_1 * \pi$$

40

La longitud del arco exterior  $E_2$  en la pila de bucles de bobina es:

$$E_2 = \frac{\alpha}{360} * 2 * (R_1 + T) * \pi$$

45 La diferencia de longitud entre el arco exterior  $E_2$  y el arco interior  $E_1$  en la pila de bucles de bobina es:

$$E_2 - E_1 = \frac{\alpha}{360} * 2 * \pi * T$$

El escalonamiento  $d$  entre bucles de bobina adyacentes en la pila de bucles de bobina que contiene  $N$  bucles de bobina es, por lo tanto:

50

$$d = (E_2 - E_1)/N = \left(\frac{\alpha}{360} * 2 * \pi * T\right)/N$$

El escalonamiento  $d$  entre bucles de bobina adyacentes en la pila de bucles de bobina que contiene  $N = 20$  bucles de bobina con un espesor total  $T = 94$  mm es de 3,69 mm cuando el ángulo de doblado  $\alpha$  es de 45 grados y de 7,48 mm cuando el ángulo de doblado  $\alpha$  es de 90 grados.

55

El ángulo de inclinación  $\beta$  de la pila de bucles de bobina mostrados en las figuras 5B y 5C designados como ángulos de inclinación  $\beta_{30}$  y  $\beta_{31}$  se puede calcular de la siguiente manera:

60

$$\beta = \arctan \left( \frac{T}{E2 - E1} \right)$$

5 El ángulo de inclinación  $\beta_{30}$  con un ángulo de doblado de 45 grados de la pila de bucles de bobina es, por lo tanto, de 34 grados y el ángulo de inclinación  $\beta_{31}$  con un ángulo de doblado de 90 grados de la pila de bucles de bobina es, por lo tanto, de 53 grados.

La longitud de los bucles de bobina A40, A41 después del doblado debe ser de 92 mm o menos en la bobina de 90 grados y de 115 mm o menos en la bobina de 45 grados.

10 La figura 8 muestra un bucle de bobina.

15 Un conductor eléctrico 310 se dobla en un bucle de bobina 300. El conductor eléctrico 310 puede estar formado por dos elementos conductores eléctricos 311, 312. Los dos conductores eléctricos 311, 312 pueden anidarse de modo que discurren en un primer plano común P1. Cada uno de los dos conductores eléctricos 311, 312 puede tener una sección transversal rectangular. La dimensión de cada conductor eléctrico 311, 312 puede ser  $10 * 4,35$  mm en este ejemplo de realización. El lado más largo del rectángulo puede asentarse contra un primer plano P1.

20 La bobina 300 puede, sin embargo, estar formada por un conductor eléctrico 310 que comprende solo un elemento conductor o más de dos elementos conductores. Por lo tanto, la bobina 300 puede estar formada por un conductor eléctrico 310 que comprende al menos un elemento conductor.

25 El bucle de bobina 300 puede tener dos porciones laterales rectas paralelas F1, F2 que discurren a una distancia entre sí en una dirección longitudinal y dos porciones de extremo curvadas opuestas F3, F4 que conectan los extremos de las porciones laterales F1, F2 en un bucle de bobina 300. Las porciones laterales F1, F2 y las porciones de extremo F3, F4 pueden discurrir en el primer plano P1. La curva de las porciones de extremo F3, F4 puede estar formada por un semicírculo.

30 El bucle de bobina 300 tiene una longitud L10 en la dirección longitudinal L y una anchura W1 en una dirección transversal. La dirección longitudinal L está determinada por la dirección longitudinal de las porciones laterales rectas F1, F2 del bucle de bobina 300. Las porciones rectas F1, F2 del bucle de bobina 300 tienen una longitud L11 en la dirección longitudinal L. Las porciones de extremo curvadas F3, F4 tienen una longitud L12, L13 en la dirección longitudinal.

35 El bucle de bobina 300 puede producirse de modo que la longitud L10 del bucle de bobina 300 en una pila de bucles de bobina 300 varíe. La longitud L10 de los bucles de bobina 300 puede variar de modo que la longitud de un escalón entre bucles de bobina 300 adyacentes en la pila 400 de bucles de bobina 300 permanece constante en toda la pila 400 de bucles de bobina 300. La longitud del escalón se mide en la dirección longitudinal L de los bucles de bobina 300. La longitud del escalón se mide entre los puntos más exteriores en la dirección longitudinal L de las porciones de extremo curvadas de los bucles de bobina 300. Un escalonamiento predeterminado de los bucles de bobina 300 en las porciones de extremo F3, F4 de la pila de bucles de bobina 300 se puede lograr de esta manera.

40 La pila de bucles de bobina 300 puede producirse a partir de un conductor continuo 310 doblándose de modo que se forme una pila de bucles de bobina 300 con un escalonamiento deseado entre bucles de bobina adyacentes 300 en las porciones de extremo F3, F4 de la pila bucles de bobina 300.

45 La figura 9 muestra el doblado de un conductor.

50 La figura muestra un dispositivo de doblado manual 200 para doblar un conductor 310. El conductor 310 puede estar formado por dos elementos conductores 311, 312 colocados de manera anidada en un plano común. La sección transversal de cada elemento conductor 311, 312 puede ser sustancialmente rectangular. El lado más largo del rectángulo puede colocarse en el plano. El radio de doblado del conductor 310 puede ser de 55 mm.

55 El dispositivo de doblado manual 200 puede usarse para doblar el conductor 310 en un solo bucle de bobina 300 a la vez. El dispositivo de doblado 200 puede comprender dos placas de guía paralelas 210, un soporte 220 y un tope trasero 230. El tope trasero 230 puede estar unido a una parte de marco giratoria 240. La parte de bastidor giratorio 240 puede girar alrededor de un punto de pivote P1. Las dos placas de guía paralelas 210 y el soporte 220 son estacionarios. La parte de bastidor giratorio 240 se muestra en la posición de extremo en la figura, es decir, en la posición después de doblar el conductor 310. La parte de bastidor giratorio 240 puede girarse 180 grados en el sentido contrario a las agujas del reloj para alcanzar la posición de inicio. El soporte 220 puede comprender una placa inferior y una barra superior. La barra superior puede estar unida con pernos de bloqueo 221 a la placa inferior.

60 Puede haber una superficie curvada entre las placas de guía 210 que tiene un radio de doblado deseado, p.ej., 55 mm en este ejemplo. El tope trasero 230 puede ser de un material que permita el deslizamiento del tope trasero 230 sobre el conductor 310. El soporte 220 sujeta el conductor 310 en su lugar durante el doblado.

Los pernos de bloqueo 221 y la barra superior pueden retirarse primero del soporte 220, después de lo cual el conductor 310 puede colocarse en el soporte 220 en la placa inferior. La barra superior puede unirse posteriormente con los pernos de bloqueo 221 al soporte 220. Los pernos de bloqueo 221 pueden apretarse cuando el conductor 300 esté en la posición correcta en el soporte 220. La parte de bastidor giratorio 240 está en la posición de inicio cuando el conductor 300 se coloca en el soporte 220. El bastidor giratorio 240 puede girarse a continuación en el sentido de las agujas del reloj 180 grados hasta la posición final, por lo que el conductor 300 se doblará alrededor de la superficie curvada entre las dos placas de guía 210. El tope trasero 230 se deslizará sobre la superficie exterior del conductor 310 durante esta operación de doblado.

El conductor 310 puede estar formado por dos elementos conductores 311, 312. Cada uno de los dos elementos conductores 311, 312 puede estar provisto de un aislamiento eléctrico propio. El elemento conductor externo 311 y el elemento conductor interno 312 pueden estar así aislados eléctricamente entre sí.

Cada bucle de bobina 300 en una pila de bucles de bobina 300 puede doblarse uno a la vez con el dispositivo de doblado manual 200. La pila de bucles de bobina 300 puede producirse en un proceso continuo de modo que los puntos de doblado se colocan a una distancia entre sí para lograr el escalonamiento deseado en los extremos opuestos de la pila de bucles de bobina 300. Por lo tanto, es posible producir manualmente una pila de bucles de bobina 300 en la que las porciones de extremo F3, F4 de los bucles de bobina 300 están escalonados de una manera deseada con el dispositivo de doblado 200.

El proceso de doblado de los bucles de bobina 300 en la pila de bucles de bobina 300 puede automatizarse naturalmente de modo que los bucles de bobina 300 en la pila de bucles de bobina 300 se produzcan de manera continua con un proceso automatizado. Puede usarse cualquier método de la técnica anterior adecuado para doblar bucles de bobina 300 en la forma mostrada en la figura 8 para producir la pila de bucles de bobina 300 en la que hay un escalonamiento entre cada bucle de bobina 300 en la pila de bucles de bobina 300 en las porciones de extremo F3, F4 de la pila de bucles de bobina 300.

La figura 10 muestra una primera vista del doblado de una bobina de segmento de estator.

La figura muestra un extremo de una pila 400 de bucles de bobina 300, por lo que cada uno de los bucles de bobina 300 en la pila 400 de bucles de bobina 300 se ha doblado en una etapa anterior mostrada en la figura 9 en un bucle de bobina como se muestra en la figura 8. El conductor 310 en el bucle de bobina 300 puede estar formado por dos elementos conductores, es decir, un elemento conductor externo 311 y un elemento conductor interno 312. El elemento conductor externo 311 y el elemento conductor interno 312 pueden colocarse en un primer plano común.

Los bucles de bobina 300 se han dispuesto en la pila 400 de bucles de bobina 300 de modo que se consiga el escalonamiento deseado d entre cada bucle de bobina 300 en la pila 400 de bucles de bobina 300.

La pila 400 de bucles de bobina 300 puede doblarse en una prensa dobladora 500. La pila 400 de bucles de bobina 300 puede doblarse en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal L de la pila de bucles de bobina 300.

La prensa dobladora 500 puede comprender un bastidor principal 570 que soporta los dispositivos en la prensa dobladora.

La prensa dobladora 500 puede comprender un primer dispositivo de rodillo 510 y un segundo dispositivo de rodillo 520. El primer dispositivo de rodillo 510 puede formar un dispositivo de rodillo superior y el segundo dispositivo de rodillo 520 puede formar un dispositivo de rodillo inferior. El primer dispositivo de rodillo 510 puede estar formado por dos rodillos paralelos separados conectados con un árbol. El segundo dispositivo de rodillo 520 también puede estar formado por dos rodillos paralelos separados conectados con un árbol. Cada uno de los rodillos en el primer dispositivo de rodillo 510 y en el segundo dispositivo de rodillo 520 actúa sobre una rama respectiva de la pila 400 de bucles de bobina 300.

La pila 400 de bucles de bobina 300 puede colocarse en la prensa dobladora 500 de modo que una primera superficie 410 de la pila 400 de bucles de bobina 300 se asiente contra el primer dispositivo de rodillo 510 y una segunda superficie 420 de la pila 400 de bucles de bobina 300 se asiente contra el segundo dispositivo de rodillo 520. La longitud L10 de los bucles de bobina 300 en la pila 400 de bucles de bobina 300 está disminuyendo desde la segunda superficie 420 hacia la primera superficie 410 en la pila 400 de bucles de bobina 300. La longitud L10 puede disminuir linealmente en la pila 400 de bucles de bobina 300. La disminución en la longitud L10 puede realizarse en las porciones rectas F1, F2 de los bucles de bobina 300. Las porciones curvadas F3, F4 de cada bucle de bobina 300 puede ser idénticas.

El primer dispositivo de rodillo 510 puede estar soportado en un bastidor estacionario 530. El bastidor estacionario 530 puede comprender dos brazos de soporte estacionarios. Un primer árbol 551 puede pasar a través del primer dispositivo de rodillo 510 y a través de los brazos de soporte en el bastidor estacionario. Por lo tanto, el primer dispositivo de rodillo 510 puede soportarse a través del primer árbol 551 en el bastidor estacionario 530. El primer

dispositivo de rodillo 510 puede colocarse entre los brazos de soporte del bastidor estacionario 530. El bastidor estacionario 530 puede soportarse en el bastidor principal 570 de la prensa dobladora 500.

5 El segundo dispositivo de rodillo 520 puede soportarse en un bastidor oscilante 540. El bastidor oscilante 540 puede comprender dos brazos oscilantes. Un extremo superior de los brazos oscilantes puede soportarse de manera giratoria en un extremo exterior del primer árbol 551. Los dos brazos oscilantes en el bastidor oscilante 540 pueden colocarse axialmente fuera de los dos brazos de soporte en el bastidor estacionario 530. El segundo dispositivo de rodillo 520 puede colocarse entre los brazos oscilantes del bastidor oscilante 540.

10 Un segundo árbol 552 puede pasar a través del segundo dispositivo de rodillo 520 y a través de los brazos oscilantes del bastidor oscilante 540. El segundo dispositivo de rodillo 520 puede soportarse de manera giratoria en el segundo árbol 552. Los brazos oscilantes del bastidor oscilante 540 pueden soportarse de manera giratoria en los extremos exteriores del primer árbol 551.

15 El primer dispositivo de rodillo 510 comprende en esta realización dos rodillos, es decir, un rodillo para cada rama de la pila de elementos de bobina. El primer dispositivo de rodillo 510 puede, sin embargo, estar formado por un único cilindro que se extiende sobre ambas ramas de la pila de elementos de bobina. El diámetro del primer dispositivo de rodillo 510 puede ser  $2 * R1 = 50$  mm. El primer dispositivo de rodillo 510 puede ser estacionario, es decir, no giratorio.

20 El segundo dispositivo de rodillo 520 comprende en esta realización dos rodillos, es decir, un rodillo para cada rama de la pila de elementos de bobina. El segundo dispositivo de rodillo 520 puede, sin embargo, estar formado por un único cilindro que se extiende sobre ambas ramas de la pila de elementos de bobina.

25 El primer árbol 551 y el segundo árbol 552 son paralelos.

El bastidor oscilante 540 puede hacerse funcionar por un accionador de pistón-cilindro 560. El accionador de pistón-cilindro 560 puede proporcionar la fuerza necesaria para girar el bastidor oscilante 540 alrededor del primer árbol 551 de modo que la pila de elementos de bobina 40 pueda doblarse a un ángulo de doblado deseado.

30 La figura 11 muestra una segunda vista del doblado de una bobina de segmento de estator.

La figura muestra una bobina de segmento de estator, por lo que el extremo de la bobina de segmento de estator que se ha doblado se enrolla en un ángulo de 45 grados.

35 Cada elemento conductor 311, 312 en el conductor 310 está aislado eléctricamente por separado. Los dos elementos conductores 311, 312 están así eléctricamente aislados entre sí.

40 La pila 400 de bucles de bobina 300 se aislará adicionalmente después de que se haya realizado el doblado de las porciones de extremo F3, F4.

Las porciones rectas F1, F2 de la pila 400 de bucles de bobina 300 se colocará en las muescas axiales en el núcleo del estator. Las porciones de extremo F3, F4 de la pila 400 de bucles de bobina 300 se colocarán en los espacios de extremo L31, L32 en la máquina eléctrica.

45 El accionador de pistón-cilindro 560 puede conectarse a través de un árbol 561 al bastidor oscilante 540.

La figura muestra también una parte del bastidor principal 570.

50 La figura 12 muestra una vista del extremo del estator de una máquina eléctrica.

La figura muestra una porción de un segmento del núcleo del estator con los devanados del estator. Las porciones de extremo 42A, 42B, 42C de las tres pilas de bucles de bobina de estator sobresalen de los extremos axiales del segmento del estator. Las porciones rectas de los bucles de la bobina del estator discurren en las muescas del núcleo del estator 30.

55 El conductor 310 del que se ha producido la pila 400 de bucles de bobina 300 que forman la bobina de segmento forma un bucle cerrado con dos extremos abiertos que sobresalen en uno de los espacios de extremo L31, L32 de la máquina eléctrica. Los extremos abiertos se pueden conectar a través de anillos de conexión de extremo a otras pilas de bucles de bobina en la máquina eléctrica.

60 Las figuras muestran solo un ejemplo de una bobina de segmento de un estator de una máquina eléctrica. El ejemplo está relacionado con una gran máquina eléctrica que tiene una potencia de varios MW.

65 El método inventivo para producir una bobina de segmento no se limita de ninguna manera al ejemplo descrito en las figuras. El método inventivo se puede aplicar a cualquier bobina de segmento formada por bucles de bobina. El ángulo de doblado  $\alpha$  en el ejemplo de las figuras es de 45 grados y 90 grados. El ángulo de doblado  $\alpha$  puede ser, naturalmente,

cualquier ángulo mayor que 0 grados.

5 Para un experto en la materia resultará evidente que, a medida que avanza la tecnología, el concepto inventivo se puede implementar de diversas maneras. La invención y sus realizaciones están limitadas por el alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para producir una bobina de segmento para una máquina eléctrica, comprendiendo el método

5 producir una pila (400) de bucles de bobina (300) a partir de un conductor eléctrico continuo (310) que comprende al menos un elemento conductor eléctrico (311, 312) con una sección transversal rectangular, teniendo los bucles de bobina (300) dos porciones laterales rectas paralelas (F1, F2) que discurren a una distancia entre sí en una dirección longitudinal (L) y dos porciones de extremo curvadas opuestas (F3, F4) que conectan los extremos de las porciones laterales (F1, F2),  
 10 producir la pila (400) de bucles de bobina (300) de modo que disminuya una longitud (L10) en la dirección longitudinal (L) de cada bucle de bobina (300) en la pila (400) de bucles de bobina (300), por lo que una porción de extremo escalonada (F3, F4) se forma en cada extremo de la pila (400) de elementos de bobina (300), doblando la porción de extremo (F3, F4) de la pila (400) de bucles de bobina (300) en un ángulo de doblado predeterminado ( $\alpha$ ) en relación con la dirección longitudinal (L), por lo que el escalonamiento (d) de los bucles de bobina adyacentes (300) en la porción de extremo (F3, F4) de la pila (400) de bucles de bobina (300) se ha determinado de modo que un extremo exterior de la porción de extremo (F3, F4) de la pila (400) de bucles de bobina (300) es sustancialmente recto cuando la pila (400) de bucles de bobina (300) se dobla en el ángulo de doblado predeterminado ( $\alpha$ ),  
 20 realizándose el doblado de las porciones de extremo (F3, F4) de la pila (400) de bucles de bobina (300) en una prensa dobladora (500) que comprende un primer dispositivo de rodillo (510) que se soporta a través de un primer árbol (551) en un bastidor estacionario (530) y un segundo dispositivo de rodillo (520) que se soporta de manera giratoria a través de un segundo árbol (552) en un bastidor oscilante (540), siendo el primer árbol (551) y el segundo árbol (552) paralelos, estando soportado el bastidor oscilante (540) de manera giratoria en el primer árbol (551), colocándose una primera superficie (410) de la pila (400) de bucles de bobina (400) contra el primer dispositivo de rodillo (510) y colocándose una segunda superficie opuesta (420) de la pila (400) de bucles de bobina (400) contra el segundo dispositivo de rodillo (520), formando el primer dispositivo de rodillo (510) el radio de doblado interior (R1) para la pila (400) de bucles de bobina (300) cuando el bastidor oscilante (540) se voltea alrededor del primer árbol (551) de modo que el segundo dispositivo de rodillo (520) gira sobre la segunda superficie (420) de la pila (400) de bucles de bobina (300) para doblar la pila (400) de bucles de bobina (300).

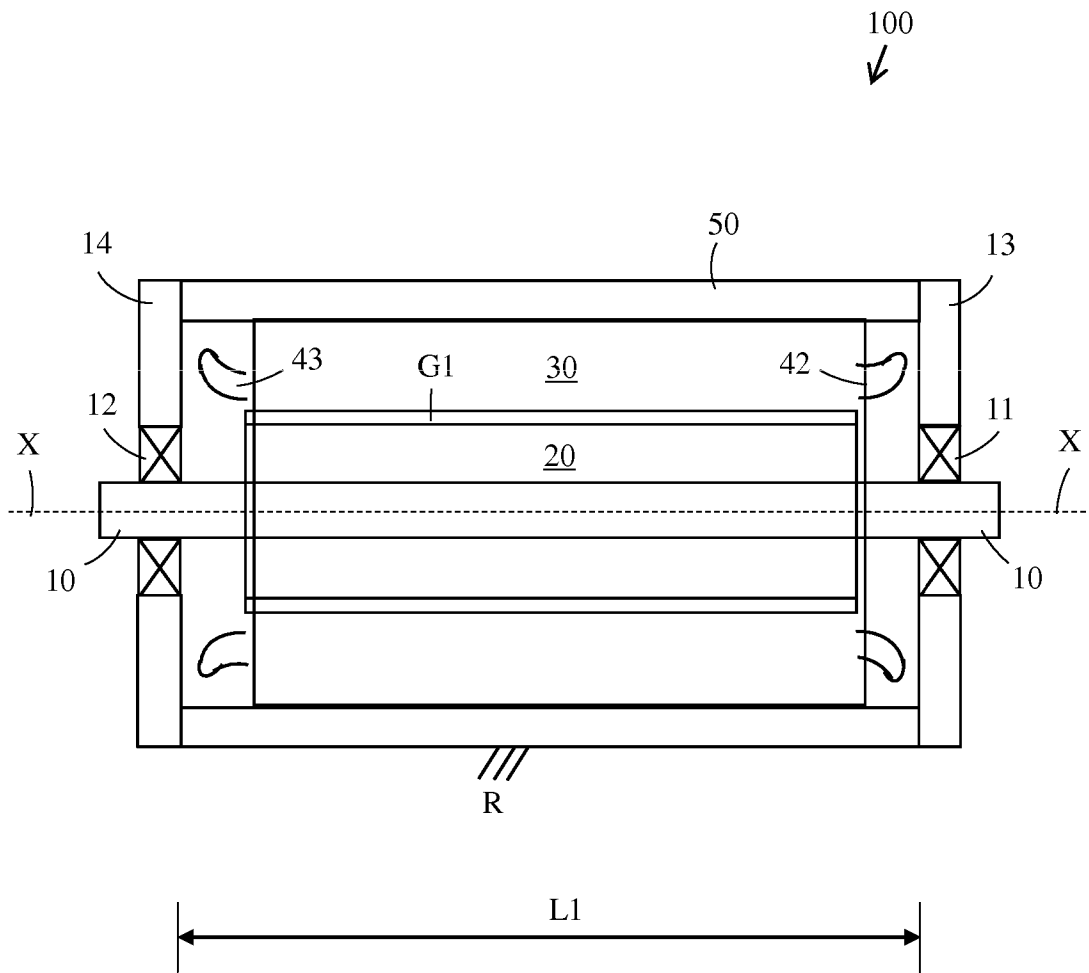
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el escalonamiento (d) de los bucles de bobina adyacentes (300) en las porciones de extremo (F3, F4) de la pila (400) de bucles de bobina (300) es constante en toda la pila (400) de bucles de bobina (300).

35 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el escalonamiento (d) de los bucles de bobina adyacentes (300) en las porciones de extremo (F3, F4) de la pila (400) de bucles de bobina (300) se determina mediante la siguiente ecuación:

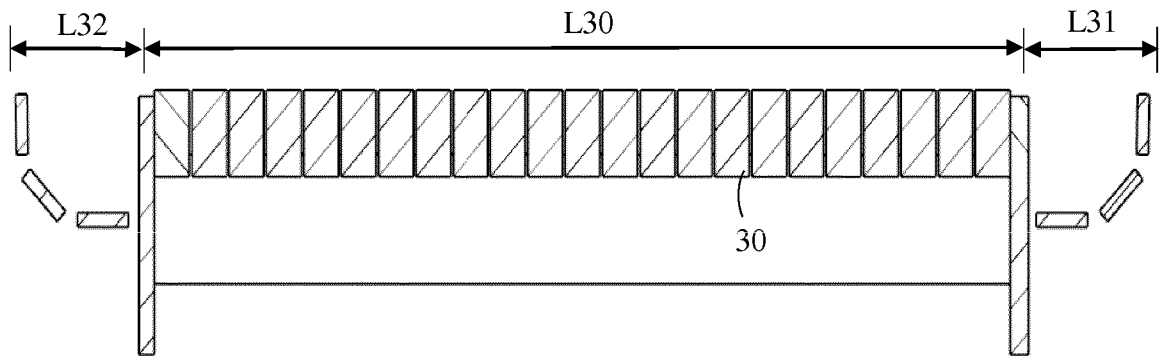
$$d = \left(\frac{\alpha}{360} * 2 * \pi * T\right) / N$$

40 donde d = escalonado entre bucles de bobina adyacentes (300),  $\alpha$  = ángulo de doblado de la pila (400) de bucles de bobina (300), T = espesor de la pila (400) de bucles de bobina (300), N = número de bucles de bobina (300) en la pila (400) de bucles de bobina (300).

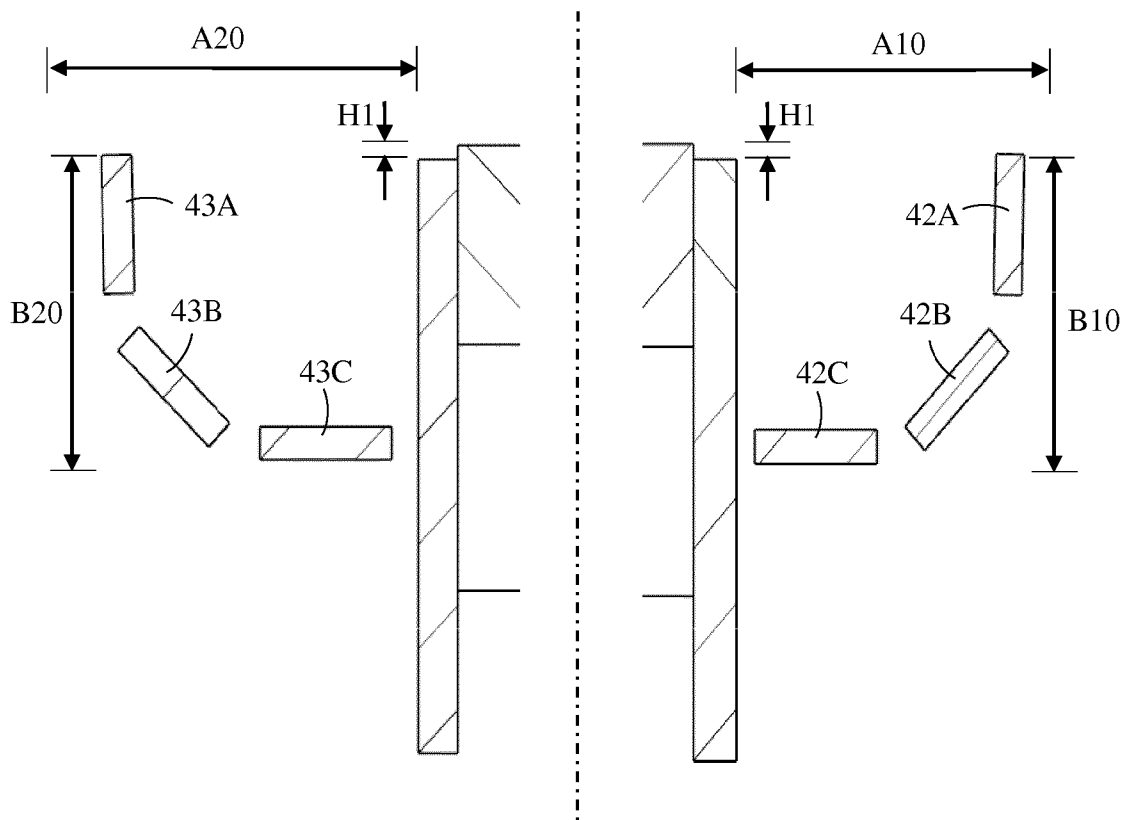
45 4. Una disposición para producir una bobina de segmento para una máquina eléctrica, comprendiendo la disposición una prensa dobladora (500) para doblar las porciones de extremo (F3, F4) de una pila (400) de bucles de bobina (300), comprendiendo la prensa dobladora (500) un primer dispositivo de rodillo (510) que se soporta a través de un primer árbol (551) en un bastidor estacionario (530) y un segundo dispositivo de rodillo (520) que se soporta de manera giratoria a través de un segundo árbol (552) en un bastidor oscilante (540), siendo el primer árbol (551) y el segundo árbol (552) paralelos, estando soportado el bastidor oscilante (540) de manera giratoria en el primer árbol (551), colocándose una primera superficie (410) de la pila (400) de bucles de bobina (400) contra el primer dispositivo de rodillo (510) y colocándose una segunda superficie opuesta (420) de la pila (400) de bucles de bobina (400) contra el segundo dispositivo de rodillo (520), formando el primer dispositivo de rodillo (510) el radio de doblado interior (R1) para la pila (400) de bucles de bobina (300) cuando el bastidor oscilante (540) se voltea alrededor del primer árbol (551) de modo que el segundo dispositivo de rodillo (520) gira sobre la segunda superficie (420) de la pila (400) de bucles de bobina (300) para doblar la pila (400) de bucles de bobina (300).



**Fig. 1**

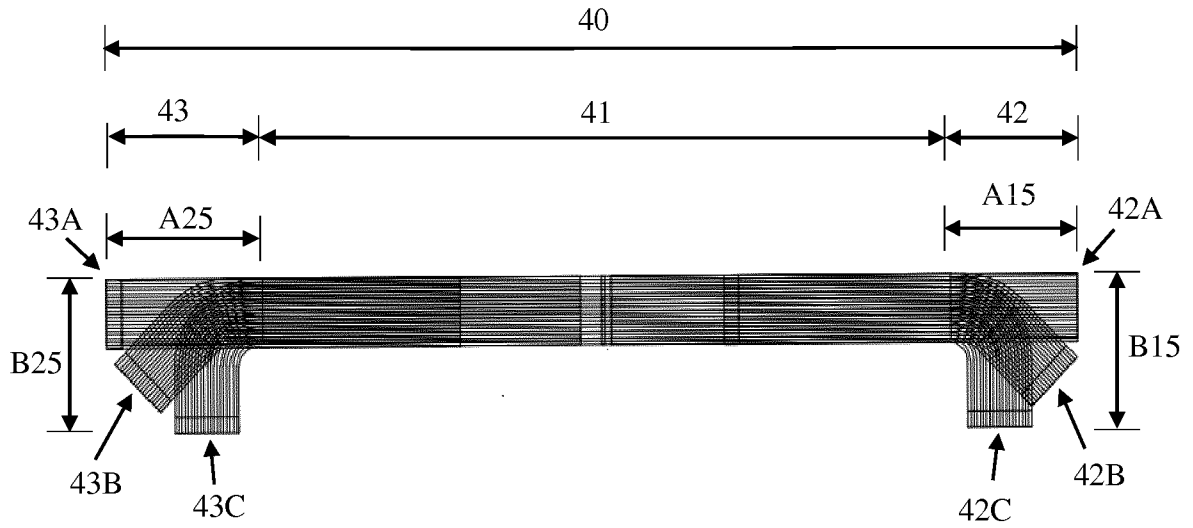


**Fig. 2**



**Fig. 4**

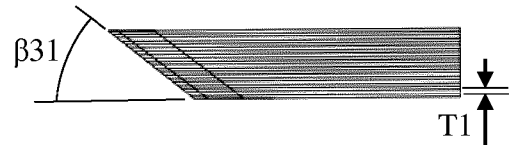
**Fig. 3**



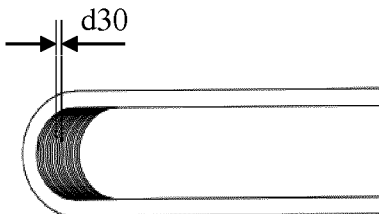
**Fig. 5A**



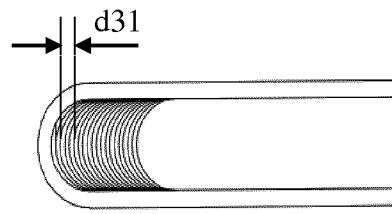
**Fig. 5B**



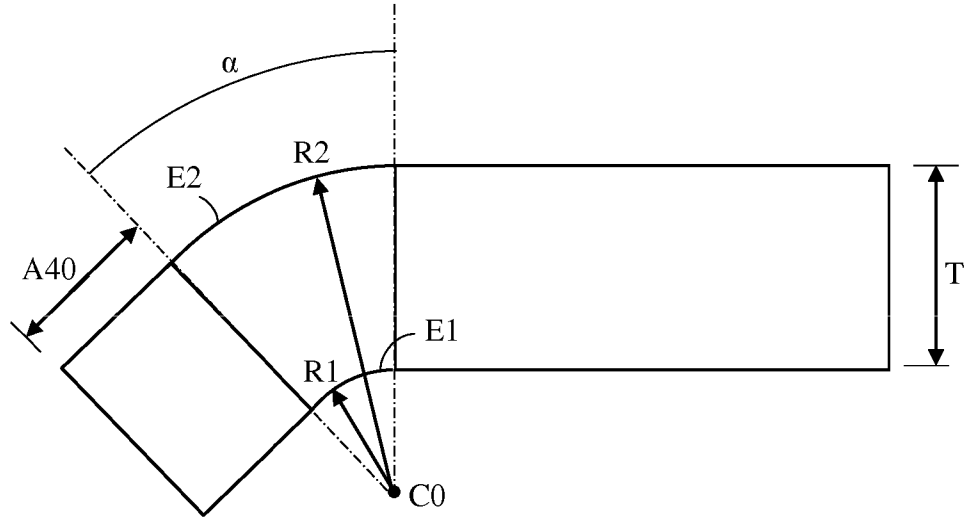
**Fig. 5C**



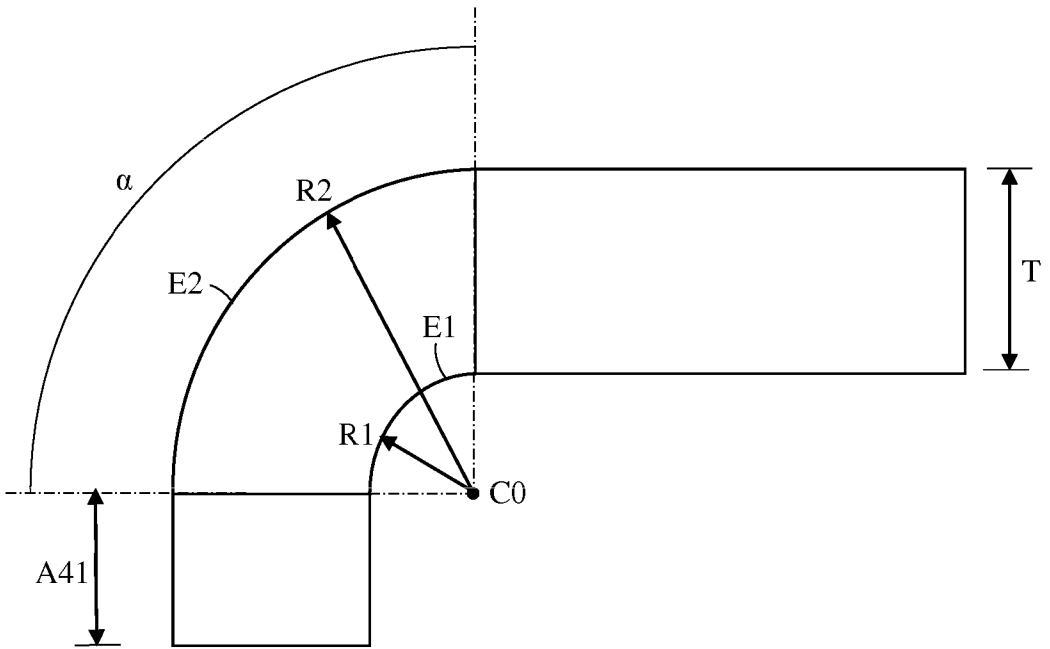
**Fig. 5D**



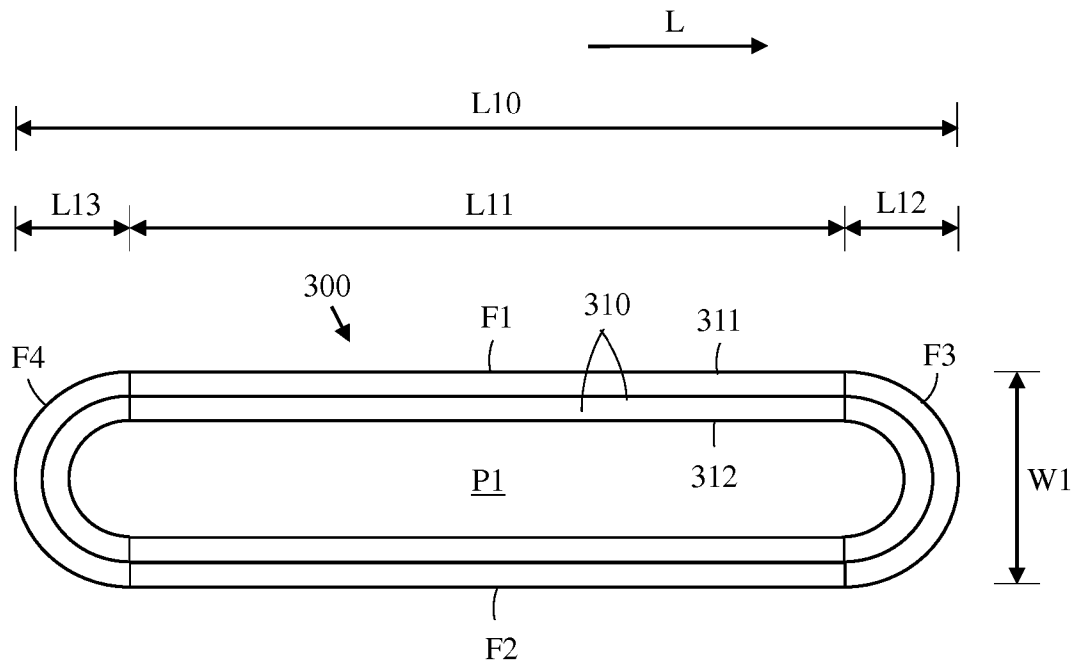
**Fig. 5E**



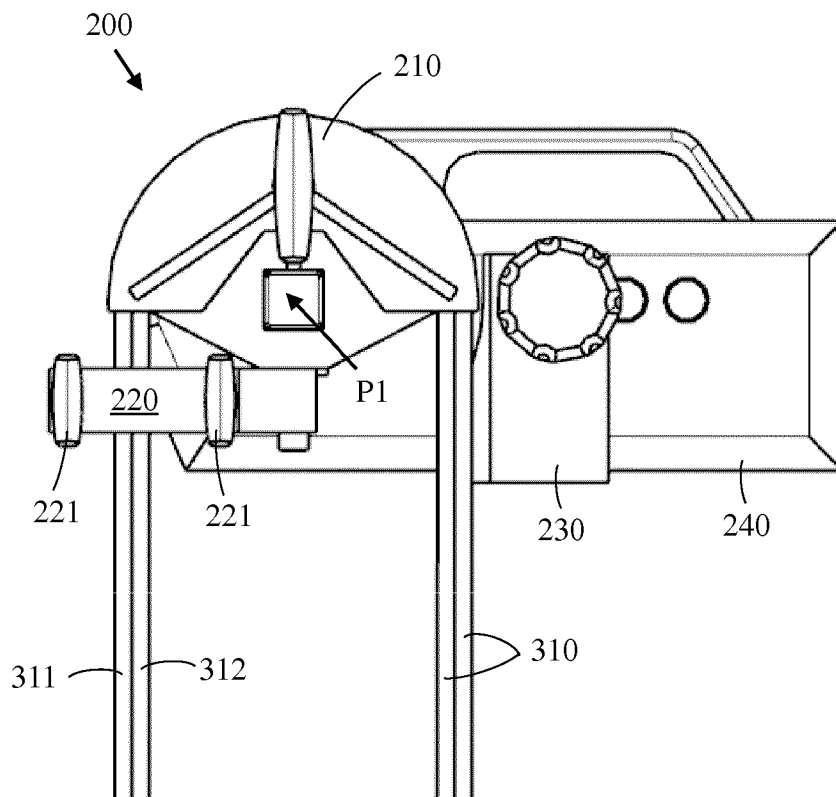
**Fig. 6**



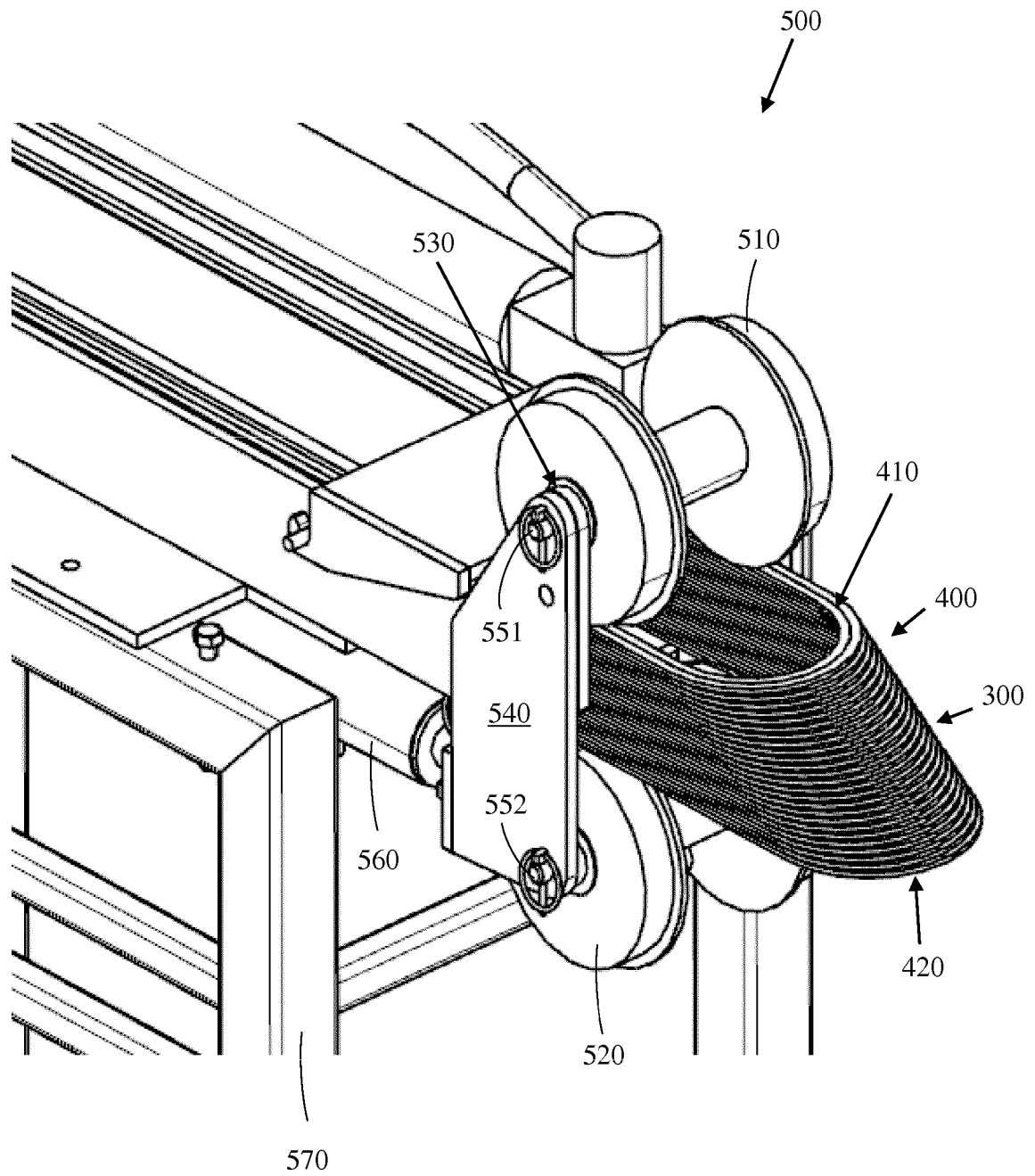
**Fig. 7**



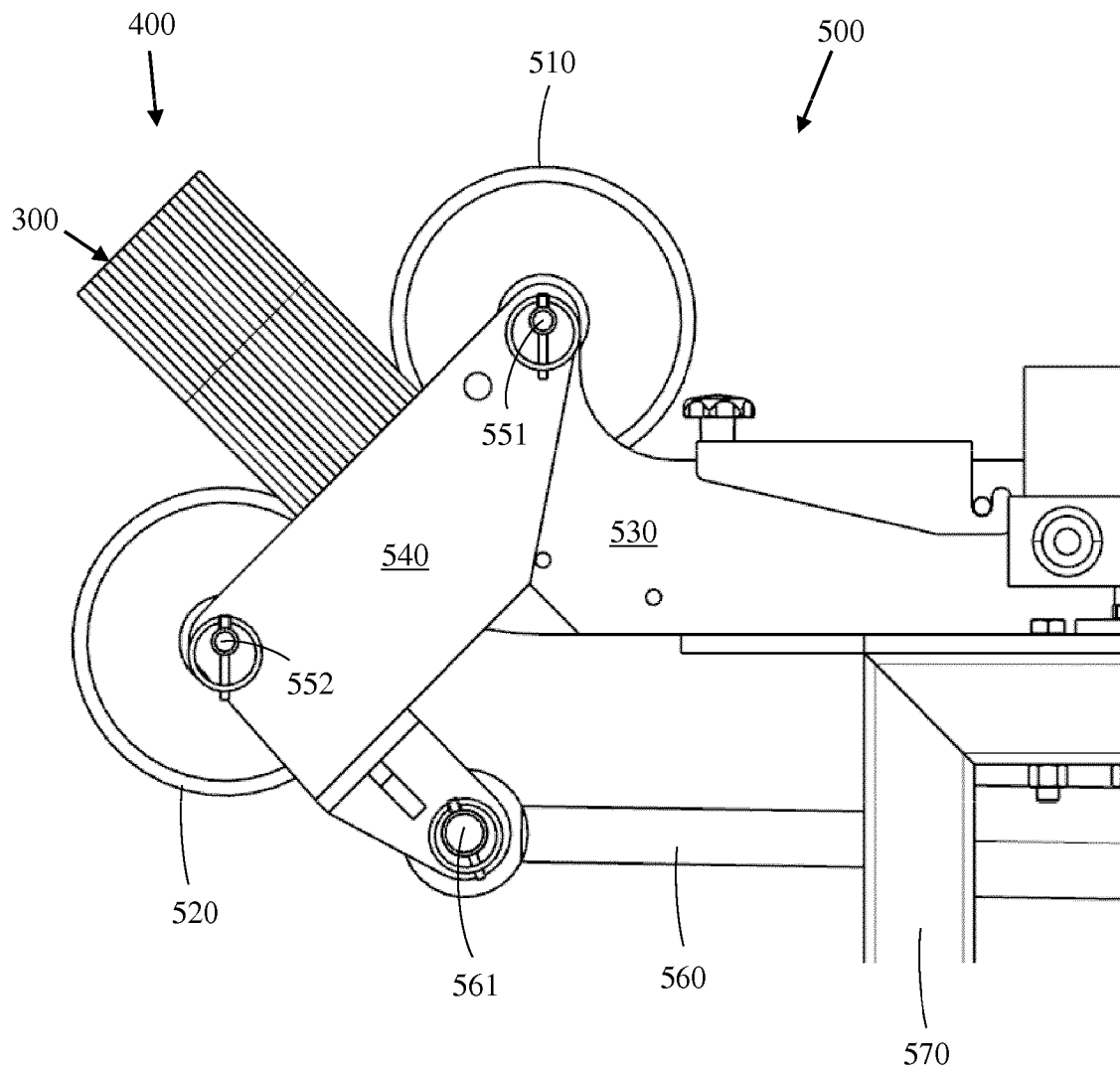
**Fig. 8**



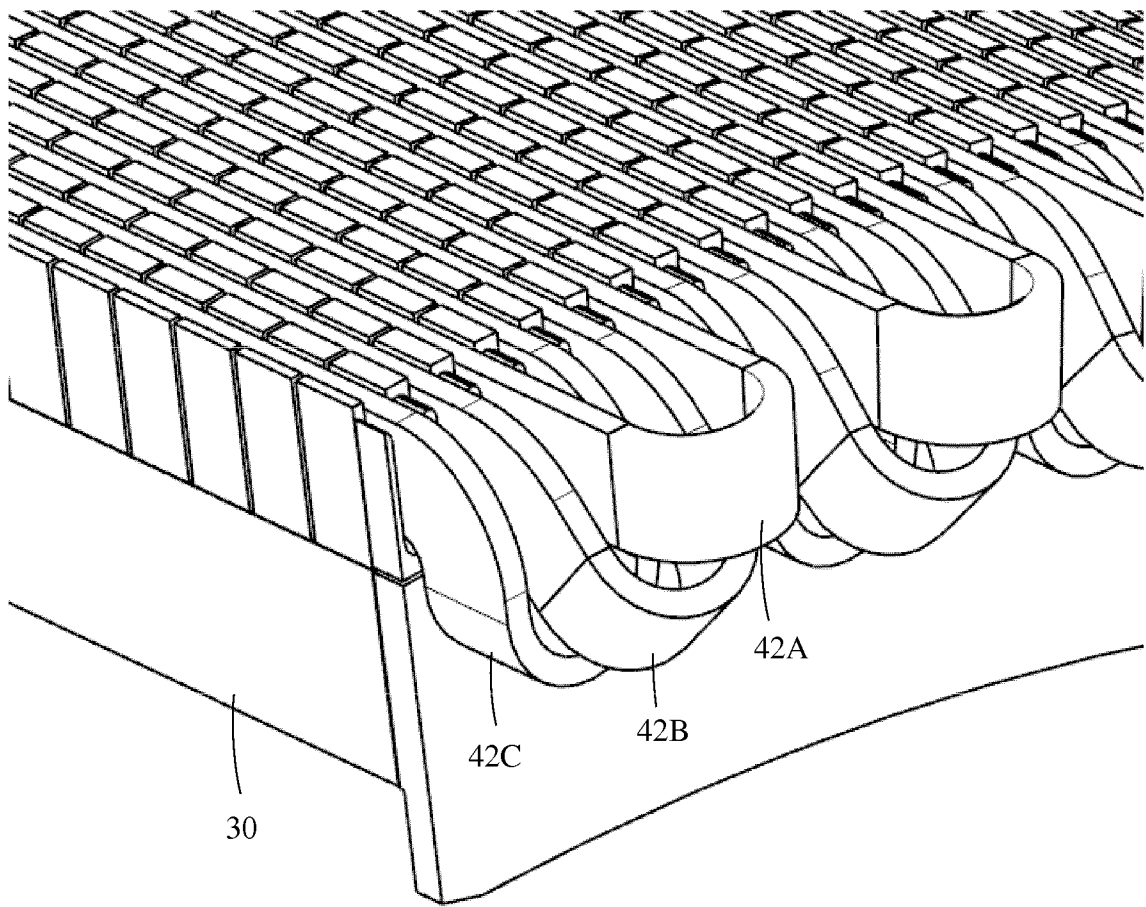
**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**