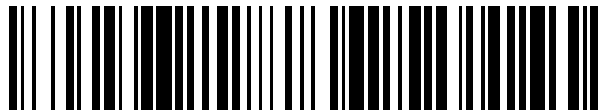


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 664**

51 Int. Cl.:

**F16C 32/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.08.2013 PCT/JP2013/005019**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO14041752**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2013 E 13837195 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2896842**

54 Título: **Rodamiento magnético**

30 Prioridad:

**12.09.2012 JP 2012200719**  
**28.12.2012 JP 2012286884**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.03.2019**

73 Titular/es:

**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)**  
**Umeda Center Building 4-12, Nakazaki-Nishi 2-**  
**chome**  
**Kita-ku, Osaka-shi, Osaka 530-8323, JP**

72 Inventor/es:

**IRINO, YUSUKE y**  
**NAKAZAWA, YUJI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 704 664 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

Rodamiento magnético

### Campo técnico

La presente invención se refiere a un rodamiento magnético para soportar el eje de rotación con fuerza magnética.

### 5 Antecedentes de la técnica

Un denominado “rodamiento magnético radial” controla la posición radial del eje de rotación con fuerza magnética. Entre diversos tipos de tales rodamientos magnéticos, uno en el que un circuito magnético se dispone dentro de un plano que se cruza en ángulos rectos con el eje de rotación se llama generalmente “rodamiento magnético heteropolar”. En algunos rodamientos magnéticos heteropolares, un par de polos magnéticos, por ejemplo, pueden formar un circuito magnético independiente para soportar el eje de rotación (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 1). Dado que la fuerza de soporte generada por el rodamiento magnético depende del área de sección transversal de los dientes situados más cerca de la periferia interna de un núcleo de estator, esos dientes tienen adecuadamente un ancho amplio.

### Lista de referencias

15 Documento de Patente

[Documento de Patente 1] Publicación de Patente Japonesa No Examinada N° 11-266564

### Compendio de la invención

Problema técnico

20 Si se amplía el ancho de diente del núcleo del estator, sin embargo, esos dientes que forman el circuito magnético se situarán incluso más cerca entre sí, generando de este modo posiblemente un flujo magnético de fuga entre esos dientes y causando una preocupación sobre alguna disminución en la eficiencia energética.

El documento JP H11 346457 A describe un rodamiento magnético según el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención se perfecciona con el fin de superar estos problemas, y uno de sus objetos es reducir tal flujo magnético de fuga generado entre dientes en un rodamiento magnético.

25 Solución al problema

Este problema se supera mediante un rodamiento magnético según la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes se refieren a realizaciones especiales del mismo.

30 Según esta configuración, el paso (P1) entre el diente (24) predeterminado y un diente (24), a través del cual el flujo magnético fluye en dos direcciones radiales diferentes, es más amplio que el paso (P2) entre el diente (24) predeterminado y el otro diente (24), a través del cual fluye el flujo magnético en la misma dirección radial.

Ventajas de la invención

35 Según la presente invención, el flujo magnético de fuga que se generaría entre los dientes se puede reducir con el ancho del diente del núcleo de estator mantenido lo suficientemente amplio. Como resultado, la eficiencia energética aumentará, el rodamiento magnético puede tener su densidad de salida aumentada y su tamaño reducido, y, finalmente, se puede reducir el coste total.

### Breve descripción de los dibujos

[FIG. 1] La FIG. 1 ilustra de manera general la estructura de un turbo compresor como una primera realización.

[FIG. 2] La FIG. 2 es una vista lateral en sección transversal del rodamiento magnético según la primera realización.

40 [FIG. 3] La FIG. 3 es una vista longitudinal en sección transversal del rodamiento magnético según la primera realización.

[FIG. 4] La FIG. 4 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento magnético según una segunda realización.

[FIG. 5] La FIG. 5 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento magnético según una tercera realización.

[FIG. 6] La FIG. 6 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento magnético según una cuarta realización.

[FIG. 7] La FIG. 7 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento magnético según una quinta realización.

5 [FIG. 8] La FIG. 8 es una vista lateral en sección transversal que ilustra posiciones ejemplares donde se unen sensores de desplazamiento.

[FIG. 9] La FIG. 9 es una vista longitudinal en sección transversal que ilustra posiciones ejemplares donde se unen los sensores de desplazamiento.

10 [FIG. 10] La FIG. 10 es una vista lateral en sección transversal que ilustra otra disposición ejemplar de los sensores de desplazamiento.

[FIG. 11] La FIG. 11 ilustra cómo se pueden conectar las bobinas entre sí.

### Descripción de las realizaciones

15 Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos. Se debería observar que la siguiente descripción de realizaciones se destina esencialmente solo para mostrar algunos ejemplos de realizaciones preferidas de la presente invención y no se destina a limitar el alcance de la presente invención, sus aplicaciones o su uso.

<<Primera realización de esta invención>>

<Configuración general>

20 Un turbo compresor al que se aplica el rodamiento magnético se describirá como una realización de la presente invención. La FIG. 1 ilustra de manera general la estructura de un turbo compresor (1) como una primera realización de la presente invención. Como se muestra en la FIG. 1, el turbo compresor (1) incluye una carcasa (2), un impulsor (9), un motor (10) eléctrico, una sección (30) de control y una sección (40) de fuente de alimentación.

25 La carcasa (2) se ha formado para tener una forma cilíndrica circular con extremos cerrados y se dispone de modo que el eje del cilindro circular discurre horizontalmente. El espacio dentro de la carcasa (2) se divide por una parte (3) de pared. Específicamente, el espacio en el lado derecho de la parte (3) de pared define una cámara (4) de impulsor para alojar el impulsor (9), mientras que el espacio en el lado izquierdo de la parte (3) de pared define un espacio (5) de motor eléctrico para alojar el motor (10) eléctrico. El impulsor (9) tiene un perfil de cono sustancialmente circular formado por una pluralidad de palas. El impulsor (9) se aloja en la cámara (4) de impulsor para ser fijado a un extremo del eje (13) de accionamiento (eje de rotación) del motor (10) eléctrico.

30 El motor (10) eléctrico está alojado en la carcasa (2) y acciona el impulsor (9). En este ejemplo, el motor (10) eléctrico es uno denominado "motor síncrono de imanes permanentes". El motor (10) eléctrico incluye un estator (11) de motor eléctrico, un rotor (12), el eje (13) de accionamiento y un mecanismo (8) de rodamiento. El estator (11) de motor eléctrico se fija en la pared periférica interna de la carcasa (2). El eje (13) de accionamiento se asegura al rotor (12) de modo que su centro de eje es coaxial con el del rotor (12).

35 El mecanismo (8) de rodamiento incluye un rodamiento (14) de toma de contacto de dirección radial, un rodamiento (15) magnético de empuje, rodamientos (16) de toma de contacto de dirección de empuje y de dirección radial (que pueden ser rodamientos de bolas angulares, por ejemplo), y dos rodamientos (20, 20) magnéticos.

40 Como se describirá en detalle más adelante, los rodamientos (20, 20) magnéticos están provistos de una pluralidad de electroimanes (25), y están configurados para aplicar la fuerza electromagnética sintética de los electroimanes (25) respectivos al eje (13) de accionamiento y para soportar el eje (13) de accionamiento por un método sin contacto. El rodamiento (14) de toma de contacto de dirección radial se puede implementar como rodamientos de bolas, por ejemplo, y soporta el eje (13) de accionamiento cuando los rodamientos (20) magnéticos no son eléctricamente conductores.

45 La sección (40) de fuente de alimentación suministra energía eléctrica a los electroimanes (25). Por ejemplo, un denominado "amplificador de modulación por ancho de pulso (PWM)" se puede adoptar como la sección (40) de fuente de alimentación. La magnitud del voltaje suministrado por la sección (40) de fuente de alimentación a los electroimanes (25) se controla por la sección (30) de control. Usando el valor de detección de un sensor de desplazamiento (que se describe más tarde) que detecta el paso entre los rodamientos (20) magnéticos y el eje (13) de accionamiento (específicamente, el desplazamiento del eje (13) de desplazamiento), la sección (30) de control realiza un control de colocación de modo que el eje (13) de accionamiento se soporta en cualquier posición prevista de una manera sin contacto. La sección (30) de control se puede implementar como una combinación de un microordenador (no mostrado) y un programa para operar el ordenador, por ejemplo.

50

<Configuración de rodamiento magnético>

En la siguiente descripción, la “dirección axial” se referirá en la presente memoria a la dirección en la que discurre el centro del eje del eje (13) de accionamiento, y la “dirección radial” se referirá en la presente memoria a la dirección que se cruza en ángulos rectos con el centro del eje. También, en la siguiente descripción, si se sitúa algo más cerca de la periferia externa que lo que está algo más, significa que el primero se sitúa más distante del centro de eje que lo que está este último. Por otra parte, si algo se sitúa más cerca de la periferia interna que lo que está algo más, significa que el primero se sitúa más cerca del centro del eje que lo que está este último.

La FIG. 2 es una vista lateral en sección transversal del rodamiento (20) magnético según la primera realización. La FIG. 3 es una vista longitudinal en sección transversal del rodamiento (20) magnético. El rodamiento (20) magnético es un denominado “rodamiento magnético radial heteropolar de 16 polos”. El rodamiento (20) magnético incluye un estator (21) y sensores de desplazamiento (no mostrados).

El estator (21) incluye un núcleo (22) de estator y una pluralidad de bobinas (26). El núcleo (22) de estator incluye una horquilla (23) posterior y una pluralidad de dientes (24), y se puede formar apilando una pluralidad de láminas de acero eléctricas una sobre la otra, por ejemplo.

La horquilla (23) posterior se ha formado en una forma anular. También, como se muestra en la FIG. 2, el núcleo (22) de estator incluye dieciséis dientes (24). En la FIG. 2, esos dientes (24) y pares (27) de dientes que se describen más tarde tienen cada uno un número de rama (-1, -2 y así sucesivamente) añadido como su sufijo por el bien de la comodidad de descripción. Esos dientes (24) forman partes integrales de la horquilla (23) posterior y se proyectan desde la superficie periférica interna de la horquilla (23) posterior hacia la periferia interna. Cada uno de esos dientes (24) tiene una forma de paralelepípedo generalmente rectangular y tiene una superficie que es paralela al centro del eje (y que se referirá en la presente memoria como “superficie (S) lateral”).

Esos dientes (24) tienen pasos irregulares en su extremo de punta (es decir, el extremo que se enfrenta al eje (13) de accionamiento). Más específicamente, en este estator (21), dos dientes (24) forman un par (que se referirá en la presente memoria como “par (27) de dientes” y se disponen de modo que sus superficies (S) laterales son paralelas entre sí. También, dos pares (27) de dientes adyacentes se disponen de modo que los dos dientes (24) que se enfrentan entre sí entre esos dos pares forman una forma de V con un extremo periférico externo abierto.

Tal configuración se describirá más específicamente con referencia a la FIG. 2. Por ejemplo, los dientes (24-1 y 24-2) forman un par (27-1) de dientes, y los dientes (24-3 y 24-4) forman otro par (27-2) de dientes. La superficie (S) lateral del diente (24-1) es paralela a la superficie (S) lateral del diente (24-2). Del mismo modo, la superficie (S) lateral del diente (24-3) también es paralela a la superficie (S) lateral del diente (24-4). Además, los dientes (24-2 y 24-3) se disponen para formar una forma de V con un extremo periférico externo abierto. Y estos pares (27) de dientes se disponen más cerca de la periferia interna que lo que está la horquilla (23) posterior de modo que sus líneas (L) centrales forman ángulos de paso regular entre ellos mismos. En esta descripción, la línea (L) central se refiere en la presente memoria a una línea que conecta la parte intermedia del paso entre dos dientes (24) que forman cada par (27) de dientes con el centro del eje del núcleo (22) de estator.

En esta configuración, estos dientes (24) se disponen de modo que el paso (P1) entre los dos dientes (24) que forman un par (27) de dientes es más amplio que el paso (P2) entre los dos dientes (24) que se enfrentan entre sí en dos pares (27) de dientes adyacentes. En la FIG. 2, por ejemplo, el paso (P1) entre los dientes (24-1 y 24-2) es más amplio que el paso (P2) entre los dientes (24-2 y 24-3).

Cada uno de estos dientes (24) tiene una parte (24a) dentada en su extremo de punta que se enfrenta al par (27) de dientes adyacentes. Proporcionando esta parte (24a) dentada, el paso entre dos pares (27) de dientes adyacentes se puede estrechar, y el paso (P1) entre dos dientes (24) que forman cada par (27) de dientes se puede mantener suficientemente amplio (como se describirá más tarde). Naturalmente, el ancho de cada diente (24) en su extremo de punta se establece para que sea al menos tan amplio como un ancho predeterminado para evitar causar una saturación magnética y otros tipos de inconvenientes. Proporcionando esta parte (24a) dentada, el ancho (W1) circunferencial de una parte periférica externa de cada diente (24) llega a ser más amplio que el ancho (W2) circunferencial de su parte periférica más interna como se mide en su extremo de punta.

Un miembro de hilo de devanado (tal como un hilo de cobre recubierto) está enrollado alrededor de cada diente (24) para formar una bobina (26) allí. Como resultado, se forma un electroimán (25) en cada diente (24). El miembro de hilo de devanado se puede enrollar a través de una boquilla de devanado, por ejemplo. En este rodamiento (20) magnético, las bobinas (26) se enrollan alrededor de cada par de dientes (24) adyacentes en direcciones mutuamente opuestas. Se debería observar que dado que dos dientes (24) que forman cada par (27) de dientes se disponen paralelos entre sí, los miembros de hilo de devanado se pueden enrollar fácilmente alrededor de ellos.

Este rodamiento (20) magnético se configura para hacer que dos pares (27) de dientes (es decir, cuatro dientes (24), en total) controlen una fuerza en una dirección. En el ejemplo mostrado en la FIG. 2, el rodamiento (20) magnético hace que dos pares (27-1 y 27-2) de dientes generen atracción magnética en la dirección +X (es decir, la dirección hacia la derecha en la FIG. 2), controlando por ello la posición del eje (13) de accionamiento en esa dirección. Para realizar eso, en este rodamiento (20) magnético, las bobinas (26) respectivas de los cuatro dientes (24-1, 24-2, 24-3

y 24-4) que forman estos dos pares (27-1 y 27-2) de dientes se conectan en serie entre sí. Y las bobinas (26) que se conectan en serie se conectan además a una sección (40) de fuente de alimentación para obtener potencia suministrada desde la sección (40) de fuente de alimentación. Alternativamente, estos cuatro dientes (24-1, 24-2, 24-3 y 24-4) también se pueden usar estando conectados en paralelo unos con otros.

5 Cuando se permite que la corriente eléctrica fluya a través de las bobinas (26) respectivas que forman los dos pares (27-1 y 27-2) de dientes, se forman circuitos magnéticos, de los cuales las direcciones de flujo magnético son como se indica por las flechas continuas en la FIG. 2 (y que se referirán en la presente memoria como "bucles magnéticos (ML)"). Es decir, un bucle magnético (ML) se forma por el diente (24-1), el eje (13) de accionamiento, el diente (24-2) y la horquilla (23) posterior, y otro bucle magnético (ML) se forma por el diente (24-3), el eje (13) de accionamiento, el diente (24-2) y la horquilla (23) posterior.

10 Como se ha descrito anteriormente, en esta realización, cada diente (24) está configurado de modo que el paso (P1) entre ese diente (24) y uno de dos dientes (24) adyacentes que están situados en los lados en sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj del mismo en la dirección circunferencial es más amplio que el paso (P2) entre ese diente (24) y el otro diente (24) y que un flujo magnético fluye en la misma dirección radial a través de ese diente (24) y el diente (24) separado de ese diente (24) por el paso (P1) más estrecho pero fluye en dos direcciones radiales diferentes a través de ese diente (24) y el diente (24) separado de ese diente (24) por el paso (P2) más amplio. Se debería observar que en dos dientes (24) que son adyacentes entre sí y a través de los cuales un flujo magnético fluye en direcciones radiales mutuamente diferentes, las bobinas (26) se enrollan alrededor de ellos el mismo número de veces.

20 <Flujo magnético de fuga generado por los dientes>

En un rodamiento magnético en el que se disponen dientes en pasos regulares (y que se referirá en la presente memoria como "rodamiento magnético convencional" por el bien de la comodidad de descripción), cuanto más amplio sea el ancho de diente de su núcleo de estator, más estrecho será el paso entre sus dientes. Por esta razón, si el ancho de diente se aumenta en el rodamiento magnético convencional, habrá una preocupación acerca del flujo magnético de fuga.

25 Por el contrario, según esta realización, estrechando el paso (P2) entre dos dientes (24) a través del cual fluye un flujo magnético en la misma dirección radial, un paso más amplio se puede definir entre los dientes (24) que forman un bucle magnético (ML) (es decir, entre los dientes (24) a través de los cuales un flujo magnético fluye en direcciones radiales mutuamente diferentes) que en el rodamiento magnético convencional. Consecuentemente, según esta realización, el flujo magnético de fuga que se generaría entre los dientes (24) se puede reducir con el ancho de diente ampliado. Como para los dientes (24) a través de los cuales un flujo magnético fluye en la misma dirección radial, por otra parte, incluso si el paso (P2) se estrecha, el flujo magnético de fuga no sería un problema.

<Efectos logrados por esta realización>

35 Como se ha descrito anteriormente, según esta realización, se puede reducir el flujo magnético de fuga que se generaría entre los dientes (24), y, por lo tanto, el rodamiento (20) magnético puede lograr un aumento de eficiencia energética. Como resultado, se puede reducir el tamaño del rodamiento (20) magnético, y finalmente, se puede reducir el coste total

40 Además, dado que el ancho (W1) circunferencial de una parte periférica externa de cada diente (24) es más amplio que el ancho (W2) circunferencial de la parte periférica más interna del mismo, no se causará fácilmente una saturación magnética en la parte periférica externa del diente (24). El flujo magnético de fuga que se generaría entre los dientes (24) también se puede reducir por esta razón, también.

Además de eso, disponiendo los dientes (24) en pasos irregulares como se ha descrito anteriormente, se puede aumentar la intensidad del flujo magnético, también.

<<Segunda realización de esta invención>>

45 La FIG. 4 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento (20) magnético como una segunda realización de la presente invención. Como se muestra en la FIG. 4, se proporcionan doce dientes (24) para el núcleo (22) de estator. Es decir, el número de polos magnéticos proporcionados para el rodamiento (20) magnético no tienen que ser dieciséis como en el ejemplo descrito anteriormente. En este ejemplo, cada diente (24) también se configura de modo que el paso (P1) entre ese diente (24) y uno de los dos dientes (24) adyacentes que se sitúan en los lados en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj en la dirección circunferencial es más amplio que el paso (P2) entre ese diente (24) y el otro diente (24). Sin embargo, en este ejemplo, el ancho (W0) circunferencial de una parte periférica externa de cada diente (24) es tan amplio como el (W0) de la parte periférica más interna del mismo.

55 En este ejemplo, las bobinas (26) también se enrollan alrededor de cada par de dientes (24) adyacentes en direcciones mutuamente opuestas. Y también se permite que una corriente eléctrica fluya a través de las bobinas (26) de modo que el flujo magnético fluye en la misma dirección radial a través de cada diente (24) y el diente (24)

separado de ese diente (24) por el paso (P1) más estrecho pero fluye en direcciones radiales mutuamente diferentes a través de cada diente (24) y el otro diente (24) separado de ese diente (24) por el paso (P2) más amplio.

5 Como se puede ver a partir de la descripción precedente, incluso en tal rodamiento (20) magnético con doce polos magnéticos, estrechando el paso (P2) entre dos dientes (24) a través del cual un flujo magnético fluye en la misma dirección radial, se puede definir un paso más amplio entre los dientes (24) que forman un bucle magnético (ML) (es decir, entre los dientes (24) a través de los cuales un flujo magnético fluye en direcciones radiales mutuamente diferentes) que en el rodamiento magnético convencional. Consecuentemente, según esta realización, se puede reducir el flujo magnético de fuga que se generaría entre los dientes (24).

10 Opcionalmente, si el ancho circunferencial de una parte periférica externa de cada diente (24) se establece en esta realización que sea más amplio que el ancho circunferencial de la parte periférica más interna del mismo, la saturación magnética se causará mucho menos fácilmente en la parte periférica externa del diente (24).

<<Tercera realización de esta invención>>

15 La FIG. 5 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento (20) magnético como una tercera realización de la presente invención. Como se muestra en la FIG. 5, se proporcionan doce dientes (24) para el núcleo (22) de estator. En esta realización, tres dientes (24) forman un grupo (que se referirá en la presente memoria como "grupo (28) de dientes"), y la parte intermedia del diente (24) en cada grupo (28) de dientes forma un bucle magnético (ML) con uno de los dos dientes (24) que están situados en los lados en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj en la dirección circunferencial, y también forma otro bucle magnético (ML) con el otro diente (24). Específicamente, como se muestra en la FIG. 5, un conjunto de tres dientes (24-1, 24-2 y 24-3) forma un grupo (28-1) de dientes, y el otro conjunto de tres dientes (24-4, 24-5 y 24-6) forma otro grupo (28-2) de dientes. Las bobinas (26) de los tres dientes (24) que forman cada grupo (28) de dientes se conectan en serie entre sí. Y las bobinas (26) que se conectan en serie se conectan además a una sección (40) de fuente de alimentación para obtener potencia suministrada desde la sección (40) de fuente de alimentación. Naturalmente, estos tres dientes (24) también se pueden usar estando conectados en paralelo unos con otros.

25 Entre los tres dientes (24) que forman cada grupo (28) de dientes, el ancho (W3) circunferencial de la parte periférica más interna del diente (24) intermedio se establece que sea más amplio que el ancho (W4) circunferencial de la parte periférica más interna de los otros dos dientes (24) situados en los lados en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj del diente (24) intermedio. Y estos grupos (28) de dientes se disponen más cerca de la periferia interna que lo que está la horquilla (23) posterior de modo que sus dientes (24) intermedios formen ángulos de paso regular entre ellos mismos. También, en este ejemplo, el paso (P1) entre dos adyacentes de los dientes (24) en cada grupo (28) de dientes se establece que sea más amplio que el paso (P2) entre dos dientes (24) que se enfrentan entre sí en dos grupos (28) de dientes adyacentes.

30 Tal configuración se describirá más específicamente con referencia a la FIG. 5. Por ejemplo, dentro del grupo (28-1) de dientes, el ancho (W3) circunferencial de la parte periférica más interna del diente (24-2) intermedio se establece que sea más amplio que el ancho (W4) circunferencial de la parte periférica más interna de los otros dos dientes (24-1 y 24-3) situados en los lados en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj del diente (24-1) intermedio. En la FIG. 5, dentro del grupo (28-1) de dientes, por ejemplo, el paso (P1) entre los dientes (24-1 y 24-2) es tan amplio como el paso (P1) entre los dientes (24-2 y 24-3). Por otra parte, el paso (P2) entre los dientes (24-3 y 24-4) que pertenecen a dos grupos (28-1 y 28-2) de dientes diferentes y que se enfrentan entre sí es más estrecho que el paso (P1) entre los dientes (24) en el grupo (28-1) de dientes.

35 Cuando se permite que fluya corriente eléctrica a través de las bobinas (26) respectivas que forman los dos grupos (28-1 y 28-2) de dientes, se forman bucles magnéticos (ML), de los cuales las direcciones de flujo magnético son como se indica por las flechas continuas en la FIG. 5. En el grupo (28-1) de dientes, por ejemplo, un bucle magnético (ML) se forma por el diente (24-1), el eje (13) de accionamiento, el diente (24-2) y la horquilla (23) posterior, y otro bucle magnético (ML) se forma por el diente (24-2), el eje (13) de accionamiento, el diente (24-3) y la horquilla (23) posterior. Del mismo modo, dos bucles magnéticos (ML) también se forman en el grupo (28-2) de dientes. Mientras tanto, el flujo magnético fluye en la misma dirección radial a través del diente (24-3) y del diente (24-4) que pertenece a un grupo diferente del diente (24-3).

40 Como se ha descrito anteriormente, según esta realización, un diente (24) predeterminado se configura de modo que el paso (P1) entre el diente (24) predeterminado y uno de los dos dientes (24) adyacentes que se sitúan en los lados en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj del mismo en la dirección circunferencial y que pertenece al mismo grupo que el diente (24) predeterminado es más amplio que el paso (P2) entre el diente (24) predeterminado y un diente (24) adyacente que pertenece a un grupo diferente. El diente (24) predeterminado forma un bucle magnético (ML) junto con el diente (24) (intermedio) en el mismo grupo, el eje (13) de accionamiento, y la horquilla (23) posterior. Y el flujo magnético fluye en la misma dirección radial a través del diente (24) predeterminado y del diente (24) adyacente que pertenece al grupo diferente.

45 Como se puede ver, incluso si un grupo (28) de dientes está formado por tres dientes (24), estrechando el paso (P2) entre dos dientes (24) a través del cual un flujo magnético fluye en la misma dirección radial, se puede definir un

paso más amplio entre los dientes (24) que forman un bucle magnético (ML) que en el rodamiento magnético convencional. Consecuentemente, según esta realización, también se puede reducir el flujo magnético de fuga que se generaría entre los dientes (24).

<<Cuarta realización de esta invención>>

5 La FIG. 6 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento (20) magnético como una cuarta realización de la presente invención. Esta realización es una modificación de la configuración del rodamiento (20) magnético de la primera realización. Específicamente, en esta realización, el núcleo (22) de estator está configurado de modo que los dos dientes (24) que son adyacentes entre sí y a través de los cuales el flujo magnético fluye en la misma dirección radial tienen sus extremos periféricos internos puestos en contacto uno con otro. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 6, los extremos de puntas respectivos de los dientes (24-2 y 24-3) están en contacto unos con otros. Más específicamente, dos dientes (24), a través de los cuales el flujo magnético fluye en la misma dirección radial, se han formado íntegramente (es decir, de modo que P1 es igual a cero). Es decir, según la presente invención, los dientes (24) son unidades basadas en la bobina (26). De este modo, el "paso" entre algunos dientes (24) podría ser igual a cero en algunos casos y es un concepto que se debería interpretar ampliamente como tal.

15 <<Quinta realización de esta invención>>

La FIG. 7 es una vista lateral en sección transversal de un rodamiento (20) magnético como una quinta realización de la presente invención. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 7, el rodamiento (20) magnético tiene dieciséis polos. En esta realización, el núcleo (22) de estator se compone de ocho bloques (22a) de núcleo que se han acoplado entre sí de modo que su límite se define mediante una parte de la horquilla (23) posterior. Más específicamente, como se muestra en la FIG. 7, esos bloques (22a) de núcleo se disponen de modo que su límite (B) se define entre dos dientes (24) a través de los cuales el flujo magnético fluye en la misma dirección radial, es decir, se extiende a través del hueco más estrecho entre esos dientes (24). Por lo tanto, resulta que cada bloque (22a) de núcleo incluye un par (27) de dientes.

Según esta realización, después de que las bobinas (26) se han enrollado sobre una base de bloque (22a) de núcleo, esos bloques (22a) de núcleo se pueden acoplar entre sí. Esos bloques (22a) de núcleo se pueden acoplar entre sí mediante soldadura (por ejemplo, soldadura por láser), por ejemplo. También, dado que el núcleo (22) de estator se ha dividido en tales bloques (22a) de núcleo, las bobinas (26) se pueden enrollar mediante cualquiera de diversas técnicas de ensamblaje. Por ejemplo, la bobina (26) se puede enrollar alrededor de cada diente (24) enrollando un miembro de hilo de devanado alrededor de una bobina de carrete (no mostrada) por adelantado y luego encajar la bobina en el diente (24) de cada bloque (22a) de núcleo. Como se puede ver, usando tal núcleo (22) de estator compuesto de múltiples bloques (22a) de núcleo separados, la bobina (26) se puede enrollar fácilmente alrededor de un diente (24) incluso si solamente se deja un hueco estrecho junto al extremo de punta del diente (24).

Se debería observar que el núcleo (22) de estator no siempre tiene que ser dividido en tales posiciones (es decir, la ubicación del límite (B) entre esos bloques (22a) de núcleo es solo un ejemplo). Naturalmente, el límite (B) también se puede situar entre los dientes (24) que forman un bucle magnético (ML), es decir, para extenderse a través del hueco más amplio entre ellos.

<<Sexta realización de esta invención>>

Una estructura para unir sensores de desplazamiento para detectar el desplazamiento del eje (13) de rotación se describirá como una sexta realización de la presente invención. La FIG. 8 es una vista lateral en sección transversal que ilustra posiciones ejemplares donde se unen los sensores (50) de desplazamiento. La FIG. 9 es una vista longitudinal en sección transversal que ilustra posiciones ejemplares donde se unen los sensores (50) de desplazamiento.

Como ya se ha descrito para las realizaciones, si los extremos de puntas respectivos de los dientes (24) se sitúan cerca unos de otros, hay solamente un espacio de devanado de bobina (26) estrecha dejado alrededor de los extremos de puntas. Por esa razón, en las realizaciones descritas anteriormente, las bobinas (26) suelen estar enrolladas alrededor de los dientes (24) en las proximidades de la horquilla (23) posterior. Como resultado, se crea un espacio vacío en la cara de extremo del extremo de punta de cada diente (24) como se ve en la dirección axial. En esta realización, cada sensor (50) de desplazamiento se dispone más cerca de la periferia interna de lo que están las bobinas (26) para superponerse con la cara de extremo axial de la parte de extremo de punta en su diente (24) asociado como se muestra en las FIG. 8 y 9 cuando se ve en una dirección axial. El tipo del sensor (50) de desplazamiento a usar no está particularmente limitado. Pero en esta realización, se puede adoptar como ejemplo un sensor de desplazamiento de tipo corriente de Foucault.

En el rodamiento (20) magnético de cada realización, la sección (30) de control controla las posiciones del eje (13) de accionamiento en las direcciones del eje X e Y mostradas en la FIG. 8 usando los valores de detección de los sensores (50) de desplazamiento. En este ejemplo, se disponen dos sensores (50) de desplazamiento a lo largo de cada uno de los ejes X e Y como se muestra en la FIG. 8. Proporcionando los sensores (50) de desplazamiento de esta manera en los ejes de control de colocación, cada uno de esos sensores (50) de desplazamiento se dispone para superponerse con dos dientes (24). Por ejemplo, el sensor (50) de desplazamiento dispuesto en el lado positivo

del eje X se superpone con dos dientes (24-2 y 24-3). También, cada sensor (50) de desplazamiento se fija con un miembro (51) de base de tipo anillo. Como se muestra en la FIG. 9, el miembro (51) de base tiene un surco (51a) de anillo para alojar el sensor (50) de desplazamiento y se fija en la periferia externa del núcleo (22) de estator con una pared (51b) cilíndrica circular situada en la periferia externa.

5 <Efectos logrados por esta realización>

En un rodamiento magnético general, el sensor de desplazamiento se monta a menudo en un extremo de bobina con algún miembro de base (tal disposición se referirá en la presente memoria como "disposición convencional") interpuesto entre ellos. Por el contrario, según esta realización, cada sensor (50) de desplazamiento se puede montar en las caras de extremo de los extremos de puntas de sus dientes (24) asociados como se ve en la dirección axial. Como resultado, la longitud axial total del rodamiento (20) magnético se puede reducir en comparación con la disposición convencional.

Además, según esta realización, los sensores (50) de desplazamiento se pueden montar más cerca de la periferia interna que lo que están las bobinas (26), y, por lo tanto, se pueden disponer más cerca del eje (13) de accionamiento. Como resultado, los sensores (50) de desplazamiento se disponen más cerca del punto de aplicación de fuerza, y el control de colocación se puede llevar a cabo con más precisión.

Además, según esta realización, los sensores (50) de desplazamiento se disponen en los ejes de control de colocación (es decir, en los ejes X e Y). Eso es por lo que, al realizar el control de posicionamiento, los valores de detección de los sensores (50) de desplazamiento se pueden usar como están sin ser sometidos a transformación de coordenadas o cualquier otro tipo de transformación. Como resultado, se pueden simplificar los cálculos a hacer por la sección (30) de control con el propósito de control de colocación y se puede adoptar un microordenador menos costoso como la sección (30) de control.

Naturalmente, sin embargo, los sensores (50) de desplazamiento no siempre tienen que ser dispuestos en los ejes de control de colocación. La FIG. 10 ilustra otra realización ejemplar de los sensores (50) de desplazamiento. En el ejemplo mostrado en la FIG. 10, los sensores (50) de desplazamiento se disponen justo por encima de algunos dientes (24). En ese caso, los sensores (50) de desplazamiento no están alineados con los ejes de control.

<<Séptima realización de esta invención>>

A continuación, se describirá como una séptima realización de la presente invención cómo conectar entre sí las bobinas (26). La FIG. 11 ilustra cómo se pueden conectar entre sí las bobinas (26). Como ya se ha descrito para la primera realización, en el rodamiento (20) magnético, las bobinas (26) se conectan en serie entre sí sobre una base cuatro por cuatro. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 11, las bobinas (26) de los dientes (24-1, 24-2, 24-3 y 24-4) se conectan en serie entre sí. Como resultado, el electroimán (25) formado por estos cuatro dientes (24-1, 24-2, 24-3 y 24-4) genera atracción magnética en la dirección +X usando los cuatro dientes (24) como un único conjunto. En la FIG. 11, los signos de referencia T1, T2, T3 y T4 denotan terminales para suministrar energía eléctrica a esas bobinas (26) que están conectadas en serie entre sí. Estos terminales (T1, T2, T3 y T4) se conectan a la sección (40) de fuente de alimentación.

También, en este ejemplo, las partes (26a) de cableado entre las bobinas (26) se disponen en las caras de extremo de los extremos de puntas respectivos de los dientes (24) como se ve en la dirección axial para ser situadas más cerca de la periferia interna que lo que están las bobinas (26). En un rodamiento magnético general, las bobinas a menudo se cablean entre sí en algún lugar cerca de la periferia externa (tal disposición se referirá en la presente memoria como "disposición convencional"). Por el contrario, según esta realización, se crea un espacio vacío en la cara de extremo del extremo de punta de cada diente (24) como se ve en la dirección axial, y, por lo tanto, las partes (26a) de cableado se pueden proporcionar en las caras de extremo de los extremos de punta respectivos de los dientes (24) como se ve en la dirección axial.

En general, el espacio situado más cerca de la periferia externa que lo que están las bobinas se ocupará a menudo con aislantes y otras piezas, y es difícil asegurar un espacio de cableado suficientemente amplio allí. Por esa razón, cuando se adopta tal disposición convencional, el rodamiento magnético suele estar sobredimensionado. Por el contrario, según esta realización, el rodamiento (20) magnético se puede configurar para tener un tamaño más pequeño.

Aunque la descripción de los sensores (50) de desplazamiento se ha omitido por el bien de la comodidad de descripción en cuanto a esta séptima realización, los sensores (50) de desplazamiento también se pueden disponer como en la sexta realización en las caras de extremo de los extremos de puntas de los dientes (24) como se ve en la dirección axial para ser situados más cerca de la periferia interna que lo que están las bobinas (26), incluso cuando las bobinas (26) se cablean entre sí en algún lugar cerca de la periferia interna.

<<Otras realizaciones>>

55 Se debería observar que las superficies (S) laterales respectivas de los dientes (24) que forman cada par (27) de dientes no siempre tienen que ser paralelas entre sí.



También, la realización en la que el ancho de una parte periférica externa de cada diente se establece que sea diferente de la de la parte periférica interna del mismo (es decir, una realización en la cual se proporciona la muesca (24a)) es solamente un ejemplo. Alternativamente, el ancho del diente se puede cambiar gradualmente de modo que el ancho aumente poco a poco hacia la periferia externa.

- 5 Además, el rodamiento (20) magnético no siempre tiene que ser aplicado al turbo compresor (1). Por ejemplo, el rodamiento (20) magnético también es aplicable a una bomba turbomolecular y otros diversos tipos de dispositivos con un eje de rotación.

La forma del miembro (51) de base adoptada en la sexta realización y otras realizaciones es solamente un ejemplo. El miembro (51) de base incluso puede ser omitido.

10 **Aplicabilidad industrial**

La presente invención se puede usar eficazmente como un rodamiento magnético para soportar un eje de rotación con una fuerza magnética.

**Descripción de los caracteres de referencia**

- |    |   |
|----|---|
| 20 | rodamiento magnético                      |
| 15 | 13 eje de accionamiento (eje de rotación) |
|    | 22 núcleo de estator                      |
|    | 22a bloque de núcleo                      |
|    | 23 horquilla posterior                    |
|    | 24 diente                                 |
| 20 | 26 bobina                                 |
|    | 50 sensor de desplazamiento               |

**REIVINDICACIONES**

1. Un rodamiento magnético que comprende:

un núcleo de estator (22) en el que está dispuesta una pluralidad de dientes (24, 24-1, 24-2, 24-3, 24-4) en una dirección circunferencial para ser situado más cerca a una periferia interna que lo que está una horquilla (23) posterior anular y para enfrentarse a un eje (13) de rotación; y bobinas (26) enrolladas alrededor de los dientes (24, 24-1, 24-2, 24-3, 24-4) respectivos, en donde

uno predeterminado de los dientes (24-2) se configura de modo que un paso (P1) entre el diente (24-2) predeterminado y uno de los dos dientes (24-1) adyacentes que están situados en los lados en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj de los mismos en la dirección circunferencial es más amplio que un paso (P2) entre el diente (24-2) predeterminado y el otro diente (24-3) y que un flujo magnético fluye en la misma dirección radial a través del diente (24-2) predeterminado y el diente (24-3) separado del diente (24-2) predeterminado por el paso (P2) más estrecho pero en dos direcciones radiales diferentes a través del diente (24-2) predeterminado y el diente (24-1) separado del diente (24-2) predeterminado por el paso (P1) más amplio,

caracterizado por que

cada uno de dichos dientes (24, 24-2) tiene, en su extremo de punta, una parte (24a) dentada en uno de los lados en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj del mismo que se enfrenta a uno adyacente de los dientes (24, 24-3) a través del cual el flujo magnético fluye en la misma dirección radial que el diente (24, 24-2) y, en su extremo de punta, no tiene una parte (24a) dentada en el otro de los lados de en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario de las agujas del reloj del mismo que se enfrenta a otro adyacente de los dientes (24, 24-1), a través del cual el flujo magnético fluye en una dirección radial diferente del diente (24, 24-2) de manera que un ancho (W1) circunferencial de una parte periférica externa de cada uno de dichos dientes (24, 24-1, 24-2, 24-3, 24-4) llega a ser más amplio que el ancho (W2) circunferencial de su parte periférica más interna del mismo.

2. El rodamiento magnético de la reivindicación 1, en donde los dos dientes (24, 24-2, 24-3) que están adyacentes entre sí y a través de los cuales el flujo magnético fluye en dos direcciones radiales opuestas, tienen superficies (S) laterales que se enfrentan entre sí en la dirección circunferencial y que son paralelas entre sí.

3. El rodamiento magnético de la reivindicación 1 o 2, en donde el núcleo (22) de estator está compuesto por un número predeterminado de bloques (22a) de núcleo que se han acoplado entre sí de modo que su límite (B) está situado en la horquilla (23) posterior.

4. El rodamiento magnético de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde las bobinas (26) están enrolladas el mismo número de veces alrededor de los dos dientes (24, 24-2, 24-3) que son adyacentes entre sí y a través de los cuales fluye el flujo magnético en dos direcciones radiales diferentes.

5. El rodamiento magnético de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde un sensor (50) de desplazamiento para detectar cualquier desplazamiento del eje (13) de rotación se dispone más cerca de la periferia interna que lo que están las bobinas (26) para superponerse con una cara de extremo axial de una parte de extremo de punta de cada uno de dichos dientes (24, 24-1, 24-2, 24-3, 24-4) cuando se ve en una dirección axial.

6. El rodamiento magnético de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las predeterminadas de las bobinas (26) están conectados en serie juntas estando cableadas juntas en un punto más cercano a la periferia interna que lo que están las bobinas (26) en la cara de extremo axial de la parte de extremo de punta de cada uno de dichos dientes (24, 24-1, 24-2, 24-3, 24-4).

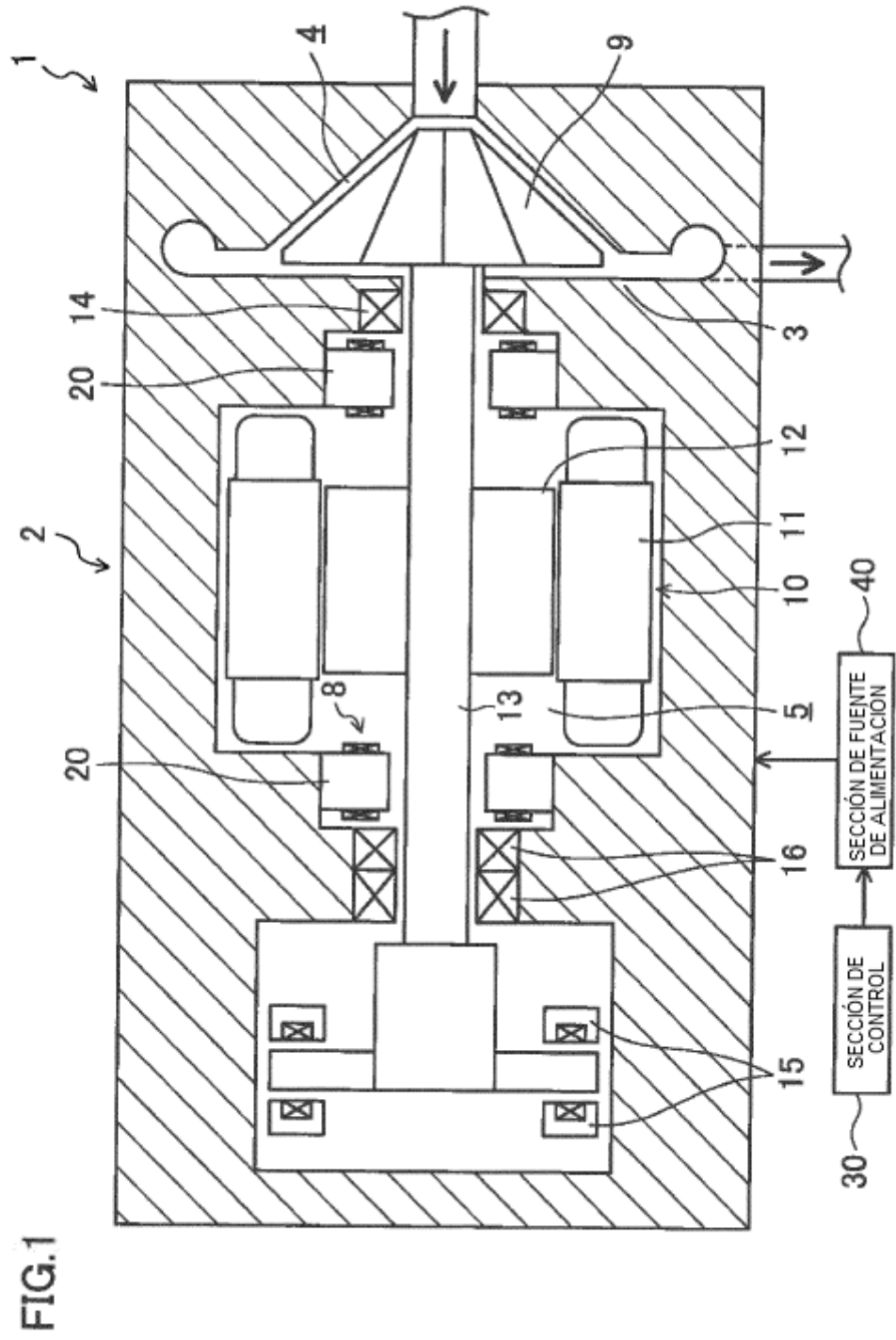


FIG.1

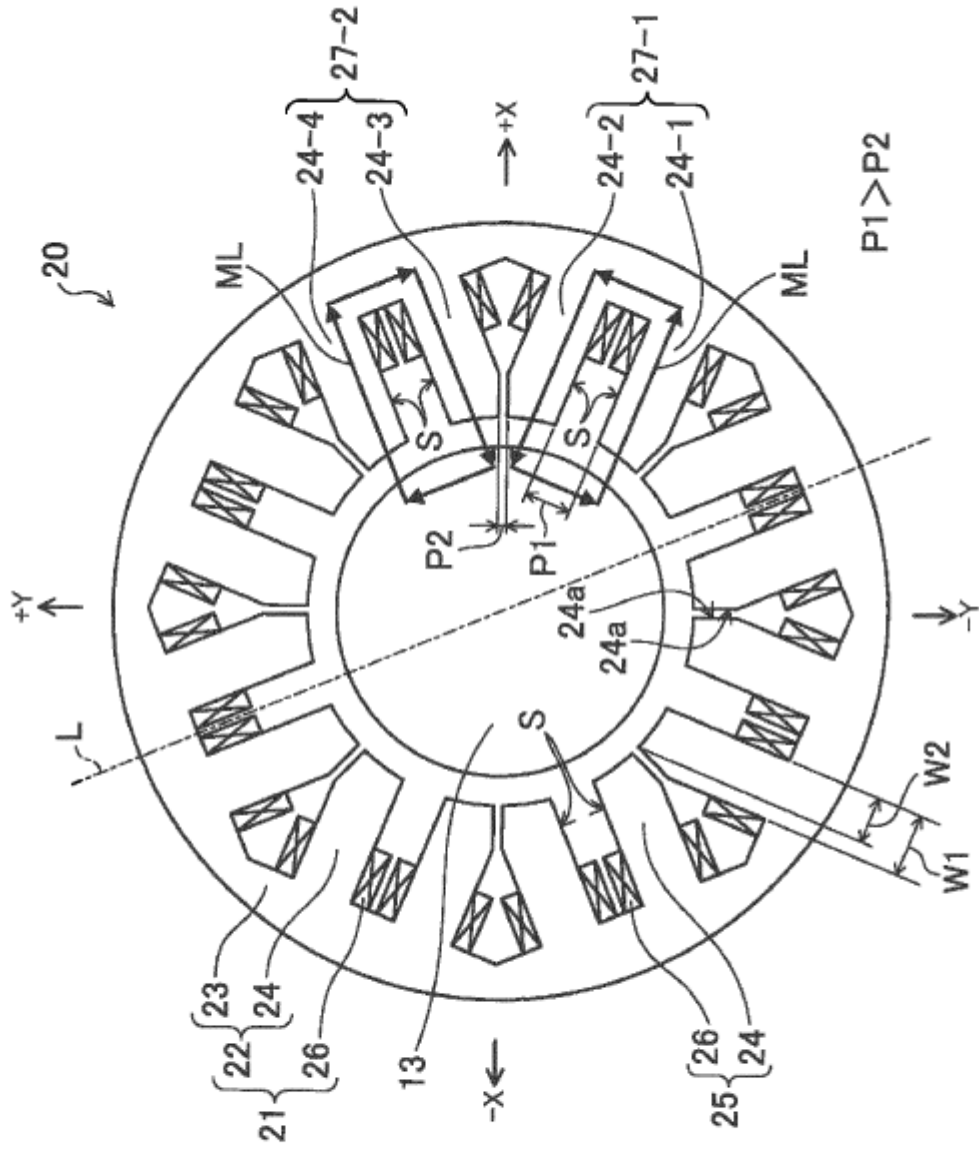
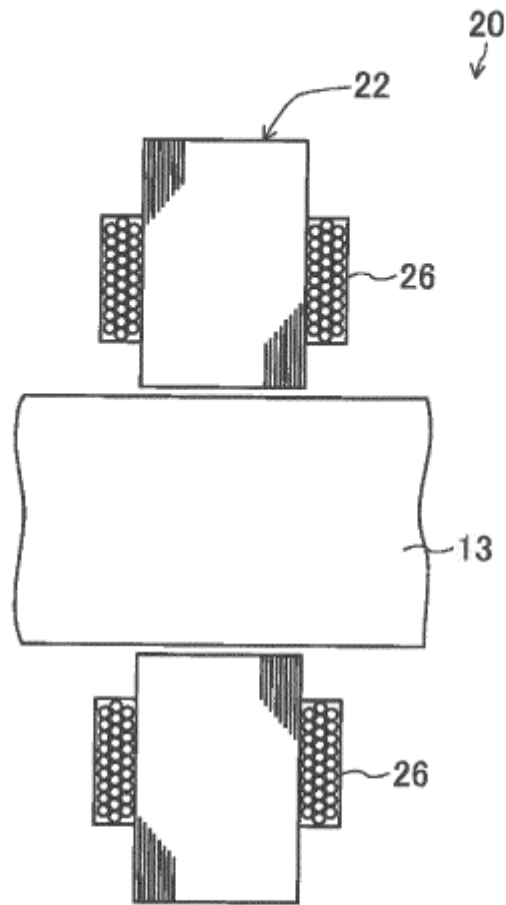
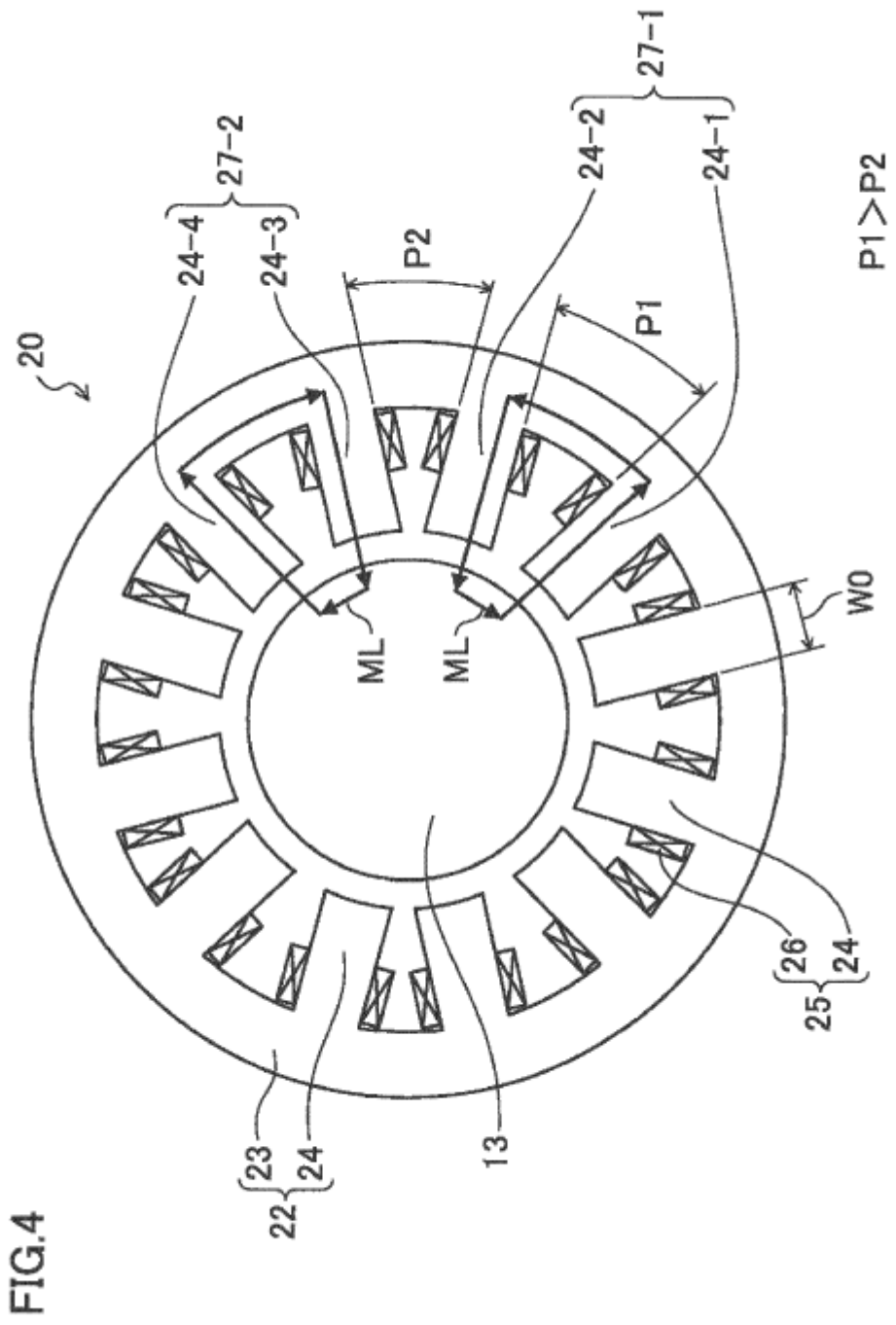


FIG. 2

FIG.3





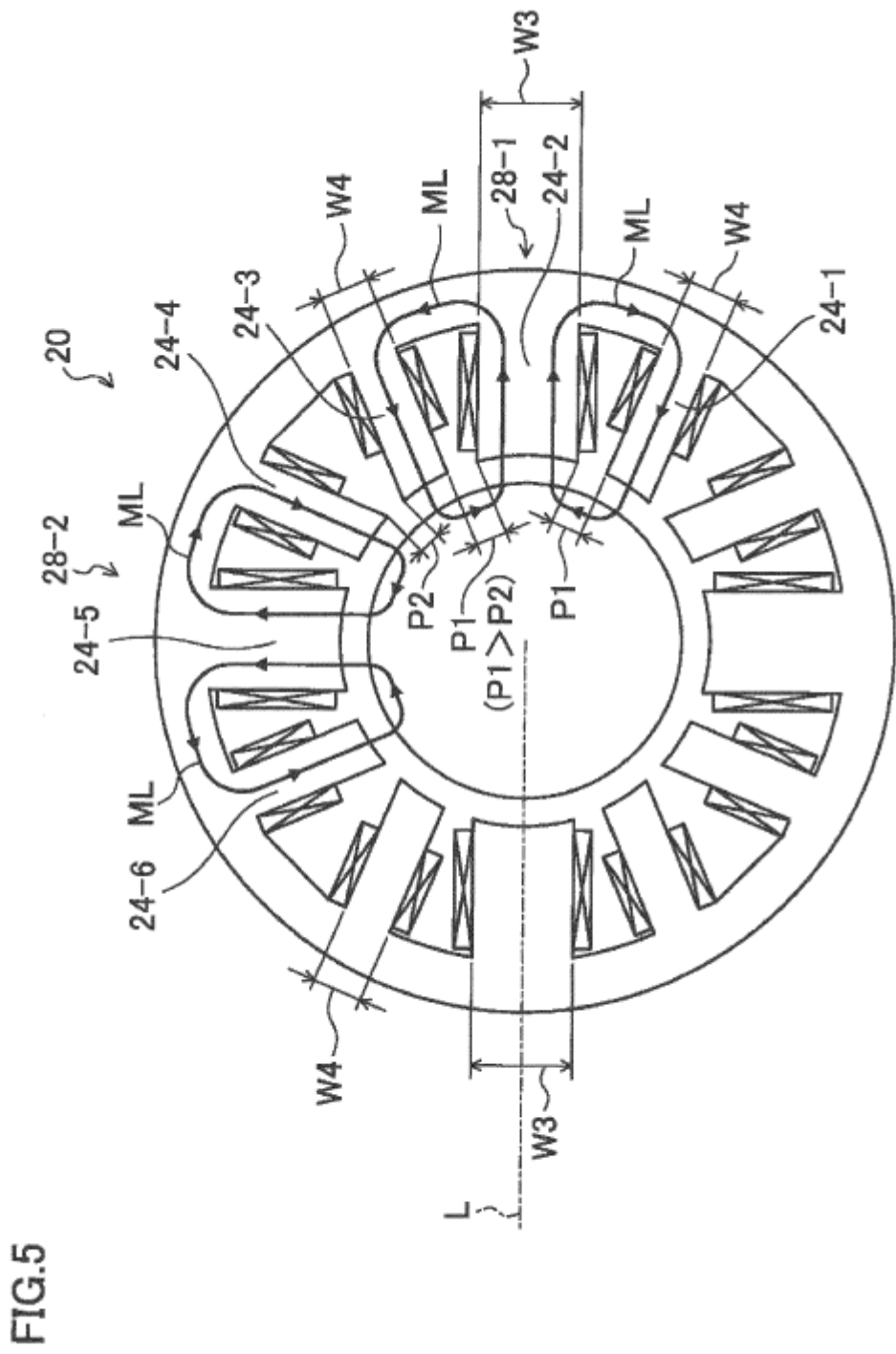


FIG. 5

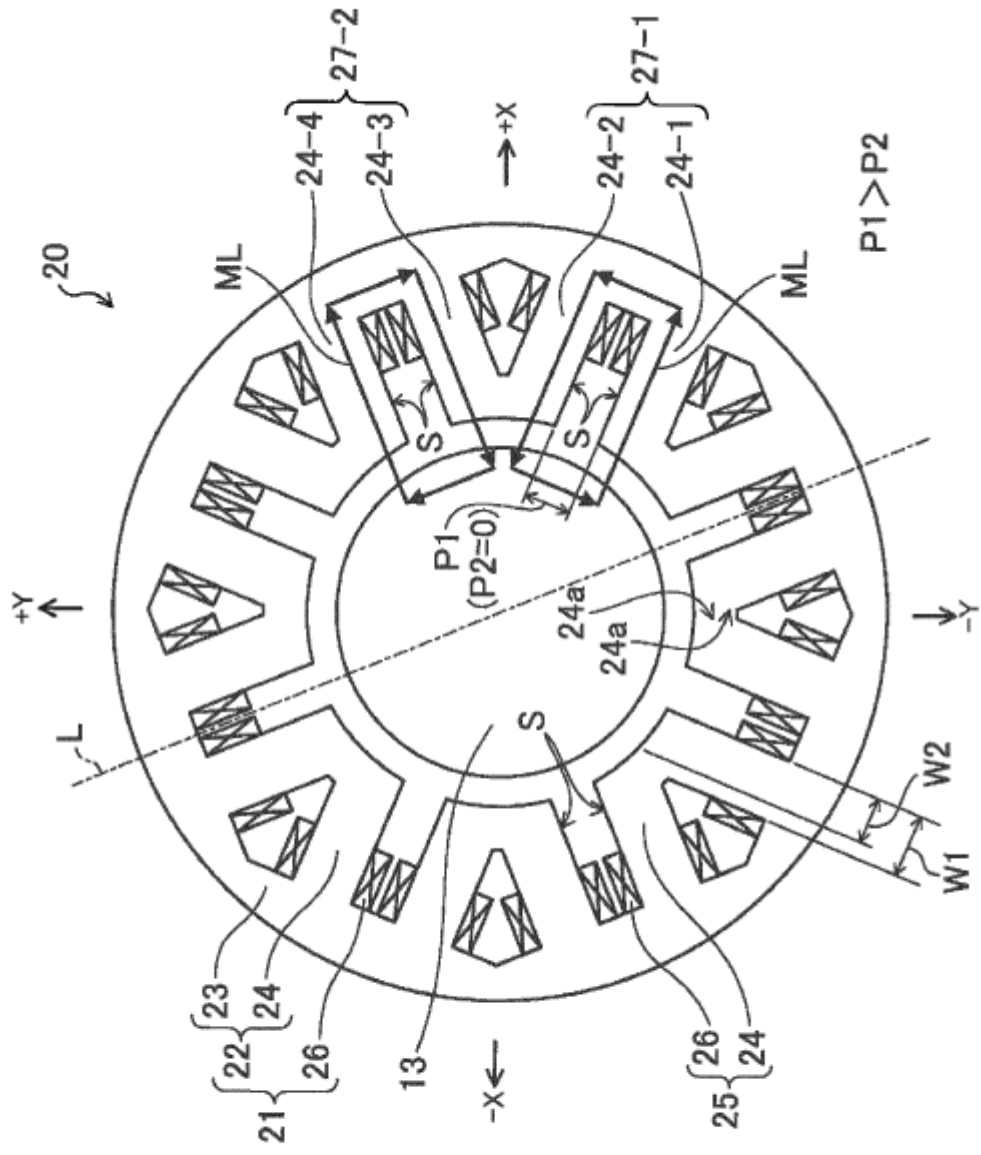


FIG.6



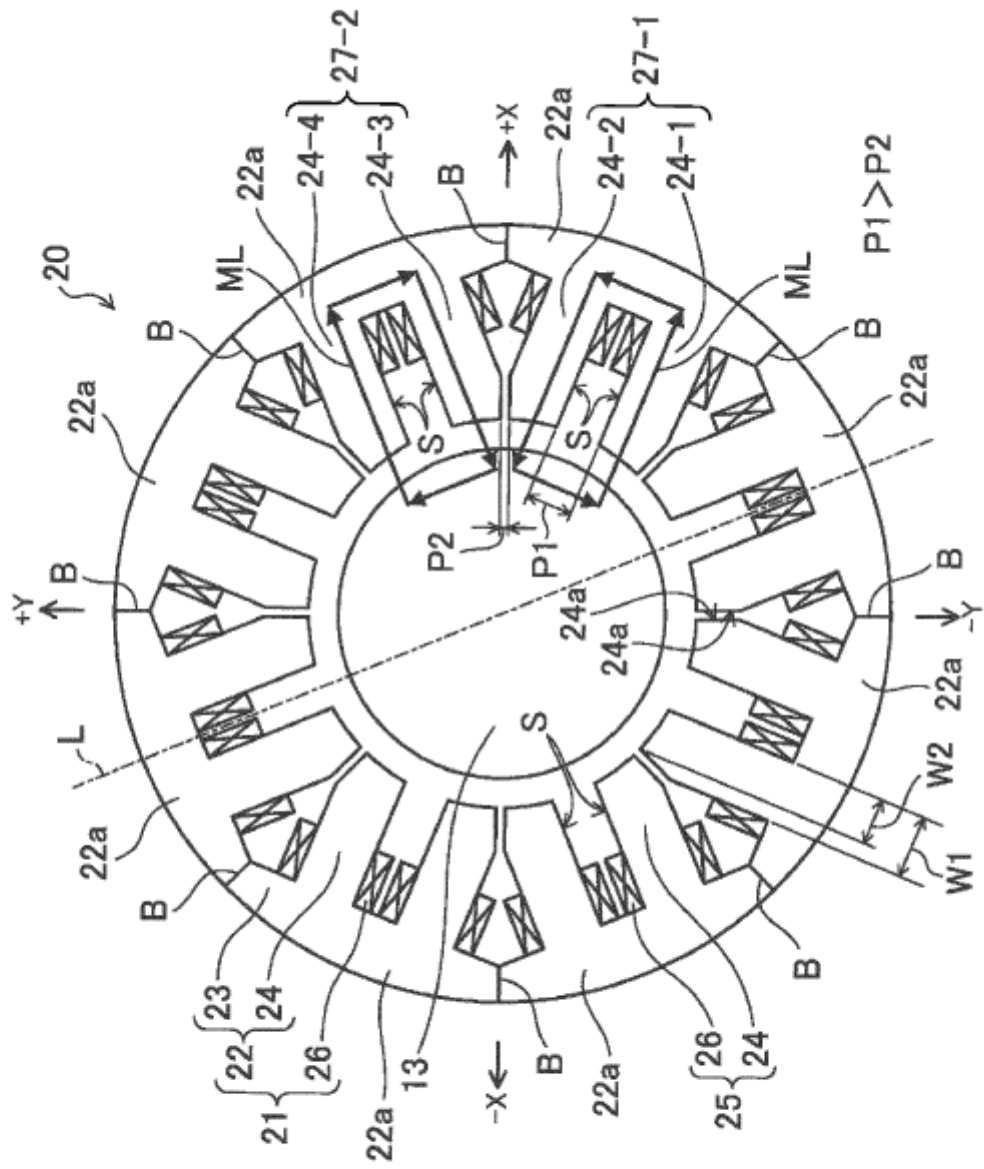


FIG. 7

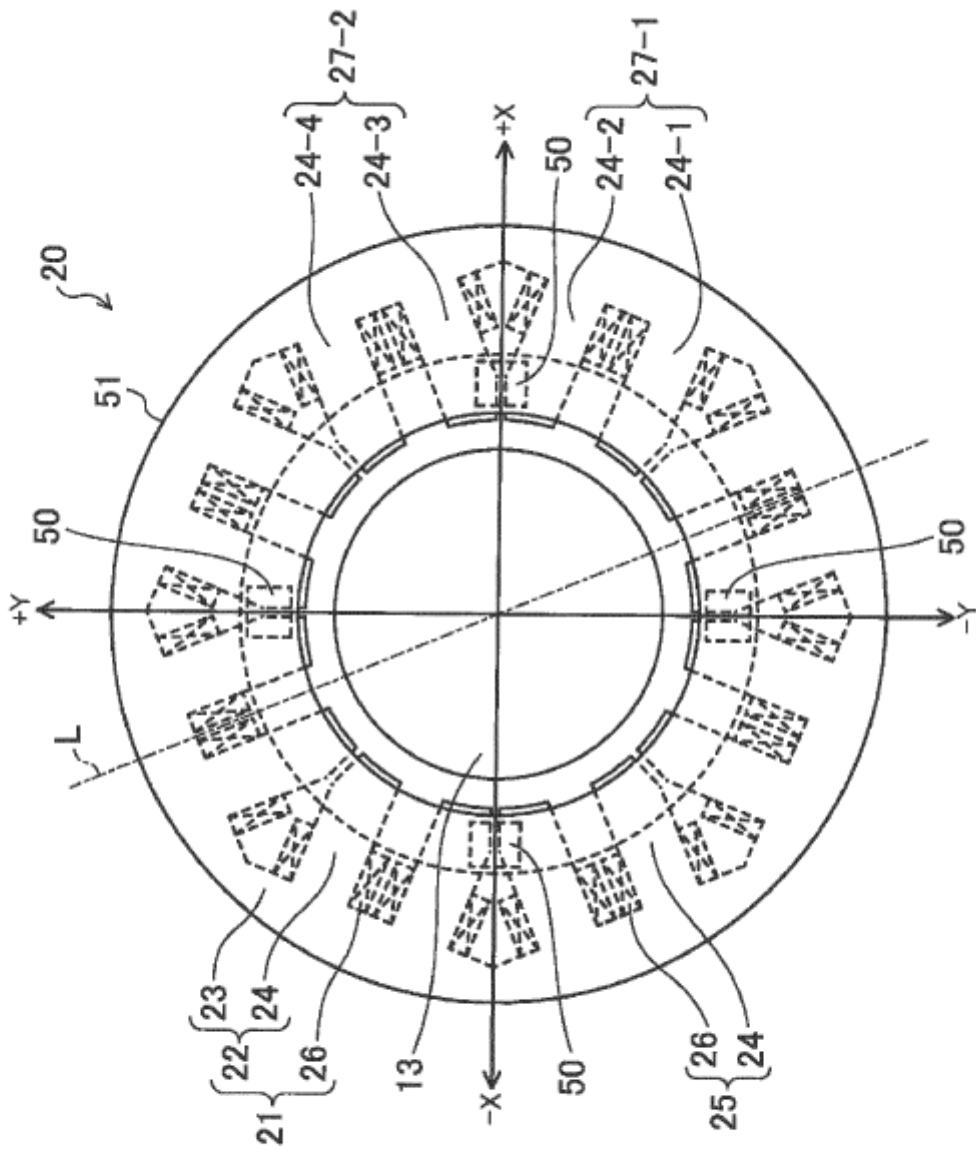
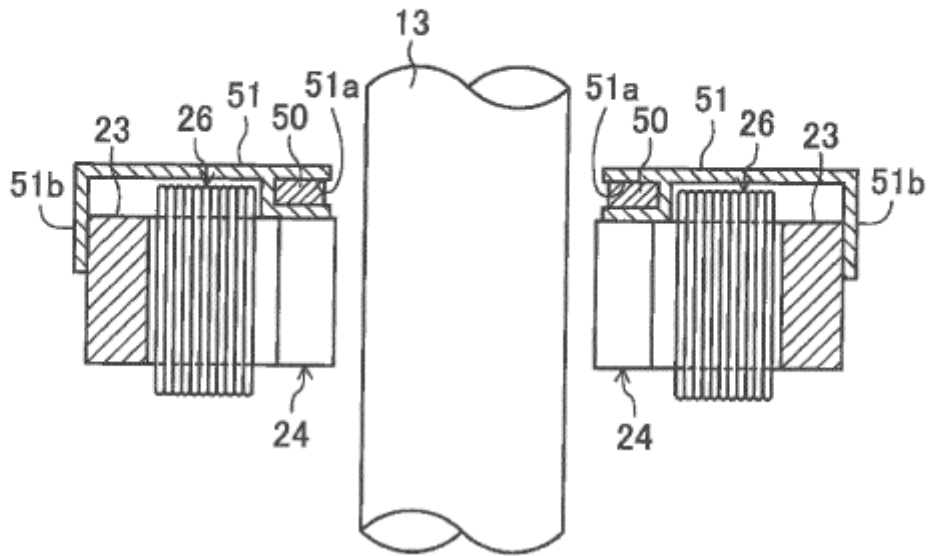


FIG. 8

FIG.9



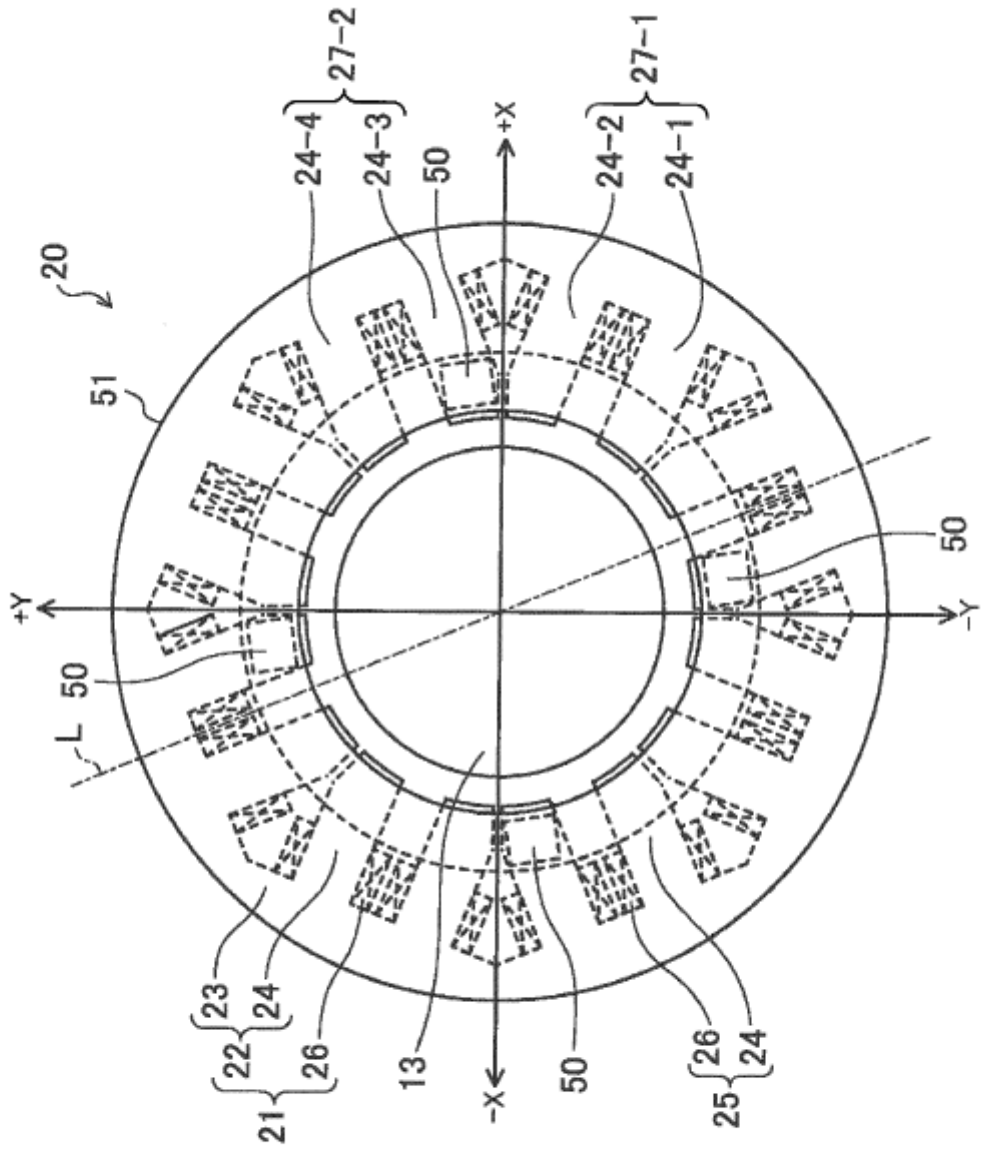


FIG.10

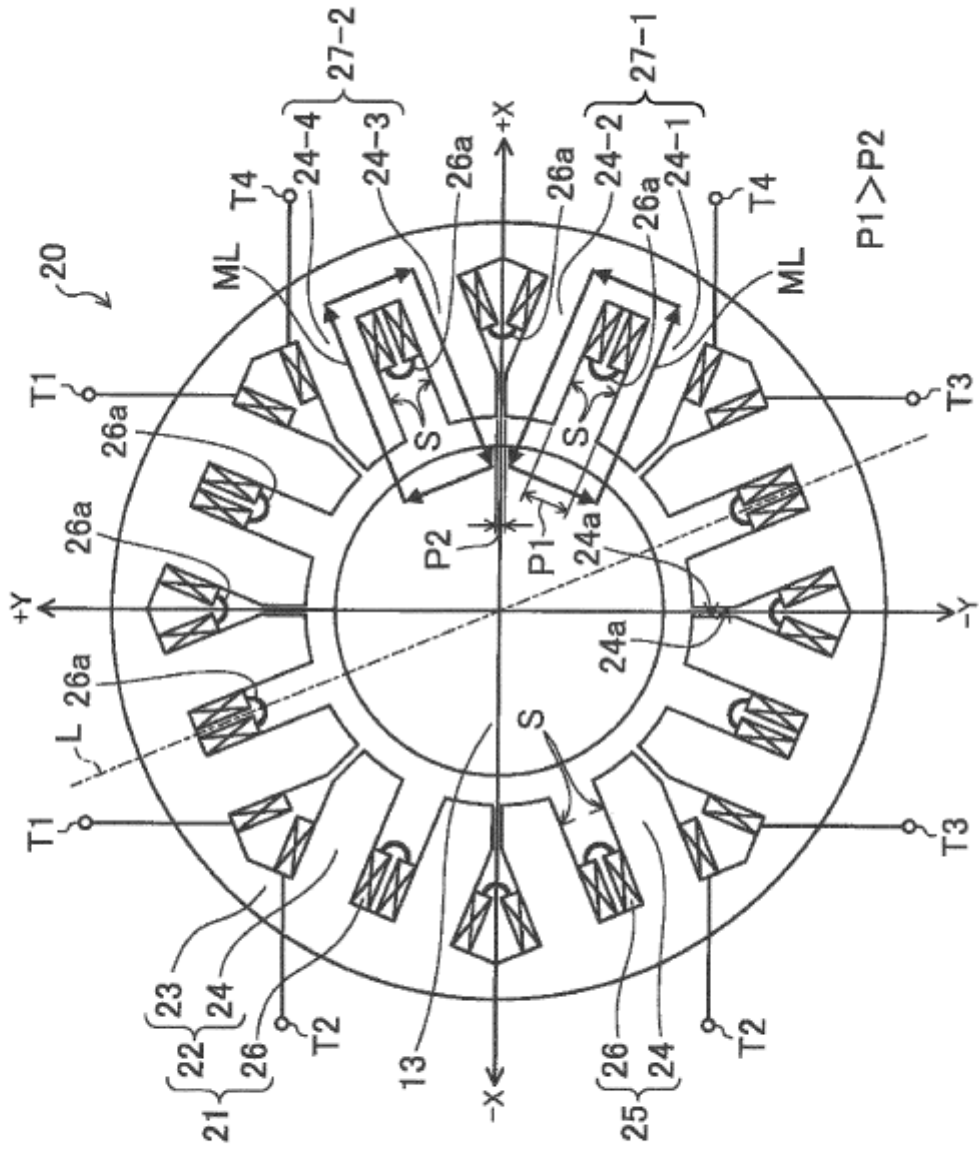


FIG. 11