

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 828**

51 Int. Cl.:

H05B 6/06 (2006.01)

H05B 6/10 (2006.01)

C21D 9/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2017 PCT/US2017/053819**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18064224**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2017 E 17781603 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020 EP 3520565**

54 Título: **Inducción de calor por imán giratorio**

30 Prioridad:

27.09.2016 US 201662400426 P

14.05.2017 US 201762505948 P

06.07.2017 US 201762529053 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.03.2021

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)
3560 Lenox Road, Suite 2000
Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**PRALONG, ANTOINE JEAN WILLY;
KNELSEN, PETER;
GAENSBAUER, DAVID ANTHONY;
BROWN, RODGER;
KOSMICKI, MICHAEL;
CUSTERS, DAVID MICHAEL;
IYER, NATASHA;
WAGSTAFF, ROBERT BRUCE;
MANAVBASI, ALP;
SON, CHANGOOK;
BENDZINSKI, DUANE E.;
KAMAT, RAJEEV G.;
WRIGHT, DAVID SKINGLEY;
HOBBIS, ANDREW JAMES y
BESSON, CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 812 828 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

Inducción de calor por imán giratorio

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de EE.UU. Nº 62/400.426 titulada "ROTATING MAGNET HEAT INDUCTION" y presentada el 27 de septiembre de 2016; la Solicitud de Patente Provisional de EE.UU. Nº 62/505.948 titulada "ROTATING MAGNET HEAT INDUCTION" y presentada el 14 de mayo de 2017; y la Solicitud de Patente Provisional de EE.UU. Nº 62/529.053 titulada "SYSTEMS AND METHODS FOR CURING A COATED METAL STRIP" y presentada el 6 de julio de 2017.

Además, la presente solicitud está relacionada con la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU. Nº 15/716.559 de Antoine Jean Willy Pralong, et al., titulada "SYSTEMS AND METHODS FOR NON-CONTACT TENSIONING OF A METAL STRIP" presentada el 27 de septiembre de 2017; la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU. Nº 15/716.577 de David Michael Custers, titulada "PRE-AGEING SYSTEMS AND METHODS USING MAGNETIC HEATING" presentada el 27 de septiembre de 2017; la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU. Nº 15/716.608 de David Anthony Gaensbauer, et al., titulada "COMPACT CONTINUOUS ANNEALING SOLUTION HEAT TREATMENT" presentado el 27 de septiembre de 2017; la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU. Nº 15/716.692 de David Anthony Gaensbauer, et al., titulada "MAGNETIC LEVITATION HEATING OF METAL WITH CONTROLLED SURFACE QUALITY" presentada el 27 de septiembre de 2017; la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU. Nº 15/717.698 de Andrew James Hobbs, et al., titulada "SYSTEMS AND METHODS FOR THREADING A HOT COIL ON A MILL" presentada el 27 de septiembre de 2017; y la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU. Nº 15/716.570 de Julio Malpica, et al., titulada "RAPID HEATING OF SHEET METAL BLANKS FOR STAMPING" presentada el 27 de septiembre de 2017.

Campo técnico

La presente descripción se refiere al procesamiento de metales de manera general y más específicamente a calentar tiras de metal, tales como tiras de metal no ferroso, usando imanes giratorios. Más específicamente, la presente invención se refiere a un sistema de calentamiento con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 1 y a un método de calentamiento de metal con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 7.

Antecedentes

En el procesamiento de metales, puede ser deseable controlar la temperatura de un producto de metal antes, durante o después de diversos pasos de procesamiento. Por ejemplo, puede ser deseable calentar una tira de metal antes de realizar ciertos procesos, o puede ser deseable mantener el calor en una tira de metal durante una duración de tiempo sin permitir que la tira de metal se enfríe pasada una temperatura mínima. El control de temperatura generalmente puede implicar, de manera general, añadir o eliminar energía térmica a o desde una tira de metal.

Existen diversas técnicas para añadir energía térmica a una tira de metal. Diversas técnicas, en particular las técnicas de contacto directo, pueden inducir efectos indeseables en la tira de metal, tales como el estropeado de la superficie, acumulación de desechos (por ejemplo, carbón de una llama de impacto directo o una fuente de calentamiento de llama indirecta) en la superficie, u otros resultados indeseables. Otras técnicas intentan calentar la tira de metal sin contacto, pero son incapaces de transferir eficientemente la energía térmica a la tira de metal. Algunos otros problemas asociados con las técnicas actuales incluyen altos costes de instalación y/o mantenimiento, ocupar un espacio de producción significativo, limitar la movilidad de la tira de metal que se procesa, e inducir efectos indeseados en la tira de metal.

Un sistema de calentamiento con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 1 y un método de calentamiento de metal con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 7 se conocen a partir del documento JPH04112485A. Ejemplos adicionales de sistemas de calentamiento que usan calentadores de imán giratorio se describen en los documentos US3272956A, FR1387653A, US5914065A y US3008026A.

Compendio

En el contexto anterior, el problema objetivo de la invención es proporcionar un sistema de calentamiento y un método de calentamiento de metal que faciliten la compensación de los efectos de borde. Este problema se resuelve mediante un sistema de calentamiento con las características de la reivindicación 1 y mediante un método de calentamiento de metal con las características de la reivindicación 7.

Las realizaciones de la presente descripción cubierta en la presente memoria se definen mediante las reivindicaciones siguientes, no en este compendio. Este compendio es una descripción general de alto nivel de diversos aspectos de la descripción e introduce algunos de los conceptos que se describen aún más en la sección Descripción detallada a continuación. Este compendio no se pretende que identifique las características clave o

esenciales de la materia objeto reivindicada, ni se pretende que se use de manera aislada para determinar el alcance de la materia objeto reivindicada. La materia objeto se debería entender por referencia a partes apropiadas de toda la especificación de esta descripción, cualquiera de o todos los dibujos y cada reivindicación.

5 Algunas realizaciones de la presente descripción incluyen un calentador de imán giratorio y un sistema que incorpora un calentador de imán giratorio, el calentador de imán giratorio que comprende un rotor superior desplazado verticalmente de un rotor inferior definiendo un hueco entre los mismos para aceptar una tira de metal en movimiento; al menos un motor acoplado a al menos uno del rotor superior y del rotor inferior para hacer girar el al menos uno del rotor superior y del rotor inferior para inducir un campo magnético en movimiento y que varía con el tiempo a través del hueco para calentar la tira de metal en movimiento; y un par de brazos de soporte cada uno acoplado a uno del rotor superior y del rotor inferior para ajustar el hueco.

10 En algunas realizaciones, el calentador de imán giratorio comprende además un rotor superior adicional desplazado verticalmente de un rotor inferior adicional definiendo un hueco adicional entre los mismos para aceptar la tira de metal en movimiento; y un par adicional de brazos de soporte cada uno acoplado a uno del rotor superior adicional y del rotor inferior adicional para ajustar el hueco adicional. El calentador de imán giratorio puede incluir al menos un actuador acoplado a al menos uno del par de brazos de soporte y el par adicional de brazos de soporte para ajustar el hueco en respuesta a una señal; y un controlador acoplado al por lo menos un actuador para proporcionar la señal. El calentador de imán giratorio puede comprender un sensor acoplado al controlador para proporcionar una medición al controlador, en donde el controlador está configurado para proporcionar la señal basada en la medición. En algunos casos, el rotor superior adicional está desplazado lateralmente del rotor inferior adicional de modo que una superposición entre el rotor superior y el rotor inferior sea menor que el ancho de la tira de metal en movimiento. En algunos casos, el calentador de imán giratorio puede comprender un rodillo loco acoplado a un brazo de soporte extensible que se puede mover entre una posición extendida y una posición retraída, en donde al menos uno del rotor superior y del rotor inferior está acoplado al brazo de soporte extensible, y en donde la tira de metal en movimiento pasa adyacente al rotor superior y al rotor inferior cuando el brazo de soporte extensible está en la posición extendida y en donde la tira de metal en movimiento pasa distante del rotor superior y del rotor inferior cuando el brazo de soporte extensible está en la posición retraída. En algunos casos, el calentador de imán giratorio puede incluir al menos un director de flujo colocado adyacente a al menos uno del rotor superior y del rotor inferior para dirigir el flujo magnético desde el al menos uno del rotor superior y del rotor inferior hacia el hueco.

20 En algunas realizaciones, un método comprende pasar una tira de metal a través de un hueco definido entre un rotor superior y un rotor inferior de un primer conjunto de rotores magnéticos; pasar la tira de metal a través de un hueco adicional definido entre un rotor superior adicional y un rotor inferior adicional de un segundo conjunto de rotores magnéticos; girar el primer conjunto de rotores magnéticos para inducir un campo magnético en movimiento y que varía con el tiempo en el hueco para calentar la tira de metal; girar el segundo conjunto de rotores magnéticos para inducir un campo magnético adicional en movimiento y que varía con el tiempo en el hueco adicional para calentar la tira de metal; y ajustar al menos uno del hueco y el hueco adicional de manera que la tensión (por ejemplo, fluctuaciones de tensión) inducida en la tira de metal por el primer conjunto de rotores magnéticos sea compensada por el segundo conjunto de rotores magnéticos. En algunos casos, el método incluye tomar una medición de la tira de metal, en donde ajustar al menos uno del hueco y el hueco adicional incluye hacer un ajuste basado en la medición. En algunos casos, el método incluye ajustar una posición longitudinal de al menos uno del primer conjunto de rotores magnéticos y del segundo conjunto de rotores magnéticos. En algunos casos, el método incluye ajustar una posición lateral de al menos un rotor de al menos uno del primer conjunto de rotores magnéticos y del segundo conjunto de rotores magnéticos.

30 Se proporcionan en la presente memoria sistemas y métodos para curar un recubrimiento aplicado a una tira de metal, que no forman parte de la invención. El recubrimiento puede incluir una pintura, una laca, un laminado, un tratamiento previo, un promotor de la adhesión, un inhibidor de la corrosión o cualquier recubrimiento adecuado aplicado a una tira de metal. Un sistema ejemplar para curar un recubrimiento incluye una cámara de curado y una pluralidad de rotores que tienen cada uno, uno o más imanes. La pluralidad de imanes pueden ser imanes permanentes y/o electroimanes. La cámara de curado incluye una entrada y una salida adecuadas para pasar una tira de metal recubierta a través de la cámara de curado.

35 La pluralidad de rotores se puede colocar dentro de la cámara de curado con relación a una tira de metal recubierta que se mueve a través de la cámara de curado en cualquier disposición adecuada. En una configuración no limitante, al menos un rotor magnético superior se coloca por encima de la tira de metal recubierta y al menos un rotor magnético inferior se coloca por debajo de la tira de metal recubierta. El al menos un rotor magnético superior puede estar alineado con el al menos un rotor magnético inferior, creando una pila de curado sustancialmente vertical, o el al menos un rotor magnético superior puede estar desplazado del al menos un rotor magnético inferior para crear una pila de curado desplazada. El sistema puede tener una pluralidad de pilas de curado. En algunos ejemplos, los rotores que componen cada pila de curado incluyen rotores contrarrotantes. En algunos casos, cada pila de curado proporciona una zona de calentamiento individual que es controlable de manera individual y precisa y ajustable instantáneamente. En algunos casos, la pluralidad de rotores se puede colocar fuera de la cámara de curado y las paredes de la cámara de curado entre la tira de metal recubierta y la pluralidad de rotores pueden estar hechas de un material no conductor y no magnético.

En algunos casos, el sistema solo incluye rotores magnéticos superiores. En otros casos, el sistema solo incluye rotores magnéticos inferiores. Cada rotor magnético o subconjunto de rotores magnéticos puede ser una zona de calentamiento individual que puede ser controlable de manera individual y precisa y ajustable instantáneamente.

5 El sistema está configurado para calentar la tira de metal recubierta y un recubrimiento sobre la tira de metal recubierta mediante calentamiento por inducción. En particular, la rotación de uno o más rotores magnéticos colocados con relación a la tira de metal recubierta induce campos magnéticos en movimiento o que varían en el tiempo dentro de la tira de metal. Los campos magnéticos cambiantes crean corrientes (por ejemplo, corrientes de Foucault) dentro de la tira de metal, calentando de este modo la tira de metal (y, a su vez, cualquier recubrimiento aplicado a la tira de metal) a través de calentamiento por inducción. En algunos casos, el sistema está configurado de modo que el flujo magnético de los rotores magnéticos se concentre en la superficie de la tira de metal.

En algunas configuraciones, un rotor magnético por encima de la tira de metal gira en una primera dirección y un rotor magnético por debajo de la tira de metal gira en una segunda dirección opuesta.

15 Los imanes se pueden incrustar dentro de cada rotor o acoplar de cualquier forma adecuada con una superficie de cada rotor. En algunos ejemplos, se expone al menos una parte de cada imán. Los imanes o un subconjunto de imanes pueden ser de la misma longitud que la longitud longitudinal de cada rotor e incrustarse o unirse a lo largo de un eje longitudinal de cada rotor. En otros ejemplos, al menos algunos de los imanes son más cortos o más largos que la longitud longitudinal de cada rotor.

20 También se proporcionan en la presente memoria métodos de curado de un recubrimiento sobre una tira de metal, que no forman parte de la invención. Un método ejemplar incluye hacer girar una pluralidad de rotores, en donde cada rotor incluye al menos un imán, generar calor a partir de la pluralidad de rotores y pasar una tira de metal recubierta a través de una cámara de curado, en donde pasar la tira de metal recubierta a través de la cámara de curado incluye pasar la tira de metal recubierta a través de la pluralidad de rotores. En algunos casos, cada rotor gira al menos a 200 revoluciones por minuto (RPM).

25 Además se proporciona en la presente memoria un método de calentamiento de un medio de transferencia de calor, que no forma parte de la invención, que comprende hacer girar un rotor, en donde cada rotor incluye al menos un imán, generar calor desde el rotor y pasar el medio de transferencia de calor a una ubicación adyacente al rotor. En algunos casos, el rotor puede girar al menos a 200 revoluciones por minuto (RPM). La generación de calor del rotor magnético puede ser instantánea, controlada con precisión y ajustable instantáneamente. El calor se puede transferir al medio de transferencia de calor mediante calentamiento por inducción. En particular, la rotación de uno o más imanes colocados con relación a la tira de metal recubierta induce campos magnéticos en movimiento o que varían con el tiempo dentro de la tira de metal. Los campos magnéticos cambiantes crean corrientes (por ejemplo, corrientes de Foucault) dentro de la tira de metal, calentando de este modo la tira de metal (y, a su vez, cualquier recubrimiento aplicado a la tira de metal) a través del calentamiento por inducción. El medio de transferencia de calor puede incluir agua, silicio líquido, aire, aceite, cualquier material de cambio de fase adecuado o cualquier gas o líquido adecuado, y el medio de transferencia de calor puede suministrar calor a procesos o ubicaciones adyacentes a la cámara de curado.

Breve descripción de los dibujos

La especificación hace referencia a las siguientes figuras adjuntas, en las que el uso de números de referencia similares en diferentes figuras se pretende que ilustre componentes similares o análogos.

40 La FIG. 1 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 2 es una vista superior de un calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 3 es una proyección axonométrica de un calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.

45 La FIG. 4 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 5 es una vista superior de un calentador de imán giratorio con rotores desplazados según una realización preferida de la presente invención.

La FIG. 6 es una proyección axonométrica de un calentador de imán giratorio con rotores desplazados según otra realización preferida de la presente invención.

50 La FIG. 7 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio con directores de flujo según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 8 es una representación esquemática de un sistema de colada continua que utiliza un calentador o calentadores de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.

- La FIG. 9 es una representación esquemática de un proceso de metalurgia que usa un calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 10 es una representación esquemática de un sistema de control de calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 5 La FIG. 11 es un diagrama de flujo que representa un proceso para usar un calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 12 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio de serpentín según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 10 La FIG. 13 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio retráctil en una posición extendida según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 14 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio retráctil en una posición retraída según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 15 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio de serpentín que usa una combinación de rotores locos según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 15 La FIG. 16 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio que tiene un control de hueco longitudinal según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 17 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio con conjuntos de rotores de un único rotor según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 20 La FIG. 18 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio con placas de metal opuestas de conjuntos de rotores de un único rotor según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 19 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio con rodillos opuestos de conjuntos de rotores de un único rotor según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 20 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio móvil con relación a una tira de metal estacionaria según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 25 La FIG. 21 es una proyección axonométrica de un calentador de imán giratorio que tiene múltiples rotores secundarios según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 22 es una vista superior de un calentador de imán giratorio que tiene múltiples rotores secundarios según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 30 La FIG. 23 es un gráfico que representa la velocidad del rotor y la temperatura de la tira del rotor y la tira de metal de la FIG. 22 bajo una primera condición según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 24 es un gráfico que representa la velocidad del rotor y la temperatura de la tira del rotor y la tira de metal de la FIG. 22 bajo una segunda condición según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 25 es una vista frontal de un rotor que representa un perfil de flujo magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 35 La FIG. 26 es una vista frontal transparente que representa un rotor que tiene un rotor magnético contorneado dentro de una carcasa según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 27 es una vista frontal transparente que representa un rotor que tiene concentradores de flujo según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 40 La FIG. 28 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente con concentradores de flujo según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 29 es una vista frontal que representa un conjunto de rotores que incluye rotores de flujo variable según ciertos aspectos de la presente descripción.
- La FIG. 30 es una vista frontal que representa el conjunto de rotores de la FIG. 29 después de la recolocación de los rotores de flujo variable según ciertos aspectos de la presente descripción.
- 45 La FIG. 31 es una vista frontal que representa un conjunto de rotores que incluye rotores de flujo acampanado según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 32 es una vista frontal que representa técnicas para ajustar la cantidad de flujo magnético que pasa a través de una tira de metal según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 33 es una vista superior de un calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción.

- 5 La FIG. 34 es una combinación de diagrama esquemático y gráfico que representa un sistema de control de tensión y calentamiento magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 35 es una vista frontal de un rotor con un par de manguitos de rotor que proporcionan un perfil de flujo magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

- 10 La FIG. 36 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético por encima de una tira de metal con una guía de flujo según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 37 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético por encima de una tira de metal con una guía de flujo en forma de barra según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 38 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético por encima de una tira de metal con una guía de flujo de protección de borde según ciertos aspectos de la presente descripción.

- 15 La FIG. 39 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético por encima de una tira de metal con un director de flujo según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 40 es una ilustración esquemática de una cámara de curado según ciertos aspectos de la presente descripción.

- 20 La FIG. 41 es una vista en perspectiva que representa un ejemplo de un rotor magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 42 es una vista en sección transversal que representa un ejemplo de un rotor magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 43 es una vista en sección transversal que representa un ejemplo de un rotor magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

- 25 La FIG. 44 es una vista en sección transversal que representa un ejemplo de un rotor magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 45 es un gráfico de un perfil de temperatura de cámara de curado de una cámara de curado por combustión de gas.

- 30 La FIG. 46 es un gráfico de la tasa de aumento de temperatura en comparación con la velocidad del rotor magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 47 es un gráfico de la tasa de aumento de temperatura en comparación con un hueco entre los rotores magnéticos según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 48 es una ilustración esquemática de una cámara de curado y un horno de calentamiento de medios de transferencia de calor según ciertos aspectos de la presente descripción.

35 **Descripción detallada**

Ciertos aspectos y características de la presente descripción se relacionan con un calentador de imán giratorio para productos de metal, tales como tiras de metal, tiras de metal no ferrosas y tiras de aluminio. El calentador de imán giratorio puede incluir uno o más rotores de imán permanente dispuestos por encima y/o por debajo de una tira de metal en movimiento para inducir campos magnéticos en movimiento o que varían con el tiempo a través de la tira de metal. Los campos magnéticos cambiantes pueden crear corrientes (por ejemplo, corrientes de Foucault) dentro de la tira de metal, calentando de este modo la tira de metal. Un conjunto de rotores magnéticos puede incluir uno o más rotores magnéticos, tales como un único rotor magnético o un par de rotores magnéticos emparejados en lados opuestos de una tira de metal que giran a la misma velocidad. Cada rotor magnético de un conjunto se puede colocar equidistante de la tira de metal para evitar tirar de la tira de metal lejos de la línea de paso. Se puede usar un conjunto de rotores magnéticos aguas abajo en estrecha proximidad de un conjunto de rotores magnéticos aguas arriba para compensar la tensión inducida por el conjunto de rotores magnéticos aguas arriba. El uso de uno o más rotores magnéticos, así como otros elementos de calentamiento o de control opcionales, puede inducir un perfil de temperatura personalizado en un artículo de metal. El perfil de temperatura personalizado puede ser un perfil de temperatura específico a lo largo de un ancho lateral del artículo de metal, que incluye un perfil de temperatura uniforme o sustancialmente uniforme.

50

Como se usa en la presente memoria, los términos “por encima”, “por debajo”, “vertical” y “horizontal” se usan para describir orientaciones relativas con respecto a una tira de metal como si la tira de metal estuviera moviéndose en una dirección horizontal con sus superficies superior e inferior generalmente paralelas al suelo. El término “vertical” como se usa en la presente memoria puede referirse a una dirección perpendicular a una superficie (por ejemplo, superficie superior o inferior) de la tira de metal, independientemente de la orientación de la tira de metal. El término “horizontal” como se usa en la presente memoria puede referirse a una dirección paralela a una superficie (por ejemplo, la superficie superior o inferior) de la tira de metal, tal como una dirección paralela a la dirección de desplazamiento de una tira de metal en movimiento, independientemente de la orientación de la tira de metal. Los términos “por encima” y “por debajo” pueden referirse a ubicaciones más allá de las superficies superior o inferior de una tira de metal, independientemente de la orientación de la tira de metal. En algunos casos, una tira de metal puede moverse en una dirección horizontal, una dirección vertical o en cualquier otra dirección, tal como diagonal.

Se puede usar un calentador de imán giratorio en cualquier tira de metal adecuada capaz de generar corrientes de Foucault en presencia de campos magnéticos en movimiento y que varían con el tiempo, pero puede ser especialmente adecuado para su uso con tiras de metal de aluminio. Como se usa en la presente memoria, los términos vertical, longitudinal y lateral se pueden usar con referencia a la tira de metal que se calienta. La dirección longitudinal puede extenderse a lo largo de una dirección de desplazamiento de una tira de metal a través del equipo de procesamiento, tal como a lo largo de una línea de paso a través de una línea de tratamiento térmico de solución de recocido continuo (CASH) u otro equipo. La dirección longitudinal puede ser paralela a las superficies superior e inferior de la tira de metal, así como a los bordes laterales de la tira de metal. La dirección longitudinal puede ser perpendicular a la dirección lateral y a la dirección vertical. La dirección lateral puede extenderse entre los bordes laterales de la tira de metal. La dirección lateral puede extenderse en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal y a la dirección vertical. La dirección vertical puede extenderse entre las superficies superior e inferior de la tira de metal. La dirección vertical puede ser perpendicular a la dirección longitudinal y a la dirección lateral.

Los aspectos y características de la presente descripción se describen en la presente memoria con respecto a las tiras de metal, tales como las tiras de metal fundidas continuamente o desenrolladas, sin embargo, la presente descripción también se puede usar con cualquier producto de metal adecuado, tal como en forma de hojas, láminas, losas, placas, lonas u otros productos de metal. Los aspectos y características de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para cualquier producto de metal que tenga superficies planas. Los aspectos y características de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para cualquier producto de metal que tenga superficies opuestas paralelas o aproximadamente paralelas (por ejemplo, superficies superior e inferior). Como se usa a lo largo de toda esta solicitud, aproximadamente paralelo puede incluir paralelo o dentro de 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9° o 10° de paralelo, según sea adecuado. Como se usa a lo largo de toda esta solicitud, aproximadamente perpendicular puede incluir perpendicular o dentro de 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9° o 10° de perpendicular, según sea adecuado. En algunos casos, aproximadamente paralelos o aproximadamente perpendiculares pueden incluir elementos que están más de 10° fuera de paralelo o fuera de perpendicular, respectivamente.

Se puede lograr un control de calentamiento preciso cuando se usa un calentador de imán giratorio. Tal control preciso se puede lograr a través de la manipulación de diversos factores, incluyendo la intensidad de los imanes en el rotor, el número de imanes en el rotor, la orientación de los imanes en el rotor, el tamaño de los imanes en el rotor, la velocidad del rotor, el tamaño del rotor, el hueco vertical entre rotores desplazados verticalmente en un único conjunto de rotores, la colocación de rotores desplazados lateralmente en un único conjunto de rotores, el hueco longitudinal entre conjuntos de rotores adyacentes, el grosor de la tira que se calienta, la distancia vertical entre el rotor y la tira que se calienta, la velocidad de avance de la tira que se calienta y el número de conjuntos de rotores usados. También se pueden controlar otros factores. En algunos casos, el control de uno o más de los factores antes mencionados, entre otros, se puede basar en un modelo por ordenador, realimentación del operador o realimentación automática (por ejemplo, basada en señales de sensores en tiempo real).

Cada rotor magnético incluye una o más fuentes magnéticas, tales como imanes permanentes o electroimanes. Los rotores de imanes permanentes pueden ser preferibles en algunos casos y pueden ser capaces de lograr resultados más eficientes que los rotores que tienen electroimanes internos. Cada rotor magnético está adaptado para girar alrededor de un eje de rotación que es perpendicular o aproximadamente perpendicular a un eje longitudinal de la tira de metal que pasa adyacente al rotor. En otras palabras, cada rotor magnético gira alrededor de un eje de rotación que es perpendicular o aproximadamente perpendicular a una dirección de procesamiento (por ejemplo, una dirección de rodadura o una dirección aguas abajo) de la tira de metal. El eje de rotación de un rotor magnético también es paralelo o aproximadamente paralelo a un ancho lateral de la tira de metal. En un ejemplo, un rotor magnético que es perpendicular a una dirección aguas abajo y paralelo a un ancho lateral de la tira de metal puede proporcionar ventajosamente potencia de calentamiento y control de tensión (por ejemplo, control de tensión longitudinal) simultáneamente. El movimiento de rotación del rotor hace que las fuentes de imán induzcan un campo magnético en movimiento o cambiante. El rotor se puede hacer girar a través de cualquier método adecuado, incluyendo a través de un motor de rotor (por ejemplo, un motor eléctrico, un motor neumático o de otro modo) o movimiento simpático de una fuente magnética cercana (por ejemplo, otro rotor magnético).

El uso de un rotor magnético giratorio, en contraposición a electroimanes estacionarios, puede permitir una eficiencia mejorada, así como un calentamiento más uniforme de la tira de metal. El uso de electroimanes estacionarios para

5 variar los campos inductivos impartidos a lo largo del ancho de la tira puede generar puntos calientes localizados en la tira. Los campos inductivos de diversas intensidades se pueden causar por la variación natural en los devanados de diferentes electroimanes estacionarios. Las variaciones en los devanados del electroimán pueden dar como resultado algunas ubicaciones que generan más calor que las ubicaciones laterales adyacentes. Los puntos calientes localizados pueden deformar de manera desigual la tira y pueden causar otros defectos de fabricación. Por el contrario, mientras que los imanes permanentes pueden incluir algún nivel de variación magnética inherente a lo largo de las dimensiones o de un imán a otro, esta variación se promedia automáticamente debido a la rotación de los imanes permanentes en el rotor. Ningún único imán permanente está siendo sostenido en cualquier posición lateralmente estacionaria y, de este modo, un campo magnético medio está siendo aplicado por los imanes permanentes giratorios. De este modo, el rotor magnético giratorio es capaz de calentar la tira de metal uniformemente de una manera más controlada. Cuando se usan electroimanes en un calentador de imán giratorio, las variaciones entre los diferentes electroimanes se pueden promediar debido a la rotación del rotor. Este promedio entre las variaciones no ocurre con electroimanes estacionarios.

15 Un conjunto de rotores puede incluir uno o más rotores. En algunos casos, un conjunto de rotores incluye dos rotores desplazados verticalmente que forman un hueco entre los mismos a través del cual se puede pasar la tira de metal. El tamaño del hueco (por ejemplo, hueco vertical) entre los rotores en un conjunto de rotores se puede controlar a través del uso de actuadores apropiados, tales como actuadores lineales (por ejemplo, pistones hidráulicos, accionamientos de tornillo u otros actuadores tales). La posición vertical de cada rotor en un conjunto de rotores puede ser controlable individualmente, o la posición vertical de tanto un rotor superior como inferior de un conjunto de rotores puede ser controlable simultáneamente mediante un único actuador responsable del control del hueco vertical. El hueco vertical se puede centrar alrededor de una línea de paso deseada o real de la tira de metal. En algunos casos, los rotores de un conjunto de rotores girarán en sincronía, al menos debido a la atracción magnética entre ellos. Por ejemplo, cuando un polo sur de un rotor superior está mirando hacia abajo, hacia la tira, un polo norte del rotor inferior puede mirar hacia arriba, hacia la tira.

25 En algunos casos, un conjunto de rotores puede incluir un único rotor situado a cada lado de la tira de metal. En algunos casos, un conjunto de rotores que incluye un único rotor puede incluir opcionalmente un elemento opuesto situado opuesto a la tira de metal del rotor. El elemento opuesto puede facilitar el movimiento del flujo magnético a través de la tira de metal y/o puede proporcionar soporte mecánico para la tira de metal. Ejemplos de elementos opuestos adecuados incluyen placas estacionarias (por ejemplo, una placa de hierro o acero) y rodillos de soporte (por ejemplo, un rodillo de acero). En algunos casos, el uso de un único rotor puede facilitar la autorregulación de los aumentos de temperatura inducidos en la tira de metal debido al campo magnético en movimiento. En algunos casos, el uso de un número impar de rotores en un conjunto de rotores (por ejemplo, 1, 3, 5 o 7 rotores) puede dar como resultado una cantidad desigual de fuerza que se aplica a la tira de metal para mover la tira de metal lejos de una línea de paso deseada. En algunos casos, se pueden proporcionar soportes adicionales (por ejemplo, rodillos de soporte o boquillas de fluido/aire presurizado) para mantener la tira de metal en la línea de paso deseada. En algunos casos, la posición de los rotores en el conjunto de rotores se puede escalonar para mantener la tira de metal cerca de la línea de paso deseada.

40 Un conjunto de rotores puede girar en una dirección "aguas abajo" o en una dirección "aguas arriba". Como se usa en la presente memoria, un conjunto de rotores que gira en una dirección aguas abajo proporciona una fuerza distinta de cero que empuja a la tira de metal en su dirección longitudinal de desplazamiento. Por ejemplo, cuando se mira a una tira de metal desde el lado con la tira de metal moviéndose en su dirección longitudinal de desplazamiento a la derecha, el rotor superior de un conjunto de rotores que gira en una dirección aguas abajo puede girar en el sentido contrario a las agujas del reloj al tiempo que el rotor inferior gira en el sentido de las agujas del reloj. Como se usa en la presente memoria, un conjunto de rotores que gira en una dirección aguas arriba proporciona una fuerza distinta de cero que empuja a la tira de metal en una dirección opuesta a su dirección longitudinal de desplazamiento. Por ejemplo, cuando se mira a una tira de metal desde el lado con la tira de metal moviéndose en su dirección longitudinal de desplazamiento a la derecha, el rotor superior de un conjunto de rotores que gira en una dirección aguas arriba puede girar en el sentido de las agujas del reloj al tiempo que el rotor inferior gira en el sentido contrario a las agujas del reloj.

50 En algunos casos, se pueden usar concentradores de flujo magnético adyacentes a los rotores. Un concentrador de flujo magnético puede ser cualquier material adecuado capaz de redirigir el flujo magnético. El concentrador de flujo magnético puede recibir flujo magnético de imanes en el rotor que no están cerca o directamente mirando a la tira y redirigir ese flujo magnético hacia la tira (por ejemplo, en una dirección perpendicular a una superficie superior o inferior de la tira). Los concentradores de flujo magnético también pueden proporcionar beneficios de blindaje magnético entre el rotor y el equipo adyacente distinto de la tira de metal que se calienta. Por ejemplo, los concentradores de flujo magnético pueden permitir que los conjuntos de rotores desplazados longitudinalmente adyacentes se coloquen más cerca entre sí con menos interacción magnética entre los dos. Los concentradores de flujo magnético pueden estar hechos de cualquier material adecuado, incluyendo acero aleado con silicio (por ejemplo, acero eléctrico). Un concentrador de flujo magnético puede comprender múltiples laminaciones. Los concentradores de flujo magnético pueden ser desviadores de flujo o controladores de flujo. Cuando se usan concentradores de flujo magnético, los rotores pueden ser capaces de lograr resultados eficientes a velocidades de rotación más bajas y los imanes pueden ser capaces de ser colocados más lejos de la tira de metal.

Un calentador de imán giratorio puede incluir uno o más conjuntos de rotor. En algunos casos, el calentador de imán giratorio incluye al menos dos conjuntos de rotores que incluyen un conjunto de rotores aguas arriba y un conjunto de rotores aguas abajo. Cuando se usan al menos dos conjuntos de rotores, un conjunto de rotores puede compensar cualquier tensión longitudinal inducida por otro de los conjuntos de rotores. En algunos casos, múltiples conjuntos de rotores pueden contrarrestar la tensión longitudinal inducida por un único conjunto de rotores, o un único conjunto de rotores puede contrarrestar la tensión longitudinal inducida por múltiples conjuntos de rotores. En algunos casos, el número total de conjuntos de rotores es par (por ejemplo, dos, cuatro, seis, etc.). Como se usa en la presente memoria, una agrupación de rotores es una colección de dos o más conjuntos de rotores que proporcionan un efecto neto a la tensión longitudinal de la tira de metal que está en o por debajo del 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9% o 10%. Por ejemplo, una agrupación de rotores puede incluir un conjunto de rotores magnéticos aguas arriba que gira en una dirección aguas abajo, induciendo por ello tensión en la dirección longitudinal de desplazamiento de la tira de metal, junto con un conjunto de rotores magnéticos aguas abajo que gira en una dirección aguas arriba, reduciendo o contrarrestando por ello la tensión inducida desde el conjunto de rotores aguas arriba. Debido a que las características de la tira de metal pueden cambiar cuando se añade calor por cada conjunto de rotores, las características de cada uno de los conjuntos de rotores en una agrupación de rotores se pueden controlar para contrarrestar adecuadamente la tensión inducida. Por ejemplo, el hueco vertical de un primer conjunto de rotores se puede ajustar dinámicamente para inducir una tensión apropiada que contrarreste o sea contrarrestada por un segundo conjunto de rotores con un hueco vertical conocido o fijo. Si bien puede ser deseable ajustar el hueco vertical entre los rotores cuando se controla la cantidad de tensión a aplicar a una tira de metal, también se pueden ajustar otras variables, tales como la velocidad de rotación.

Debido a la naturaleza y orientación de los rotores en un calentador de imán giratorio, un calentador de imán giratorio se puede instalar, retirar y mantener fácilmente en una línea de equipos de procesamiento. El calentador de imán giratorio puede ocupar menos espacio que los calentadores de inducción electromagnética estacionarios. Además, muchos calentadores de inducción electromagnéticos estacionarios requieren bobinas envueltas alrededor de la tira de metal que se calienta, requiriendo de este modo conexiones y/o maniobras complejas para retirar la tira de metal de las bobinas de inducción. Si es necesario, una tira de metal se puede retirar de inmediato y fácilmente de un calentador de imán giratorio. En algunos casos, los controles verticales y/o laterales de un calentador de imán giratorio se pueden usar para mover el calentador de imán giratorio lejos de la tira de metal y/o la línea de paso entre carreras, para mantenimiento, para enhebrar la tira a través de los equipos de procesamiento, o simplemente cuando no se desea el calor adicional para una parte de la tira de metal.

Las técnicas de calentamiento magnético actuales, tales como los calentadores de inducción electromagnéticos estacionarios, generalmente proporcionan un calentamiento ineficiente, tal como un calentamiento con eficiencias en o por debajo del 50%, 45% o 40%. Los calentadores de imán giratorio, como se describe en la presente memoria, pueden operar a eficiencias mucho mayores, tales como eficiencias del 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80% u 85%. Además, los calentadores de imanes giratorios pueden proporcionar la misma cantidad de calentamiento en un espacio más pequeño que muchas técnicas de calentamiento magnético o electromagnético actuales. Además, el hueco vertical entre los rotores se puede ajustar en un calentador magnético giratorio, permitiendo que se cree más espacio en caso de que una tira de metal comience a desviarse de una línea de paso deseada, evitando de este modo que la tira de metal entre en contacto con el calentador de imán giratorio y causando potencialmente daños al calentador o a la tira de metal. Por el contrario, muchas técnicas de calentamiento magnético actuales, tales como calentadores de inducción electromagnéticos estacionarios, son incapaces de ajustar su hueco, lo que puede conducir a un impacto no deseado si la tira de metal comienza a desviarse de la línea de paso deseada.

Además, el uso de imanes permanentes puede requerir menos energía para aplicar la energía térmica deseada en comparación con los electroimanes, especialmente a medida que aumentan las temperaturas de operación. Cuando las temperaturas de operación aumentan demasiado, los electroimanes no funcionan más tiempo correctamente y se deben gastar recursos significativos para enfriar suficientemente los electroimanes. Por el contrario, los imanes permanentes pueden funcionar a temperaturas más altas, no generan calor por ellos mismos y pueden requerir menos refrigeración.

Según sea necesario, se puede aplicar control de temperatura a los rotores o a cualquier equipo adyacente para mantener operaciones de alta eficiencia y/o condiciones de operación seguras. El control de temperatura puede incluir aire forzado, líquido u otros mecanismos de intercambio de calor de fluidos. El control de temperatura se puede combinar con concentradores de flujo magnético para asegurar que el equipo adyacente a los rotores no se sobrecaliente.

Un calentador de imán giratorio puede ser especialmente adecuado para procesos en los que no es deseable el contacto físico con la tira de metal. Por ejemplo, los calentadores de imán giratorio pueden ser especialmente útiles en líneas de CASH (por ejemplo, como un recalentador o precalentador para un horno de flotación). En una línea de CASH, el metal pasa a través de numerosas secciones a baja tensión. Algunas líneas de CASH pueden ser de hasta aproximadamente 800 metros de longitud o más largas. En ciertas secciones, tales como el horno y las secciones de refrigeración, la tira de metal puede no estar soportada por rodillos u otros dispositivos de contacto. La tira de metal puede atravesar secciones sin soporte de aproximadamente 100 metros o más largas. A medida que se desarrollen las futuras líneas de CASH, estas longitudes pueden llegar a ser más largas. En las secciones sin soporte, la tira de

metal se puede hacer flotar sobre cojines de fluido (por ejemplo, un gas o aire). Puede ser deseable proporcionar calor (por ejemplo, energía térmica) a la tira de metal durante estas secciones sin soporte. Por lo tanto, puede ser deseable usar calentadores de imán giratorio sin contacto en estas secciones. Opcionalmente, la adición de un calentador de imán giratorio antes de estas secciones sin soporte puede ayudar a calentar rápidamente la tira, minimizando por ello la necesidad de secciones sin soporte más largas. Además, la tira que atraviesa un conjunto vertical de imán giratorio sin contacto experimenta una fuerza de repulsión vertical de cada imán que da como resultado una estabilización vertical de la tira en el medio del hueco de los imanes giratorios.

Ciertos aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para secar una tira de metal. Uno o más calentadores de imanes giratorios pueden calentar la tira de metal sin entrar en contacto con la tira de metal y pueden facilitar la evaporación de líquido en las superficies de la tira de metal. Ciertos aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para recalentar una tira de metal por encima de una distancia corta. En algunos casos, un calentador de imán giratorio puede recalentar rápidamente una tira de metal, tal como después de un enfriado rápido (por ejemplo, después de un enfriado rápido después de un laminado en caliente para calibrar).

Ciertos aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente muy adecuados para controlar la temperatura de la tira sin impartir cambios de temperatura indeseables al lubricante u otros fluidos en la superficie de la tira de metal. Por ejemplo, algunos lubricantes pueden tener propiedades indeseables a altas temperaturas. Cuando una tira de metal se calienta en un horno o a través de la aplicación de aire caliente o el impacto de llama directa, el lubricante en la superficie de la tira de metal se puede calentar desde el horno caliente, el aire caliente o la llama directa, y puede alcanzar rápidamente temperaturas indeseables antes de que la tira de metal en sí misma se haya calentado hasta la temperatura deseada durante un periodo de tiempo deseado. Sin embargo, con el uso de calentadores de imanes giratorios, los campos magnéticos cambiantes inducidos por el movimiento relativo de los imanes con respecto a la tira de metal no impartirían cambios de temperatura directamente en el lubricante, sino que más bien calentarían la tira de metal en sí misma. En tales casos, el lubricante se puede calentar sustancialmente o solo a través de conducción térmica de la tira de metal. De este modo, la tira de metal se puede calentar a una temperatura deseada durante un período de tiempo deseado con un riesgo reducido o sin riesgo de que el lubricante alcance temperaturas indeseables. En algunos casos, el calentamiento usando otras técnicas puede correr el riesgo de sobrecalentar el recubrimiento.

Algunas técnicas tradicionales para curar un recubrimiento, tales como hornos de gas y calentadores de infrarrojos, calientan el recubrimiento desde la superficie externa hacia el interior (por ejemplo, desde la superficie externa del recubrimiento hacia la interfaz entre el recubrimiento y el artículo de metal). De este modo, las técnicas tradicionales tienden a calentar primero la superficie del recubrimiento, que a menudo tiene una concentración más alta de pintura u otro material que más abajo de la superficie del recubrimiento, que puede contener una concentración más alta de solvente. Como resultado, las técnicas actuales usan solventes diseñados muy específicamente para asegurar que no se formen burbujas durante el calentamiento, lo que puede afectar negativamente a la superficie del recubrimiento, que se había calentado primero en las técnicas tradicionales. Por el contrario, ciertos aspectos de la presente descripción permiten que el recubrimiento se caliente desde el interior hacia fuera (por ejemplo, desde la interfaz con el artículo de metal hacia la superficie del recubrimiento). De este modo, hay menos preocupación por las burbujas de solvente, dado que la superficie del recubrimiento es la última parte del recubrimiento a ser calentada. Por lo tanto, ciertos aspectos de la presente descripción pueden permitir el uso de más tipos diferentes de solventes o solventes con requisitos menos estrictos.

Además, algunas técnicas tradicionales para curar un recubrimiento requieren la presencia de una atmósfera de alta temperatura cerca del recubrimiento que se cura, tal como los gases calientes dentro de un horno de gas o el aire caliente adyacente a los calentadores de infrarrojos. Dado que los solventes pueden evaporarse a la atmósfera circundante, hay un aumento del riesgo de explosión o ignición a medida que la temperatura de la atmósfera aumenta. Por ejemplo, una atmósfera a 300°C puede tener un potencial explosivo mucho más alto que una atmósfera a temperatura ambiente. De este modo, las técnicas tradicionales se pueden limitar de manera efectiva por las preocupaciones de seguridad, lo que puede dar como resultado una disminución en la velocidad de la línea o en la velocidad de procesamiento, así como una disminución en la cantidad o tipos de solventes permitidos a ser usados en un recubrimiento particular. Por el contrario, ciertos aspectos de la presente descripción permiten que el recubrimiento se caliente desde el interior hacia fuera, lo que puede ocurrir en una atmósfera circundante que es mucho más baja que las técnicas tradicionales, tal como una atmósfera circundante que está a o cerca de la temperatura ambiente (por ejemplo, de la sala). De este modo, ciertos aspectos de la presente descripción pueden permitir velocidades de línea o velocidades de procesamiento más rápidas, así como permitir el uso de mayores cantidades de solventes y diferentes tipos de solventes que pueden haber sido inutilizables por las técnicas tradicionales.

Ciertos aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente muy adecuados para aumentar o disminuir la tensión en la tira de metal sin entrar en contacto con la tira de metal al tiempo que se proporciona simultáneamente calor a la tira de metal. Por ejemplo, cuando se ha de calentar una tira de metal después de desenrollarla de una bobina, uno o más rotores que giran todos en la misma dirección (por ejemplo, aguas arriba hacia la desbobinadora) pueden actuar para reducir la tensión en la tira de metal después de cada rotor. Del mismo modo, cuando se ha de calentar una tira de metal antes de enrollarla en una bobina, uno o más rotores que giran todos en la misma

dirección (por ejemplo, aguas abajo hacia la rebobinadora) pueden aumentar la tensión en la tira de metal a medida que se acerca a la rebobinadora, al tiempo que aumenta simultáneamente la temperatura de la tira de metal. La tensión se puede controlar en cualquier sitio durante el procesamiento del metal, tal como antes o después de cualquier equipo de procesamiento adecuado, incluyendo equipos distintos de desbobinadoras y rebobinadoras.

5 Ciertos aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para calentar una parte de la superficie de la tira de metal a una profundidad deseada. Por ejemplo, los calentadores de imán giratorio se pueden colocar para calentar la superficie de la tira de metal hasta la profundidad deseada (por ejemplo, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14%, 15%, 16%, 17%, 18%, 19% o 20% del grosor de la tira de metal) sin calentar sustancialmente el centro de la tira de metal.

10 En algunos casos, un calentador de imán giratorio puede ser especialmente útil para productos de fusión donde una tira de metal incluye una sección de núcleo hecha de un material diferente al de una sección de revestimiento. Los parámetros ajustables del calentador de imán giratorio se pueden manipular para lograr los resultados deseados basados en el tipo de materiales seleccionados para el revestimiento y el núcleo y basados en el grosor del revestimiento.

15 En algunos casos, la cantidad de flujo magnético aplicado a la tira de metal se puede ajustar a través de diversas técnicas. El flujo aplicado de un calentador de imán giratorio se puede ajustar fuera de línea (por ejemplo, antes de pasar una tira de metal adyacente al calentador de imán giratorio) o dinámicamente (por ejemplo, ajustar mientras que una tira de metal está pasando adyacente al calentador de imán giratorio). En algunos casos, la cantidad de flujo magnético aplicado por el calentador de imán giratorio puede variar a lo largo del ancho del calentador. Por
20 ejemplo, cuando se usa un rotor de flujo constante, la tira de metal puede llevar un perfil de temperatura (por ejemplo, perfil de temperatura a lo largo del ancho de la tira de metal) que incluya puntos calientes cerca de los bordes y puntos fríos justo hacia dentro de los bordes. Para combatir tal perfil de temperatura y en lugar de intentar lograr un perfil de temperatura plano, un calentador de imán giratorio puede tener un flujo que varía a lo largo de su ancho, tal como proporcionar un flujo aumentado en las ubicaciones de los puntos fríos y un flujo disminuido en las
25 ubicaciones de los puntos calientes. Como se describe en la presente memoria, se pueden usar otras técnicas para combatir los puntos calientes para lograr un perfil de temperatura deseado (por ejemplo, un perfil de temperatura personalizado) a lo largo del artículo de metal, tal como un perfil de temperatura uniforme a lo largo de un ancho lateral del artículo de metal.

30 El flujo magnético de un calentador de imán giratorio se puede ajustar fuera de línea o dinámicamente de varias formas. En algunos casos, se pueden añadir concentradores de flujo al rotor en las ubicaciones deseadas para aumentar el flujo a través del mismo. Por ejemplo, el acero eléctrico, también conocido como acero laminado o acero de transformador, se puede usar como concentrador de flujo adecuado. En algunos casos, se puede colocar un concentrador de flujo adyacente a un extremo radial de cada uno de los imanes individuales en una posición lateral particular en el rotor. En algunos casos, los imanes más fuertes o más débiles se pueden seleccionar para su
35 inclusión en ubicaciones específicas del rotor. En algunos casos, se pueden usar imanes más grandes (por ejemplo, de mayor diámetro o grosor) en ubicaciones donde se desea un aumento de flujo y se pueden usar imanes más pequeños en ubicaciones donde se desea menos flujo. En algunos casos, se pueden usar materiales magnéticamente opacos o magnéticamente translúcidos para inhibir el flujo en ubicaciones no deseadas. En algunos casos, un rotor puede estar hecho de numerosos rotores secundarios alineados axialmente. Para lograr un aumento
40 o disminución de flujo en diversas ubicaciones en el rotor, los rotores secundarios en esa ubicación pueden girar más rápido o más lento que los otros rotores secundarios del rotor. En algunos casos, cada rotor secundario se puede controlar individualmente, tal como a través de motores individuales. En algunos casos, cada rotor secundario puede acoplar mecánicamente entre sí o acoplar a un único motor de accionamiento usando engranajes para lograr las velocidades de rotación deseadas unos con respecto a otros. En algunos casos, una transmisión (por ejemplo,
45 transmisión con múltiples tamaños de engranajes o una transmisión continuamente variable) puede permitir que se ajusten dinámicamente las velocidades de ciertos rotores secundarios con respecto a la velocidad de otros rotores secundarios.

50 Los imanes (por ejemplo, fuentes magnéticas) en los rotores pueden tener cualquier perfil de flujo magnético deseable. En algunos casos, puede ser deseable un perfil plano. En algunos casos, se puede diseñar un perfil de flujo para minimizar el riesgo de puntos calientes o fríos en la tira de metal. En algunos casos, un perfil de flujo puede ser variable de una forma que proporcione una flexibilidad mejorada para proporcionar diversas cantidades diferentes de flujo a través de la tira de metal dependiendo de la posición y/u orientación del rotor. En un ejemplo, un rotor puede tener un perfil de flujo que toma una forma de corona continuamente variable y, opcionalmente, se puede colocar opuesto a un rotor que tiene un perfil de flujo complementario. El control de la posición y/u orientación
55 del rotor puede permitir que la cantidad de flujo que atraviesa la tira de metal se ajuste como se desee.

En algunos casos, la cantidad de flujo magnético aplicado a la tira de metal se puede ajustar insertando una pieza de material magnéticamente translúcido o magnéticamente opaco entre el rotor y la tira de metal.

60 En uso, un calentador de imán giratorio proporciona calor a una tira de metal adyacente induciendo corrientes de Foucault dentro de la tira de metal. Las corrientes de Foucault inducidas provienen de los campos magnéticos en movimiento y que varían con el tiempo, generados por los rotores y por el movimiento relativo de la tira de metal

pasados los rotores. Los campos magnéticos en movimiento y que varían con el tiempo se pueden modelar en hasta cuatro subpartes, incluyendo una primera parte atribuible al movimiento de la tira de metal pasados los rotores, una segunda parte atribuible a la rotación de los imanes alrededor del eje de rotación del rotor, una tercera parte atribuible a la rotación de la orientación de los imanes a medida que giran alrededor del eje de rotación del rotor, y una cuarta parte atribuible a la atenuación o concentración del flujo debida a dispositivos adicionales como blindaje o concentradores de flujo en áreas localizadas a lo largo de la tira. El modelado de la generación de calor en la tira de metal en movimiento se complica aún más debido al cambio en la inductancia y/o la resistividad de la tira de metal a medida que cambian sus propiedades físicas (por ejemplo, temperatura). También, los efectos de la superficie (por ejemplo, calentamiento desigual a lo largo de la altura vertical de la tira) y los efectos de borde (por ejemplo, calentamiento desigual a lo largo del ancho lateral de la tira) pueden complicar aún más el modelado. A través de numerosos modelos y experimentación, se ha descubierto que diversos aspectos y características de la presente descripción, como se describe con detalle adicional en la presente memoria, son especialmente adecuados para calentar tiras de metal con alta eficiencia.

Ciertos aspectos y características de la presente descripción se describen con referencia a una tira de metal en movimiento, tal como una tira de metal en movimiento que pasa adyacente a un calentador de imán giratorio. Los conceptos aplicables a una tira de metal en movimiento también pueden ser aplicables del mismo modo al metal estacionario (por ejemplo, tiras de metal estacionarias, placas, lonas u otros productos de metal) adyacentes a un calentador magnético giratorio en movimiento. Por ejemplo, en lugar de que una tira de metal se mueva adyacente a un rotor, la tira de metal se puede mantener estacionaria al tiempo que el rotor se traslada a lo largo de una longitud de la tira de metal estacionaria, tal como al tiempo que el rotor también está girando. Además, ciertos aspectos y características de la presente descripción pueden ser adecuados para su uso con piezas de metal distintas de las tiras de metal, en movimiento o estacionarias. Por ejemplo, los calentadores magnéticos giratorios se pueden usar con barras laminadas, extrusiones, losas (por ejemplo, de más de 10 mm de grosor), metal de más de 50 mm o 100 mm de grosor, barras de más de 400 mm a 500 mm de diámetro, productos de metal no simétricos u otros productos de metal adecuados.

En algunos casos, los calentadores magnéticos giratorios como se describen en la presente memoria se pueden disponer alrededor de un producto de metal. Los rotores magnéticos, tales como los descritos en la presente memoria, se pueden disponer simétricamente o distribuir por igual alrededor de un producto de metal, tal como caras opuestas adyacentes de una tira de metal (por ejemplo, los rotores superior e inferior) o una orientación triple alrededor de una barra de metal (por ejemplo, rotores magnéticos separados por igual en ángulos de 120° uno de otro como se ve en la dirección de movimiento relativo de la barra de metal con respecto a los rotores magnéticos). La disposición de los rotores magnéticos alrededor de un producto de metal se puede seleccionar para lograr el calentamiento deseado en el producto de metal. En algunos casos, una disposición de rotores magnéticos puede enfocar la mayoría del flujo magnético a través del centro de un producto de metal (por ejemplo, una varilla de metal) para proporcionar más calor al centro del producto de metal que a la superficie externa del producto de metal, permitiendo de este modo que el centro se caliente más rápido que la superficie externa del producto de metal. Se puede usar cualquier número de rotores magnéticos en una disposición, tal como un rotor magnético, dos rotores magnéticos (por ejemplo, dispuestos en ángulos de 180° uno de otro), tres rotores magnéticos (por ejemplo, dispuestos en ángulos de 120° unos de otros), cuatro rotores magnéticos (por ejemplo, dispuestos en ángulos de 90° unos de otros), o más. En algunos casos, los rotores magnéticos en una disposición se pueden orientar simétricamente o distribuir por igual alrededor de un eje central (por ejemplo, el eje longitudinal de la tira de metal), sin embargo, en algunos casos, los rotores magnéticos se pueden disponer asimétricamente o con una distribución desigual alrededor del producto de metal.

Ciertos aspectos y características de la presente descripción se relacionan con los calentadores de imán giratorio que proporcionan un campo magnético cambiante (por ejemplo, un flujo magnético cambiante) a través de una tira de metal. En algunos casos, se pueden usar otras fuentes de campos magnéticos cambiantes, tales como electroimanes; imanes que se mueven en una trayectoria no circular, tal como a lo largo de una cinta (por ejemplo, similar a la tira de rodadura de un tanque) o en una trayectoria alargada; imanes que giran sobre un disco; u otras fuentes tales de campos magnéticos cambiantes. En algunos casos, los calentadores de imán giratorio como se describen en la presente memoria, pueden tener ventajas sobre otras fuentes de campos magnéticos cambiantes, aunque se pueden usar otras fuentes de campos magnéticos cambiantes según sea aplicable.

Ciertos aspectos y características de la presente descripción se pueden usar para proporcionar un calentamiento puntual en una ubicación localizada en una tira de metal u otro producto de metal. La ubicación se puede definir en una, dos o tres dimensiones. Por ejemplo, la ubicación se puede definir como una ubicación a lo largo de un ancho lateral de la tira de metal, dando como resultado de este modo un calentamiento magnético en toda la longitud de la tira de metal en ese ancho lateral. En otro ejemplo, la ubicación se puede definir como una ubicación a lo largo de un ancho lateral y una longitud longitudinal de la tira de metal, dando como resultado de este modo un calentamiento magnético en ciertas partes de la tira de metal (por ejemplo, una parte cuadrada de 10 cm x 10 cm de la tira de metal que se repite cada 1 m). Este calentamiento localizado bidimensional se puede lograr alterando el movimiento relativo de la tira de metal y el calentador magnético (por ejemplo, usando una tira de metal estacionaria, un calentador magnético en movimiento, o de otro modo). En algunos casos, se puede proporcionar una tercera dimensión de localización concentrando el flujo magnético a profundidades particulares en la tira de metal. Este tipo de calentamiento puntual puede proporcionar capacidades de recocido puntual a un calentador magnético,

permitiendo que ciertas partes de un producto de metal (por ejemplo, una tira de metal) se recuezan sin recocer otras partes del producto de metal. Este recocido puntual puede ser útil, especialmente cuando se desea una alta resistencia para un producto de metal, pero se necesita una conformabilidad aumentada en la región donde tiene lugar un proceso de estampado.

5 En algunos casos, las tiras de material pintado o recubierto, tales como las tiras de metal, requieren procedimientos de curado posteriores para eliminar el agua, los solventes y/u otros aditivos adecuados contenidos en un recubrimiento para los procedimientos de aplicación. El curado se puede requerir, por ejemplo, para proporcionar un recubrimiento suave y bien adherido a la tira de material. Los parámetros de curado pueden afectar las características de recubrimiento de una tira de metal, incluyendo la adhesión, el brillo, el color, la lubricidad de la superficie, la forma general de la lámina y las propiedades mecánicas, por nombrar unas pocas. Según ciertos aspectos y características de la presente descripción, los rotores magnéticos se pueden usar para curar recubrimientos sobre artículos de metal, tales como tiras de metal. Un sistema ejemplar incluye rotores con imanes alojados en una cámara de curado. Los rotores giratorios con imanes asociados pueden inducir campos magnéticos en movimiento o que varían con el tiempo dentro de la tira de metal recubierta. Los campos magnéticos cambiantes pueden crear corrientes (por ejemplo, corrientes de Foucault) dentro de la tira de metal, calentando de este modo la tira de metal y su recubrimiento. Además, se pueden usar imanes giratorios para calentar agua o cualquier otra materia de intercambio de calor adecuada para su uso en otros sistemas o procesos.

10 En algunos ejemplos no limitantes, un sistema para curar un recubrimiento sobre una tira de metal o de otro material incluye una cámara de curado y una pluralidad de rotores, cada uno de los rotores que incluye al menos un imán. Los recubrimientos adecuados para ser curados mediante los sistemas y métodos descritos incluyen recubrimientos orgánicos, recubrimientos inorgánicos, recubrimientos híbridos orgánico-inorgánicos, recubrimientos a base de agua, recubrimientos a base de solvente, pinturas, adhesivos, lacas, recubrimientos en polvo y/o laminados, u otros.

15 En algunos casos, los rotores magnéticos pueden ser útiles para proporcionar calentamiento a artículos de metal posteriores que tienen diferentes necesidades térmicas (por ejemplo, puntos de ajuste de temperatura deseados). Por ejemplo, un primer artículo de metal y un artículo de metal posterior se pueden procesar inmediatamente uno después del otro en el mismo equipo y el uso de rotores magnéticos para proporcionar calentamiento puede permitir que el sistema se ajuste rápidamente desde un punto de ajuste de temperatura para el primer artículo de metal hasta el punto de ajuste de temperatura para el segundo artículo de metal. Este ajuste rápido puede ayudar a reducir la cantidad de material que se debe achatarrar durante una transición entre artículos de metal posteriores.

20 Estos ejemplos ilustrativos se dan para introducir al lector a la materia objeto general tratada aquí y no se pretende que limiten el alcance de los conceptos descritos. Las siguientes secciones describen diversas características y ejemplos adicionales con referencia a los dibujos en los que números similares indican elementos similares y se usan descripciones direccionales para describir las realizaciones ilustrativas pero, como las realizaciones ilustrativas, no se deberían usar para limitar la presente descripción. Los elementos incluidos en las ilustraciones en la presente memoria pueden no estar dibujados a escala.

25 La FIG. 1 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio 100 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 100 puede incluir cualquier número de rotores 108, 110, 112, 114 y conjuntos de rotores 104, 106. Como se ve en la FIG. 1, el calentador de imán giratorio 100 incluye un primer conjunto de rotores 104 y un segundo conjunto de rotores 106. El primer conjunto de rotores 104 incluye un primer rotor superior 108 y un primer rotor inferior 110 separados verticalmente y que definen un hueco entre los mismos. En algunos casos, como se ha mencionado anteriormente, un conjunto de rotores incluye solo un rotor superior. En otros casos, un conjunto de rotores incluye solo un rotor inferior. Se puede pasar una tira de metal 102 a través del hueco vertical en la dirección 124. El primer rotor superior 108 se puede soportar por un primer brazo de soporte de rotor superior 116, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar el hueco vertical en el primer conjunto de rotores 104. El primer rotor inferior 110 se puede soportar por un primer brazo de soporte de rotor inferior 118, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar el hueco vertical en el primer conjunto de rotores 104. En algunos casos, uno o ambos de los primeros brazos de soporte del rotor superior e inferior 116, 118 pueden ser fijos o ajustables verticalmente. El primer conjunto de rotores 104 se muestra operando en una dirección aguas arriba, en donde el primer rotor superior 108 se representa como que gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj mientras que el primer rotor inferior 110 se representa como que gira en una dirección en el sentido contrario a las agujas del reloj.

30 El segundo conjunto de rotores 106 incluye un segundo rotor superior 112 y un segundo rotor inferior 114 separados verticalmente y que definen un hueco entre los mismos. Se puede pasar una tira de metal 102 a través del hueco vertical en la dirección 124. El segundo rotor superior 112 se puede soportar por un segundo brazo de soporte de rotor superior 120, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar el hueco vertical en el segundo conjunto de rotores 104. El segundo rotor inferior 114 se puede soportar por un segundo brazo de soporte de rotor inferior 122, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar el hueco vertical en el segundo conjunto de rotores 104. En algunos casos, uno o ambos de los segundos brazos de soporte de rotor superior e inferior 120, 122 pueden ser fijos o ajustables verticalmente. El segundo conjunto de rotores 104 se muestra operando en una dirección aguas abajo, en donde el segundo rotor superior 112

se representa como que gira en una dirección en el sentido contrario a las agujas del reloj mientras que el segundo rotor inferior 114 se representa como que gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj.

Los conjuntos de rotores se pueden disponer para girar en cualquier dirección adecuada. En algunos casos, el primer conjunto de rotores 104 puede operar en una dirección aguas abajo, en donde el primer rotor superior 108 gira en una dirección en el sentido contrario a las agujas del reloj mientras que el primer rotor inferior 110 gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj. El segundo conjunto de rotores 104 puede operar en una dirección aguas arriba, en donde el segundo rotor superior 112 gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj mientras que el segundo rotor inferior 114 gira en una dirección en el sentido contrario a las agujas del reloj. En algunos casos, los conjuntos de rotores adyacentes (por ejemplo, el primer conjunto de rotores 104 y el segundo conjunto de rotores 106) pueden operar en direcciones opuestas (por ejemplo, aguas arriba y aguas abajo como se muestra en la FIG. 1), lo que puede facilitar contrarrestar cualquier cambio de tensión inducido por uno de los conjuntos de rotores. En algunos casos, como se describe con más detalle en la presente memoria, los conjuntos de rotores adyacentes pueden operar en la misma dirección, tal como para inducir cambios de tensión en la tira de metal.

En algunos casos, un calentador de imán giratorio puede incluir conjuntos de rotores adicionales, tales como 3, 4, 5, 6, 7, 8 o más conjuntos de rotores. En otros casos, un calentador de imán giratorio puede incluir solo un conjunto de rotores. Cada rotor 108, 110, 112, 114 puede incluir una o más fuentes magnéticas. Una fuente magnética puede ser cualquier fuente o flujo magnético, tal como un imán permanente o un electroimán. En algunos casos, un rotor incluye al menos un imán permanente.

La FIG. 2 es una vista superior de un calentador de imán giratorio 200 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 200 puede ser similar al calentador de imán giratorio 100 de la FIG. 1, aunque con cuatro conjuntos de rotores 204, 206, 226, 228 mostrados. La tira de metal 202 puede pasar a través de los huecos verticales de cada uno de los cuatro conjuntos de rotores 204, 206, 226, 228 en la dirección 224. Como se ve desde arriba, el primer conjunto de rotores 204 puede incluir un primer rotor superior 208 soportado por un primer brazo de soporte de rotor superior 216 y accionado por un primer motor de rotor superior 238, el segundo conjunto de rotores 206 puede incluir un segundo rotor superior 212 soportado por un segundo brazo de soporte de rotor superior 220 y accionado por un segundo motor de rotor superior 240, el tercer conjunto de rotores 226 puede incluir un tercer rotor superior 230 soportado por un tercer brazo de soporte de rotor superior 234 y accionado por un tercer motor de rotor superior 242, y el cuarto conjunto de rotores 228 puede incluir un cuarto rotor superior 232 soportado por un cuarto brazo de soporte de rotor superior 236 y accionado por un cuarto motor de rotor superior 244. Los rotores inferiores de cada uno de los conjuntos de rotores de la FIG. 2 están alineados lateralmente con sus respectivos rotores superiores y, por lo tanto, no son visibles en la FIG. 2.

La FIG. 3 es una proyección axonométrica de un calentador de imán giratorio 300 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 300 puede ser similar al calentador de imán giratorio 200 de la FIG. 2. El primer conjunto de rotores 304 incluye un primer rotor superior 308 soportado por un primer brazo de soporte de rotor superior 316 y accionado por un primer motor de rotor superior 338 así como un primer rotor inferior 310 soportado por un primer brazo de soporte de rotor inferior 318 y motorizado por un primer motor de rotor inferior 350. El segundo conjunto de rotores 306 incluye un segundo rotor superior 312 soportado por un segundo brazo de soporte de rotor superior 320 y accionado por un segundo motor de rotor superior 340 así como un segundo rotor inferior 314 soportado por un segundo brazo de soporte de rotor inferior 322 y motorizado por un segundo motor de rotor inferior 352. El tercer conjunto de rotores 326 incluye un tercer rotor superior 330 soportado por un tercer brazo de soporte de rotor superior 334 y accionado por un tercer motor de rotor superior 342 así como un tercer rotor inferior 346 soportado por un tercer brazo de soporte de rotor inferior 358 y motorizado por un tercer motor de rotor inferior 354. El cuarto conjunto de rotores 328 incluye un cuarto rotor superior 332 soportado por un cuarto brazo de soporte de rotor superior 336 y accionado por un cuarto motor de rotor superior 344 así como un cuarto rotor inferior 348 soportado por un cuarto brazo de soporte de rotor inferior 360 y motorizado por un cuarto motor de rotor inferior 356.

Se puede usar cualquier fuente adecuada de fuerza motriz en lugar de un motor de rotor. Se puede usar cualquier motor adecuado como motor de rotor. En algunos casos, los motores de rotor se pueden acoplar rotacionalmente a sus respectivos rotores a través de una transmisión por correa o cadena, permitiendo que el motor de rotor en sí mismo se coloque a una distancia de su rotor respectivo. En algunos casos, un único motor puede accionar uno o más de un rotor, incluyendo uno o más de un rotor de un único conjunto de rotores. En algunos casos, el motor del rotor se puede acoplar a un controlador para ajustar la velocidad del rotor. En algunos casos, el motor de rotor está diseñado para proporcionar una cantidad fija de par, y los ajustes deseados a un conjunto de rotores se pueden lograr manipulando el hueco vertical entre los rotores del conjunto de rotores.

Cada uno de los brazos de soporte de rotor 316, 320, 334, 336, 318, 322, 358, 360 se puede accionar para mover los respectivos rotores 308, 312, 330, 332, 310, 314, 346, 348 en una o más de una dirección vertical (por ejemplo, hacia arriba y hacia abajo), una dirección longitudinal (por ejemplo, en la dirección 224 o la dirección 224 opuesta), y una dirección lateral (por ejemplo, a lo largo de una dirección paralela al eje de rotación del rotor respectivo). El movimiento vertical puede controlar el hueco vertical entre los rotores de un único conjunto de rotores. El movimiento longitudinal puede controlar el hueco longitudinal entre conjuntos de rotores adyacentes. El movimiento lateral puede

controlar el porcentaje de la superficie de la tira de metal 302 cubierta por un rotor particular y, por lo tanto, la cantidad de flujo magnético que pasa a través de partes de la superficie de la tira de metal 302, como se ve con más detalle con respecto a las FIGS. 5-6.

5 La FIG. 4 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente 400 según ciertos aspectos de la presente descripción. El rotor magnético 400 es un ejemplo de un rotor adecuado para ser los rotores 108, 110, 112, 114 de la FIG. 1. El rotor magnético 400 puede incluir una o más fuentes magnéticas 403. Como se ve en la FIG. 4, el rotor magnético 400 incluye ocho fuentes magnéticas 403 que son imanes permanentes. Los imanes se pueden disponer en cualquier orientación adecuada. Las fuentes magnéticas 403 se pueden disponer de manera que imanes permanentes adyacentes proporcionen diferentes polos que miran radialmente hacia fuera (por ejemplo, alternando N, S, N, S, N, S, N, S). Se puede usar cualquier imán permanente adecuado, tal como samario-cobalto, neodimio u otros imanes. En algunos casos, los imanes de samario-cobalto pueden ser deseables sobre los imanes de neodimio, en la medida que los imanes de samario-cobalto pueden disminuir la intensidad del campo magnético más lentamente con temperaturas más altas. Sin embargo, en algunos casos, los imanes de neodimio pueden ser deseables sobre los imanes de samario-cobalto, en la medida que los imanes de neodimio tienen intensidades de campo más fuertes a temperaturas más frías.

Las fuentes magnéticas 403 pueden estar encerradas por una carcasa 401. La carcasa 401 puede ser de cualquier material adecuado capaz de permitir que el flujo magnético pase a través del mismo. En algunos casos, la carcasa 401 puede estar hecha de o puede incluir además un recubrimiento no metálico. En algunos casos, la carcasa 401 puede incluir un recubrimiento de Kevlar.

20 En algunos casos, el rotor magnético 400 puede incluir un núcleo ferromagnético 405 que tiene un eje central 407. El rotor magnético 400 puede incluir otras disposiciones internas adecuadas para soportar las fuentes magnéticas 403. Se puede usar cualquier número adecuado de fuentes magnéticas 403, sin embargo se ha encontrado que se pueden lograr resultados eficientes con un número par de fuentes magnéticas 403, específicamente seis u ocho fuentes magnéticas 403.

25 Las fuentes magnéticas 403 se pueden dimensionar para cubrir cualquier porcentaje de la circunferencia del rotor magnético 400. Se pueden lograr resultados eficientes con fuentes magnéticas 403 dimensionadas para ocupar aproximadamente 40%-95%, 50%-90% o 70%-80% de la circunferencia del rotor magnético 400.

El rotor magnético 400 se puede formar en cualquier tamaño adecuado, sin embargo, se ha encontrado que se pueden lograr resultados eficientes con un rotor que tiene un diámetro entre 200 mm y 600 mm, al menos 300 mm, al menos 400 mm, al menos 500 mm o al menos 600 mm.

El grosor de cada fuente magnética 403 puede ser cualquier grosor adecuado capaz de encajar dentro del rotor magnético 400, sin embargo, se ha encontrado que se pueden lograr resultados eficientes con grosores de imán permanente de al menos 15 mm, 15-100 mm, 15-40 mm, 20-40 mm, 25-35 mm, 30 mm o 50 mm. Se pueden usar otros grosores.

35 A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente con el uso de seis u ocho imanes colocados alrededor de un único rotor, aunque se pueden usar otros números de imanes. Cuando se usan demasiados imanes, la potencia de calentamiento puede caer. En algunos casos, la cantidad de imanes se puede seleccionar para minimizar el coste de instalación y/o mantenimiento (por ejemplo, la cantidad de imanes a comprar). En algunos casos, el número de imanes se puede seleccionar para minimizar las fluctuaciones de tensión que ocurren en la tira de metal debido al movimiento de los imanes adyacentes a la tira de metal. Por ejemplo, muy pocos imanes pueden causar fluctuaciones de tensión más grandes y/o más largas, mientras que más imanes pueden causar fluctuaciones más pequeñas y/o más cortas. A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente cuando los imanes ocupan del 40% al 95% de la circunferencia del rotor, o más específicamente del 50%-90% o del 70%-80% de la circunferencia del rotor. A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente cuando el diámetro del rotor es grande, tal como de o más de 200, 300, 400, 500 o 600 mm. Además, el uso de rotores más grandes puede ayudar a minimizar los costes de los imanes. A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente cuando el diámetro del rotor es grande, tal como de o más de 200, 300, 400, 500 o 600 mm. Además, el uso de rotores más grandes puede ayudar a minimizar los costes de los imanes.

40 A medida que aumenta la velocidad del rotor, la potencia de calentamiento tiende a aumentar. Sin embargo, en algunos casos, si la velocidad del rotor alcanza un nivel de umbral, aumentos adicionales en la velocidad impactarán negativamente en la eficiencia de calentamiento debido a las características inherentes de inductancia y resistencia de la tira de metal. Se ha determinado que a o aproximadamente a 1800 revoluciones por minuto (por ejemplo, dentro del 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15% o 20% de 1800 revoluciones por minuto) puede ser una velocidad deseable en parte debido a la simplicidad en el control de motores de rotor a la frecuencia de 60 Hz encontrada en la red eléctrica en diversos lugares. En algunos casos, se pueden seleccionar otras frecuencias basadas en el motor de rotor usado y/o la red eléctrica suministrada. Se ha determinado que, si bien la velocidad del

rotor puede ser un método útil para controlar la cantidad de energía térmica aplicada a la tira de metal, puede ser ventajoso mantener una velocidad del rotor constante y usar el control del hueco vertical y otros controles para ajustar la cantidad de energía térmica aplicada a la tira de metal.

5 A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente cuando los grosores de los imanes permanentes en el rotor están entre 15-40 mm, 20-40 mm o 25-35 mm, o en o aproximadamente en 30 mm. Si bien se puede obtener una potencia de calentamiento fuerte con imanes más gruesos, el uso de imanes dentro de los intervalos anteriores puede proporcionar una potencia de calentamiento suficientemente fuerte al tiempo que se mantienen simultáneamente bajos los costes de instalación/mantenimiento de los imanes.

10 A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se obtiene una potencia de calentamiento altamente eficiente para tiras de metal que tienen grosores de o aproximadamente de 2 mm (por ejemplo, de 1 mm a 4 mm o de 1 mm a 3 mm), aunque se pueden usar tiras de metal de otros tamaños. En algunos casos, mientras que calentar una tira de metal que tiene un grosor de 1 mm puede proporcionar un calentamiento rápido, también puede inducir tensión y fluctuaciones de tensión indeseables en la tira de metal. A través de pruebas y experimentación, se ha
15 determinado que la tensión de la tira se puede controlar de manera eficiente cuando se usan tiras de metal que tienen grosores de o aproximadamente de 2 mm (por ejemplo, de 1 mm a 4 mm o de 1 mm a 3 mm).

La FIG. 5 es una vista superior de un calentador 500 de imán giratorio con rotores desplazados según una realización preferida de la presente invención. El calentador de imán giratorio 500 puede ser similar al calentador de imán giratorio 200 de la FIG. 2, aunque con el tercer y cuarto conjuntos de rotores 526, 528 en una configuración desplazada. El uso de rotores desplazados lateralmente, tales como en un único conjunto de rotores, facilita la compensación del efecto de borde. El efecto de borde es un calentamiento desigual de un borde de una tira de metal 502, especialmente cuando un rotor se extiende más allá del borde de la tira de metal 502. El grado de desplazamiento está exagerado en la FIG. 5 con propósitos ilustrativos.

25 La tira de metal 502 puede pasar a través de los huecos verticales de cada uno de los cuatro conjuntos de rotores 504, 506, 526, 528 en la dirección 524. Como se ve desde arriba, el primer conjunto de rotores 504 incluye un primer rotor superior 508 soportado por un primer brazo de soporte de rotor superior 516 y accionado por un primer motor de rotor superior 538, el segundo conjunto de rotores 506 incluye un segundo rotor superior 512 soportado por un segundo brazo de soporte de rotor superior 520 y accionado por un segundo motor de rotor superior 540, el tercer conjunto de rotores 526 incluye un tercer rotor superior 530 soportado por un tercer brazo de soporte de rotor superior 534 y accionado por un tercer motor de rotor superior 542, y el cuarto conjunto de rotores 528 incluye un cuarto rotor superior 532 soportado por un cuarto brazo de soporte de rotor superior 536 y accionado por un cuarto motor de rotor superior 544.

Debido a que el tercer y cuarto conjuntos de rotores 526, 528 están en una configuración desplazada, se pueden ver el tercer rotor inferior 546 y su tercer brazo de soporte de rotor inferior 558, así como el cuarto rotor inferior 548 y su cuarto motor de rotor inferior 556. La configuración desplazada puede implicar que el rotor superior de un conjunto de rotores esté desplazado lateralmente del rotor inferior de un conjunto de rotores. El tercer rotor superior 530 del tercer conjunto de rotores 526 se ve desplazado en una primera dirección, mientras que el tercer rotor inferior 546 está desplazado en una segunda dirección opuesta a la primera dirección. El grado de desplazamiento se puede definir mediante las líneas 562, 564. La distancia desde la línea 564 hasta el primer borde de la tira de metal 502 (por ejemplo, el borde hacia la parte superior de la FIG. 5) puede ser la distancia a la que los rotores 530 y 548 se superponen a la tira de metal 502. La distancia desde la línea 562 hasta el segundo borde de la tira de metal 502 (por ejemplo, el borde hacia la parte inferior de la FIG. 5) puede ser la distancia a la que los rotores 546 y 532 se superponen a la tira de metal 502. La distancia entre la línea 562 y la línea 564 puede ser la distancia a la que la tira de metal 502 se superpone por ambos rotores 530, 546 del tercer conjunto de rotores 526. Esa distancia es también la distancia a la que la tira de metal 502 se superpone por ambos rotores 548, 532 del cuarto conjunto de rotores 528, aunque en algunos casos el cuarto conjunto de rotores 528 puede asumir una distancia de superposición diferente a la del tercer conjunto de rotores 526. En uso, la distancia de superposición de rotores (por ejemplo, la distancia entre las líneas 562, 564) puede ser de al menos el 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, 96%, 97%, 98% o 99% del ancho lateral de la tira de metal 502. Sin embargo, la distancia de superposición de rotores puede ser menor que el 90% en algunos casos.

En algunos casos, puede ser ventajoso para los últimos conjuntos de rotores de un calentador de imán giratorio estar en configuraciones desplazadas. En un ejemplo de un calentador de imán giratorio que tiene seis conjuntos de rotores, los últimos cuatro conjuntos de rotores pueden estar en una configuración desplazada. Como se ve en la FIG. 5, el calentador de imán giratorio 500 incluye cuatro conjuntos de rotores 504, 506, 526, 528 de los cuales los dos últimos (por ejemplo, los conjuntos de rotores 526, 528) están en configuraciones desplazadas.

Los brazos de soporte de rotor pueden ajustar la posición del rotor en una dirección lateral (por ejemplo, hacia arriba o hacia abajo como se ve en la FIG. 5) para mover un rotor dentro o fuera de una configuración desplazada. En algunos casos, se pueden usar uno o más sensores de temperatura para proporcionar realimentación activa para controlar la posición de los rotores en una configuración desplazada y, de este modo, la cantidad de superposición

de rotores. A medida que la cantidad de superposición de rotores disminuye, tal como por debajo del 100% o del 110% del ancho de la tira de metal 502, se puede mitigar el efecto de borde.

La FIG. 6 es una proyección axonométrica de un calentador de imán giratorio 600 con rotores desplazados según otra realización preferida de la presente invención. El calentador de imán giratorio 600 puede ser similar al calentador de imán giratorio 500 de la FIG. 5. El primer conjunto de rotores 604 incluye un primer rotor superior 608 soportado por un primer brazo de soporte de rotor superior 616 y accionado por un primer motor de rotor superior 638 así como un primer rotor inferior 610 soportado por un primer brazo de soporte de rotor inferior 618 y motorizado por un primer motor de rotor inferior 650. El segundo conjunto de rotores 606 incluye un segundo rotor superior 612 soportado por un segundo brazo de soporte de rotor superior 620 y accionado por un segundo motor de rotor superior 640 así como un segundo rotor inferior 614 soportado por un segundo brazo de soporte de rotor 622 y motorizado por un segundo motor de rotor inferior 652. El tercer conjunto de rotores 626 incluye un tercer rotor superior 630 soportado por un tercer brazo de soporte de rotor superior 634 y accionado por un tercer motor de rotor superior 642 así como un tercer rotor inferior 646 soportado por un tercer brazo de soporte de rotor inferior 658 y motorizado por un tercer motor de rotor inferior 654. El cuarto conjunto de rotores 628 incluye un cuarto rotor superior 632 soportado por un cuarto brazo de soporte de rotor superior 636 y accionado por un cuarto motor de rotor superior 644 como así como un cuarto rotor inferior 648 soportado por un cuarto brazo de soporte de rotor inferior 660 y motorizado por un cuarto motor de rotor inferior 656.

De manera similar a como se representa en la FIG. 5, el tercer conjunto de rotores 626 y el cuarto conjunto de rotores 628 se representan en una configuración desplazada.

La FIG. 7 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio 700 con directores de flujo 766 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 700 puede ser similar al calentador de imán giratorio 100 de la FIG. 1, sin embargo, con la adición de los directores de flujo 766 (por ejemplo, concentradores de flujo o guías de flujo), que pueden permitir que los rotores 708, 710, 712, 714 estén separados aún más de la tira de metal 702 que los disponibles para los rotores en la FIG. 1. La tira de metal 702 que pasa en la dirección 724 puede recibir flujo magnético directamente de los rotores 708, 710, 712, 714 donde el rotor respectivo está más cerca de la tira de metal 702 (por ejemplo, un polo magnético situado en el borde del rotor más cercano a la tira de metal), así como indirectamente a través del director de flujo 766. El director de flujo 766 puede dirigir el flujo magnético desde las fuentes magnéticas en el rotor 708, 710, 712, 714 que no están orientadas hacia la tira de metal 702, tales como fuentes magnéticas que están dirigiendo el flujo en una dirección paralela a la dirección 724, hacia la tira de metal 702. Además, la presencia de directores de flujo 766 alrededor de los rotores 708, 710, 712, 714 puede permitir que el primer conjunto de rotores 704 y el segundo conjunto de rotores 706 se coloquen más cerca entre sí sin tanta interferencia magnética como si no se usaran los directores de flujo 766. Como se representa en la FIG. 1, cada rotor puede tener cuatro polos magnéticos alrededor de la circunferencia del rotor. La posición de los directores de flujo 766 se puede ajustar para asegurar que ninguno de los polos magnéticos se cortocircuite entre sí a través del director de flujo 766. Por ejemplo, si los rotores contenían más de cuatro polos magnéticos, el director de flujo 766 puede ser ligeramente más pequeño para evitar cortocircuitos indeseables del flujo magnético.

Los directores de flujo 766 pueden incluir hierro o materiales a base de hierro adecuados para enfocar, concentrar o dirigir de otro modo el flujo hacia la tira de metal 702. Por ejemplo, los directores de flujo 766 se pueden construir con laminados de acero aleados con silicio. En algunos casos, los directores de flujo 766 se pueden situar adyacentes al rotor, a lo largo del ancho de un rotor, en uno o ambos lados (por ejemplo, aguas arriba o aguas abajo del rotor). Los directores de flujo 766 se pueden situar a lo largo del ancho completo del rotor, o más o menos que el ancho completo del rotor. En algunos casos, los directores de flujo 766 se pueden colocar para compensar el efecto de borde redirigiendo el flujo magnético adyacente a los bordes de la tira de metal 702. Los directores de flujo 766 se pueden mantener estacionarios con respecto al rotor giratorio 708, 710, 712, 714. En algunos casos, los directores de flujo 766 se pueden asegurar a los brazos de soporte de rotor 716, 718, 720, 722 o en cualquier otro lugar. En la FIG. 7, se representan dos directores de flujo por rotor. El número de dos directores de flujo puede corresponder a un rotor con dos polos magnéticos (por ejemplo, dos polos magnéticos que miran externamente). El número de directores de flujo se puede aumentar para permitir el uso de cuatro, seis, ocho, diez o más polos por rotor, aunque se puede usar cualquier número adecuado de directores de flujo.

La FIG. 8 es una representación esquemática de un sistema de colada continua 800 que utiliza el calentador o calentadores de imán giratorio 868, 869 según ciertos aspectos de la presente descripción. Una máquina de colada continua 870 puede sacar un producto de metal, tal como una tira de metal 802. La tira de metal 802 puede pasar opcionalmente a través de un equipo de eliminación de calor, tal como un equipo de refrigeración (por ejemplo, refrigerado por agua o refrigerado por aire), un equipo de ablación u otro equipo tal. En algunos casos, el transporte continuo de la tira de metal 802, incluyendo el contacto con el aire ambiente y/o el contacto con rodillos no calentados, puede reducir la temperatura de la tira de metal 802. Antes de entrar en un puesto de laminación en caliente 874, la tira de metal 802 se puede calentar mediante un calentador de imán giratorio 868, tal como el calentador de imán giratorio 100 de la FIG. 1 o cualquier otro calentador de imán giratorio como se describe en la presente memoria. En algunos casos, la tira de metal 802 se puede calentar mediante un calentador de imán giratorio 869 después de salir del puesto de laminación en caliente 874. En algunos casos, la tira de metal 802, después de salir del calentador de imán giratorio 869, puede pasar por procesos adicionales, tales como laminado en caliente adicional, laminado en frío u otros procesos. En un sistema de colada continua 800, los calentadores de

5 imán giratorio 868, 869 pueden aumentar o mantener la temperatura de la tira antes o después de diversos procesos, tales como el laminado en caliente. El uso de calentadores de imán giratorio 868, 869 puede mejorar la eficiencia y la velocidad de producción de metal en los sistemas de colada continua 800. Se puede usar cualquier número de calentadores de imán giratorio 868, 869 y, en algunos casos, solo se usa uno de los calentadores de imán giratorio 868, 869.

10 La FIG. 9 es una representación esquemática de un sistema de metalurgia 900 que usa un calentador de imán giratorio 968 según ciertos aspectos de la presente descripción. El sistema de metalurgia 900 incluye un calentador de imán giratorio 968, tal como el calentador de imán giratorio 100 de la FIG. 1 o cualquier otro calentador de imán giratorio como se describe en la presente memoria. El calentador de imán giratorio 968 actúa sobre una tira de metal 902.

En algunos casos, el calentador de imán giratorio 968 se puede situar inmediatamente aguas abajo de una pieza de equipo de procesamiento aguas arriba 976 con el fin de mantener o aumentar la temperatura de la tira de metal 902 después de salir del equipo de procesamiento aguas arriba 976.

15 En algunos casos, el calentador de imán giratorio 968 se puede situar inmediatamente aguas arriba de una pieza de equipo de procesamiento aguas abajo 978 con el fin de mantener o aumentar la temperatura de la tira de metal 902 antes de entrar en el equipo de procesamiento aguas abajo 978.

20 En algunos casos, el calentador de imán giratorio 968 se puede situar entre una pieza de equipo de procesamiento aguas arriba 976 y una pieza de equipo de procesamiento aguas abajo 978 con el fin de mantener o aumentar la temperatura de la tira de metal 902 a medida que se desplaza entre el equipo procesamiento aguas arriba 976 y el equipo de procesamiento aguas abajo 978.

El equipo de procesamiento aguas arriba 976 y el equipo de procesamiento aguas abajo 978 pueden ser cualquier pieza adecuada de equipo de metalurgia, tal como partes de una línea de CASH (por ejemplo, hornos, unidades de refrigeración u otros equipos). El uso de un calentador de imán giratorio 968 puede mejorar la eficiencia y la velocidad de la producción de metal en un sistema de metalurgia 900.

25 La FIG. 10 es una representación esquemática de un sistema de control de calentador de imán giratorio 1000 según ciertos aspectos de la presente descripción. Un controlador 1080 puede ser cualquier equipo de control adecuado, como un procesador o un ordenador. El controlador 1080 puede acoplarse a diversas partes del sistema 1000 para proporcionar un control manual o automático (por ejemplo, programado y/o dinámico) de cualquier parte controlable del sistema. El controlador 1080 se puede acoplar al motor o motores de rotor 1038, el actuador o actuadores de hueco vertical 1082 (por ejemplo, los brazos de soporte de rotor), el actuador o actuadores de posición longitudinal 1084 y/o el actuador o actuadores de posición lateral 1086 de cualquier número de los conjuntos de rotores 1004, 1006 con el fin de proporcionar un control adecuado del sistema 1000. El controlador 1080 se puede acoplar a un almacenamiento de datos (por ejemplo, un almacenamiento no transitorio, legible por máquina) para almacenar y acceder a información de programa y otros datos.

35 En algunos casos, el controlador 1080 se puede acoplar al sensor o sensores 1088. Se pueden usar uno o más sensores 1088 para proporcionar realimentación a una pantalla para que un usuario los interprete, o se pueden usar para proporcionar control dinámico de una o más partes del sistema 1000.

40 En un ejemplo, el controlador 1080 puede usar un sensor 1088 (por ejemplo, un sensor de temperatura, un sensor de planicidad o un sensor de tensión) para proporcionar realimentación para ajustar dinámicamente el hueco vertical (por ejemplo, a través del actuador o actuadores de hueco vertical 1082) del primer conjunto de rotores 1004 para asegurar que la tensión inducida por el primer conjunto de rotores 1004 se compense por el segundo conjunto de rotores 1006. Cuando se usa un sensor de temperatura, el controlador 1080 puede correlacionar los cambios de temperatura de la tira de metal con un ajuste del hueco vertical que es necesario para mantener un cambio neto bajo, cercano a cero o cero en la tensión para el primer y segundo conjunto de rotores 1004, 1006. Cuando se usa un sensor de tensión, la tensión medida en sí misma se puede usar para controlar el hueco vertical de modo que la tensión neta del primer y segundo conjunto de rotores 1004, 1006 sea baja, cercana a cero o cero.

45 En algunos casos, el controlador 1080 o un sensor adecuado 1088 puede monitorizar el uso de energía asociado con los motores de rotor 1038. El uso de energía puede proporcionar un conocimiento de la operación del sistema y se puede usar por el controlador 1080 para hacer inferencias alrededor del estado del sistema. El controlador 1080 puede entonces proporcionar realimentación para ajustar dinámicamente el sistema, como se ha descrito anteriormente (por ejemplo, un hueco vertical), basado en la potencia detectada.

50 En algunos casos, el controlador 1080 se puede acoplar a un único rotor en lugar de a un conjunto de rotores, en cuyo caso el controlador 1080 puede controlar cualquier aspecto controlable del rotor, tal como la velocidad del rotor, la posición lateral, la posición vertical, la posición longitudinal, u otros aspectos (por ejemplo, intensidad del campo magnético en rotores con fuentes electromagnéticas).

55 En algunos casos, el controlador 1080 se puede acoplar a actuadores para controlar la posición de la tira de metal con respecto a uno o más rotores o conjuntos de rotores. Por ejemplo, el controlador 1080 se puede acoplar a uno o

más deflectores de tira 1092 para controlar la línea de paso de la tira de metal. Ejemplos de tales deflectores de tira 1092 pueden incluir una o más de las placas de metal 1892 de la FIG. 18, los rodillos 1992 de FIG. 19, el pulverizador 2396 de FIG. 32, y los rodillos 3298 de la FIG. 32. En algunos casos, un deflector 1092 puede desviar una parte de la tira de metal (por ejemplo, menos de un ancho completo de la tira de metal) hacia o lejos de un rotor magnético, proporcionando de este modo una distancia lateralmente diferenciable entre la tira de metal y el rotor magnético.

En algunos casos, el controlador 1080 se puede acoplar a una o más guías de flujo 1094 para mover o recolocar la guía de flujo 1094 para ajustar la cantidad de flujo magnético que pasa a través de la toda o partes de la tira de metal. Cualquier guía de flujo adecuada, tal como las descritas con referencia a las FIGS. 7, 27, 28 y 35-39, se puede controlar por el controlador 1080.

La FIG. 11 es un diagrama de flujo que representa un proceso 1100 para usar un calentador de imán giratorio según ciertos aspectos de la presente descripción. En el bloque 1190, se pasa una tira de metal a través de un primer conjunto de rotores magnéticos. La tira de metal se puede pasar a través de un primer hueco vertical entre el primer conjunto de rotores. En el bloque 1191, se puede pasar una tira de metal a través de un segundo conjunto de rotores magnéticos. La tira de metal se puede pasar a través de un segundo hueco vertical entre el segundo conjunto de rotores.

En el bloque 1192, se puede ajustar un hueco vertical de uno del primer conjunto de rotores o del segundo conjunto de rotores. El hueco vertical se puede aumentar o disminuir según sea necesario para disminuir o aumentar, respectivamente, la cantidad de tensión inducida en la tira de metal por el conjunto de rotores ajustado. Por ejemplo, si el primer conjunto de rotores está aplicando demasiada fuerza aguas abajo para ser compensada por el segundo conjunto de rotores, el hueco vertical del primer conjunto de rotores se puede aumentar en el bloque 1192 de modo que el primer conjunto de rotores ahora aplique menos fuerza aguas abajo, lo que se puede compensar por el segundo conjunto de rotores. En algunos casos, el bloque 1192 se puede reemplazar por un bloque que ajusta un parámetro diferente del conjunto de rotores, tal como la velocidad de rotación. En algunos casos, en lugar de ajustar un hueco vertical, se puede ajustar la distancia adyacente al rotor, como se describe con más detalle con referencia a las FIGS. 13-14.

En el bloque opcional 1196, se puede proporcionar información acerca de la tira de metal a un modelo. Tal información puede ser información acerca del tipo de metal usado, las dimensiones de la tira de metal, la velocidad de la tira de metal o cualquier otra característica de la tira de metal. Aplicando esta información a un modelo, el sistema puede ser capaz de determinar el hueco vertical necesario para el primer o segundo conjunto de rotores en el bloque 1192.

En el bloque opcional 1194, el sistema puede tomar una medición de la tira de metal, tal como una medición de temperatura o una medición de tensión. La medición se puede tomar con cualquier sensor adecuado. La medición se puede usar para proporcionar realimentación dinámica para ajustar el hueco vertical en el bloque 1192 basada en la medición. Por ejemplo, una medición recibida en el bloque 1194 de tensión creciente en la tira de metal se puede usar en el bloque 1194 para ajustar el hueco vertical de uno de los conjuntos de rotores para devolver la tensión a los niveles deseados.

En el bloque opcional 1198, se puede ajustar una posición longitudinal de al menos un conjunto de rotores. Por ejemplo, el primer conjunto de rotores se puede ajustar longitudinalmente para acercarse o alejarse aún más del segundo conjunto de rotores.

En el bloque opcional 1199, se puede ajustar una posición lateral de al menos un rotor de al menos un conjunto de rotores magnéticos. En algunos casos, un ajuste lateral de un rotor de un conjunto de rotores magnéticos se acompaña de un ajuste lateral igual y opuesto de un rotor opuesto del mismo conjunto de rotores. Por ejemplo, un rotor superior que está desplazado lateralmente en una primera dirección hacia un primer borde de la tira de metal se puede acompañar de un rotor inferior del mismo conjunto de rotores que está desplazado lateralmente en la misma cantidad en una segunda dirección hacia el segundo borde de la tira de metal. Ejemplos de desplazamientos laterales se pueden ver con referencia a las FIGS. 5-6.

En el bloque opcional 1197, se puede ajustar la velocidad de rotación de los rotores de al menos un conjunto de rotores. La velocidad de rotación se puede ajustar para cambiar la cantidad de energía térmica impartida sobre la tira de metal en movimiento. En algunos casos, la velocidad de rotación de un conjunto de rotores se puede ajustar para proporcionar control de las fluctuaciones de tensión entre conjuntos de rotores adyacentes.

La FIG. 12 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio de serpentín 1200 según ciertos aspectos de la presente descripción. Un calentador de imán giratorio de serpentín 1200 puede incluir múltiples rotores 1208, 1210, 1209 en un único conjunto de rotores 1204. El calentador de imán giratorio de serpentín 1200 puede incluir mover la tira de metal 1202 en un patrón de bobinado, de serpentín o sinusoidal a través del conjunto de rotores 1204. La extensión del patrón de serpentín como se ve en la FIG. 12 puede estar exagerada con propósitos ilustrativos.

Se puede usar cualquier número de rotores. Como se ve en la FIG. 12, el conjunto de rotores 1204 incluye un rotor aguas arriba 1208, un rotor intermedio 1210 y un rotor aguas abajo 1209. El rotor aguas arriba 1208 y el rotor aguas

abajo 1209 están situados en el mismo lado de la tira de metal 1202 (por ejemplo, el lado superior), mientras que el rotor intermedio 1210 se sitúa en el lado opuesto de la tira de metal 1202 (por ejemplo, el lado inferior) induciendo de este modo el patrón de serpentín en la tira de metal 1202.

5 En algunos casos, el calentador 1200 puede incluir conjuntos de rotores adicionales. Cuando se usan conjuntos de rotores adicionales, los conjuntos de rotores adyacentes se pueden orientar de manera que los rotores adyacentes de los conjuntos de rotores adyacentes estén situados en lados opuestos de la tira de metal. Por ejemplo, el rotor aguas arriba de un conjunto de rotores inmediatamente después del rotor aguas abajo 1209 se puede situar opuesto a la tira de metal 1202 del rotor aguas abajo 1209 (por ejemplo, en la parte inferior de la tira de metal 1202 como se ve en la FIG. 12).

10 La FIG. 13 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio retráctil 1300 en una posición extendida según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio retráctil 1300 puede incluir un rodillo loco 1321 acoplado a un brazo de soporte extensible 1323. Cuando está en una posición extendida, como se ve en la FIG. 13, el brazo de soporte extensible 1323 fuerza al rodillo loco 1321 dentro de una cavidad 1325. Los rodillos de soporte 1327 pueden ayudar a mantener la orientación adecuada de la tira de metal 1302 y pueden soportar la tira de metal 1302 lejos de obstáculos (por ejemplo, paredes). Cuando está en la cavidad 1325, la tira de metal 1302 puede pasar una serie de rotores soportados en cavidad 1308, así como una serie de rotores soportados centralmente 1310 (por ejemplo, soportados por el brazo de soporte extensible 1323). En algunos casos, la cavidad 1325 puede incluir rotores soportados en cavidad 1308 opuestos a la tira de metal 1302 del rodillo loco 1321 cuando el rodillo loco 1321 está en una posición extendida, en cuyo caso el rodillo loco 1321 puede ser un rotor loco (por ejemplo, un rodillo loco con un rotor interno) como se describe con más detalle con respecto a la FIG. 15.

Los rotores 1308, 1310 pueden ser los mismos que los rotores descritos en la presente memoria con referencia a otros calentadores de imán giratorio, y pueden incluir todas y cada una de las partes y/o características de los mismos, incluyendo la capacidad de ajuste del hueco, la capacidad de ajuste longitudinal y la capacidad de ajuste lateral. Para un calentador de imán giratorio retráctil 1300, el "hueco vertical" puede incluir el hueco entre los rotores 1308, 1310 opuestos situados en lados opuestos de la tira de metal 1302 cuando el brazo de soporte extensible 1323 está en una posición extendida.

El calentador de imán giratorio retráctil 1300 permite que una longitud sustancial de la tira de metal 1302 se vea afectada por los rotores 1308, 1310 sin ocupar mucho espacio longitudinal en una línea de proceso. La profundidad de la cavidad 1325, y por lo tanto la longitud del brazo de soporte extensible 1323, puede ser de cualquier tamaño adecuado. En algunos casos, la cantidad de extensión del brazo de soporte extensible 1323 puede controlar la cantidad de calor impartido en la tira de metal 1302 porque la cantidad de extensión está directamente relacionada con la longitud de la tira de metal expuesta a los rotores 1308, 1310 y, por lo tanto, la duración que una parte particular de la tira de metal está expuesta a los rotores 1308, 1310 a medida que se desplaza a través del calentador de imán giratorio retráctil 1300.

35 La FIG. 14 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio retráctil 1400 en una posición retraída según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio retráctil 1400 puede ser el calentador de imán giratorio retráctil 1300 de la FIG. 13 en una posición retraída. Cuando el brazo de soporte extensible 1423 está en una posición retraída, el rodillo loco 1421 puede estar separado de la tira de metal 1402, permitiendo de este modo que la tira de metal pase a través del calentador de imán giratorio retráctil 1400 sin pasar a la cavidad 1425, y por lo tanto sin pasar a los rotores magnéticos 1408, 1410 adyacentes. En algunos casos, la tira de metal 1402 puede o no entrar en contacto con los rodillos de soporte 1427 cuando el brazo de soporte extensible 1423 está en una posición retraída.

La FIG. 15 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio de serpentín 1500 que usa una combinación de rotores locos 1531 según ciertos aspectos de la presente descripción. Cualquier calentador de imán giratorio puede incluir una combinación de rotores locos 1531, aunque son especialmente útiles en los calentadores de imán giratorio en serpentín 1500. El calentador de imán giratorio en serpentín 1500 de la FIG. 15 incluye cuatro rotores locos 1531.

Una combinación de rotor loco 1531 es un rodillo loco 1533 con un rotor interno 1510. El rotor interno 1510 puede ser cualquier rotor adecuado, tal como los descritos en la presente memoria. Sin embargo, el rodillo loco 1533 actúa como una carcasa alrededor del rotor interno 1510 contra el cual la tira de metal 1502 puede descansar y se puede soportar. El rodillo loco 1533 se puede desacoplar rotacionalmente del rotor interno 1510, o se puede acoplar rotacionalmente para girar a una velocidad diferente a la del rotor interno 1510. Por ello, el rodillo loco 1533 puede girar a una velocidad apropiada a la velocidad de desplazamiento de la tira de metal 1502, mientras que el rotor interno 1510 es capaz de girar a una velocidad apropiada para el campo magnético cambiante deseado. Uno o más rotores 1508 opuestos se pueden situar opuestos a la tira de metal 1502 del rotor loco 1531.

En algunos casos, la distancia entre las fuentes magnéticas en el rotor loco 1531 (por ejemplo, el rotor interno 1510) y la superficie del rotor loco 1531 (por ejemplo, el rodillo loco 1533) puede ser fija. En tales casos, cualquier ajuste en el hueco vertical puede ser atribuible únicamente al ajuste del rotor 1508 opuesto. En algunos casos, sin embargo, la intensidad del campo magnético del rotor loco 1531 se puede controlar insertando material

magnéticamente translúcido o magnéticamente opaco en el rotor loco 1531 entre el rodillo loco 1533 y las fuentes magnéticas del rotor interno 1510.

La FIG. 16 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio 1600 que tiene un control de hueco longitudinal según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 1600 puede ser similar al calentador de imán giratorio 100 de la FIG. 1, sin embargo, el primer conjunto de rotores 1604 y el segundo conjunto de rotores 1606 están montados en pistas longitudinales 1651. Si bien el control del hueco longitudinal se puede lograr de muchas formas diferentes, tales como a través del control individual de los brazos de soporte de rotor, una forma tal puede incluir montar brazos de soporte de rotor en una pista longitudinal 1651 y usar actuadores lineales (por ejemplo, transmisiones por correa, actuadores de tornillo u otros actuadores) para maniobrar los brazos de soporte a lo largo de la pista longitudinal 1651.

A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que la tensión de la tira en sí misma no se puede controlar a través del ajuste del hueco longitudinal (por ejemplo, el hueco horizontal) entre conjuntos de rotores adyacentes (por ejemplo, el hueco longitudinal entre el primer y segundo conjuntos de rotores 1604, 1606 de la FIG. 16). Sin embargo, las fluctuaciones en la tensión de la tira se pueden controlar a través del ajuste del hueco. A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede lograr un control de fluctuación de tensión altamente eficiente con rotores de 400 mm colocados separados a distancias de 250 mm. En algunos casos, el primer y segundo conjuntos de rotores y el tercer y cuarto conjuntos de rotores se pueden colocar separados a 250 mm, mientras que el segundo y tercer conjuntos de rotores se pueden colocar separados a 500 mm. En algunos casos, el segundo y tercer conjuntos de rotores se pueden colocar para que tengan huecos longitudinales que sean dos veces tan anchos como los huecos longitudinales entre el primer y segundo conjuntos de rotores y el tercer y cuarto conjuntos de rotores.

A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que las fluctuaciones de tensión se pueden controlar asegurando que el hueco longitudinal entre los rotores adyacentes esté lo suficientemente lejos como para que las interacciones magnéticas entre los rotores adyacentes no induzcan fluctuaciones de tensión no deseadas. Puede ser ventajoso colocar conjuntos adyacentes de rotores con huecos longitudinales de o por encima de 50 mm, 100 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm o 500 mm. En algunos casos, cuando se usan desviadores de flujo, la distancia del hueco longitudinal se puede disminuir al tiempo que se mantiene un control de tensión eficaz.

La FIG. 17 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio 1700 con conjuntos de rotores de un único rotor según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 1700 puede incluir cualquier número de rotores 1710, 1712 y conjuntos de rotores 1704, 1706. Los rotores 1710, 1712 pueden ser similares a los rotores 110, 112 de la FIG. 1. Como se ve en la FIG. 17, el calentador de imán giratorio 1700 incluye un primer conjunto de rotores 1704 y un segundo conjunto de rotores 1706, cada uno que tiene un único rotor. El primer conjunto de rotores 1704 incluye un único rotor inferior 1710 adyacente al cual se puede pasar la tira de metal 1702 en la dirección 1724. El rotor inferior 1710 se puede soportar por un brazo de soporte de rotor inferior 1718, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar la distancia entre el rotor inferior 1710 y la tira de metal 1702. En algunos casos, el brazo de soporte de rotor inferior 1718 puede ser fijo o ajustable verticalmente. El primer conjunto de rotores 1704 se muestra operando en una dirección aguas abajo, en donde el rotor inferior 1710 se representa a medida que gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj.

El segundo conjunto de rotores 1706 incluye un rotor superior 1712 adyacente al cual se puede pasar la tira de metal 1702 en la dirección 1724. El rotor superior 1712 se puede soportar por un brazo de soporte de rotor superior 1720, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar la distancia entre el rotor superior 1712 y la tira de metal 1702. En algunos casos, el brazo de soporte de rotor superior 1720 puede ser fijo o ajustable verticalmente. El segundo conjunto de rotores 1706 se muestra operando en una dirección aguas arriba, en donde el rotor superior 1712 se representa a medida que gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj.

Los rotores 1710, 1712 pueden operar sin ningún rotor directamente opuesto situado opuesto a la lámina de metal del rotor 1710, 1712. En algunos casos, los conjuntos de rotores 1704, 1706 adyacentes, cada uno que tiene un único rotor, se pueden disponer de manera que los rotores adyacentes estén situados en lados opuestos de la tira de metal 1702, aunque ese no necesita ser el caso. En algunos casos, se pueden usar equipos adicionales, tales como rodillos de soporte, boquillas de gas (por ejemplo, boquillas de aire) u otros equipos tales para contrarrestar cualquier fuerza inducida por los rotores 1710, 1712 para alejar la tira de metal 1702 de una línea de paso deseada. Por ejemplo, un único rotor 1710, 1712 puede tirar de la tira de metal 1702 ligeramente hacia el rotor 1710, 1712. Tal fuerza de tracción se puede contrarrestar a través de gravedad, rodillos de soporte o cualquier otra fuerza aplicada (por ejemplo, a través de boquillas de gas). En algunos casos, no se aplica ninguna fuerza contraria.

La FIG. 18 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio 1800 con conjuntos de rotores de un único rotor opuestos a las placas de metal 1892, 1894 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 1800 puede incluir cualquier número de rotores 1808, 1812 y conjuntos de rotores 1804, 1806. Los rotores 1808, 1812 pueden ser similares a los rotores 110, 112 de la FIG. 1. Como se ve en la FIG. 18, el calentador de imán giratorio 1800 incluye un primer conjunto de rotores 1804 y un segundo conjunto de rotores 1806, cada uno que tiene un único rotor y una placa de metal opuesta. El primer conjunto de rotores 1804 incluye un único rotor

superior 1808 adyacente al cual la tira de metal 1802 se puede pasar en la dirección 1824. El rotor superior 1808 se puede soportar por un brazo de soporte de rotor superior 1816, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar la distancia entre el rotor superior 1808 y la tira de metal 1802. En algunos casos, el brazo de soporte de rotor superior 1816 puede ser fijo o ajustable verticalmente. El primer conjunto de rotores 1804 se muestra operando en una dirección aguas abajo, en donde el rotor superior 1808 se representa como que gira en una dirección en sentido contrario a las agujas del reloj.

El segundo conjunto de rotores 1806 incluye un rotor superior 1812 adyacente al cual se puede pasar la tira de metal 1802 en la dirección 1824. El rotor superior 1812 se puede soportar por un brazo de soporte de rotor superior 1820, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar la distancia entre el rotor superior 1812 y la tira de metal 1802. En algunos casos, el brazo de soporte de rotor superior 1820 puede ser fijo o ajustable verticalmente. El segundo conjunto de rotores 1804 se muestra operando en una dirección aguas arriba, en donde el rotor superior 1812 se representa como que gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj.

Los rotores 1808, 1812 pueden operar sin ningún rotor directamente opuesto situado opuesto a la lámina de metal del rotor 1808, 1812, más bien con las placas de metal 1892, 1894 opuestas. Las placas de metal 1892, 1894 pueden o no entrar en contacto con la tira de metal 1802. Las placas de metal 1892, 1894 pueden estar hechas de un metal, tal como un metal ferroso o un metal no ferroso. En algunos casos, las placas de metal 1892, 1894 pueden estar hechas de acero. El uso de placas de metal 1892, 1894 puede ayudar a orientar y/o concentrar los campos magnéticos de los rotores 1808, 1812 a través de la tira de metal 1802. Las placas de metal 1892, 1894 se pueden mantener estacionarias. En algunos casos, las placas de metal 1892, 1894 pueden ser accionables verticalmente para ajustar la distancia entre las placas de metal 1892, 1894 y la tira de metal 1802. En algunos casos, las placas de metal 1892, 1894 se pueden recubrir con una capa protectora, tal como Kevlar. En algunos casos, el calentador de imán giratorio 1800 no incluye las placas de metal 1892, 1894.

La FIG. 19 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio 1900 con conjuntos de rotores de rotor único opuestos a los rodillos 1992, 1994 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 1900 puede incluir cualquier número de rotores 1908, 1912 y los conjuntos de rotores 1904, 1906. Los rotores 1908, 1912 pueden ser similares a los rotores 110, 112 de la FIG. 1. Como se ve en la FIG. 19, el calentador de imán giratorio 1900 incluye un primer conjunto de rotores 1904 y un segundo conjunto de rotores 1906, cada uno que tiene un único rotor y un rodillo opuesto. El primer conjunto de rotores 1904 incluye un único rotor superior 1908 adyacente al cual la tira de metal 1902 se puede pasar en la dirección 1924. El rotor superior 1908 se puede soportar por un brazo de soporte de rotor superior 1916, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar la distancia entre el rotor superior 1908 y la tira de metal 1902. En algunos casos, el brazo de soporte de rotor superior 1916 puede ser fijo o ajustable verticalmente. El primer conjunto de rotores 1904 se muestra operando en una dirección aguas abajo, en donde el rotor superior 1908 se representa como que gira en una dirección en sentido contrario a las agujas del reloj.

El segundo conjunto de rotores 1906 incluye un rotor superior 1912 adyacente al cual se puede pasar la tira de metal 1902 en la dirección 1924. El rotor superior 1912 se puede soportar por un brazo de soporte de rotor superior 1920, que puede ser fijo o accionable para moverse en una dirección vertical para ajustar la distancia entre el rotor superior 1912 y la tira de metal 1902. En algunos casos, el brazo de soporte de rotor superior 1920 puede ser fijo o ajustable verticalmente. El segundo conjunto de rotores 1904 se muestra operando en una dirección aguas arriba, en donde el rotor superior 1912 se representa como que gira en una dirección en el sentido de las agujas del reloj.

Los rotores 1908, 1912 pueden operar sin ningún rotor directamente opuesto situado opuesto a la lámina de metal del rotor 1908, 1912, más bien con los rodillos 1992, 1994 opuestos. Los rodillos 1992, 1994 pueden o no entrar en contacto con la tira de metal 1902. Los rodillos 1992, 1994 pueden estar hechos de un metal, tal como un metal ferroso o un metal no ferroso. En algunos casos, los rodillos 1992, 1994 pueden estar hechos de acero. El uso de los rodillos 1992, 1994 puede ayudar a orientar y/o concentrar los campos magnéticos de los rotores 1908, 1912 a través de la tira de metal 1902, mientras que opcionalmente se proporciona soporte a la tira de metal 1902. Los rodillos 1992, 1994 pueden ser libres de girar o se pueden accionar para girar (por ejemplo, con un motor). En algunos casos, los rodillos 1992, 1994 pueden ser accionables verticalmente para ajustar la distancia entre los rodillos 1992, 1994 y la tira de metal 1902. En algunos casos, los rodillos 1992, 1994 se pueden recubrir con una capa protectora, tal como Kevlar.

La FIG. 20 es una vista lateral de un calentador de imán giratorio 2000 móvil con relación a una tira de metal estacionaria 2002 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 2000 puede incluir cualquier número de rotores 2008, 2010 y conjuntos de rotores 2004. Los rotores 2008, 2010 pueden ser similares a los rotores 108, 110 de la FIG. 1. Como se ve en la FIG. 20, el calentador de imán giratorio 2000 incluye un primer conjunto de rotores 2004 que tiene rotores superior e inferior 2008, 2010. Se pueden usar otras configuraciones. La tira de metal 2002 se puede colocar adyacente a los rotores 2008, 2010, tal como entre un hueco vertical entre los rotores 2008, 2010. La tira de metal 2002 se puede mantener estacionaria (por ejemplo, estacionaria con respecto al suelo), como se indica por la flecha de dirección tachada. Para lograr los efectos de calentamiento deseados, el conjunto de rotores 2004 puede moverse longitudinalmente con respecto a la tira de metal 2002, tal como en la dirección 2025. En algunos casos, los brazos de soporte de rotor 2016, 2018 se pueden acoplar de manera móvil a las pistas 2051. El movimiento a lo largo de las pistas 2051 puede permitir que los rotores

2008, 2010 se muevan longitudinalmente con respecto a la tira de metal 2002, logrando el mismo movimiento relativo y, por lo tanto, el efecto de calentamiento general, como si la tira de metal 2002 se estuviera moviéndose y los rotores 2008, 2010 se mantuvieran longitudinalmente estacionarios, tal como se representa en la FIG. 1. Los rotores 2008, 2010 pueden continuar girando (por ejemplo, en una dirección aguas abajo como se representa en la FIG. 20) a medida que se trasladan longitudinalmente arriba o abajo de la longitud de la tira de metal 2002. En algunos casos, en lugar de una tira de metal 2002 estacionaria, se pueden usar otras piezas, partes o productos de metal, tales como láminas de metal, chapas de metal, placas de metal, partes conformadas o similares.

La FIG. 21 es una proyección axonométrica de un calentador de imán giratorio 2100 que tiene múltiples rotores secundarios 2109 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 2100 puede ser similar al calentador de imán giratorio 200 de la FIG. 2. Un conjunto de rotores 2104 puede incluir un rotor superior 2108 soportado por un brazo de soporte de rotor superior 2116 y accionado por un motor de rotor superior 2138 así como un rotor inferior 2110 soportado por un brazo de soporte de rotor inferior 2118 y motorizado por un motor de rotor inferior 2150. Los rotores 2108, 2110 en la FIG. 21 se representan sin una cubierta externa, aunque se puede usar una cubierta externa sobre algunos o todos los rotores secundarios 2109.

Cada rotor 2108, 2110 puede incluir dos o más rotores secundarios 2109. Cada rotor secundario 2109 puede ocupar menos del 100% del ancho del rotor en el que está incluido. Como se representa en la FIG. 21, los rotores 2108, 2110 comprenden cada uno once rotores secundarios 2109. Cada rotor secundario 2109 puede proporcionar una cantidad discreta de flujo magnético (por ejemplo, campos magnéticos cambiantes) a la tira de metal 2102 en un área discreta (por ejemplo, en o alrededor del rotor secundario 2109). Cada rotor secundario 2109 se puede accionar individualmente (por ejemplo, a través de motores individuales) o se puede accionar conjuntamente con uno o más de otros rotores secundarios 2109 (por ejemplo, múltiples rotores secundarios 2109 que comparten un único motor). Se pueden usar motores de rotor u otros proveedores de fuerza motriz para girar los rotores secundarios 2109. En algunos casos, los rotores secundarios 2109 individuales se pueden configurar para girar a diferentes tasas de velocidad que otros rotores secundarios 2109. Por ejemplo, los rotores secundarios 2109 situados longitudinalmente por encima o por debajo de un punto tradicionalmente "frío" en la superficie de la tira de metal 2102 (por ejemplo, ligeramente hacia dentro de los bordes de la tira de metal) se pueden accionar más rápido que los rotores secundarios 2109 adyacentes, permitiendo que esa ubicación se caliente más que ubicaciones adyacentes, induciendo de este modo un perfil de temperatura más uniforme o más homogéneo a lo largo del ancho de la tira de metal. En algunos casos, los rotores secundarios 2109 se pueden preestablecer para girar a ciertas velocidades relativas entre sí, tales como a través del uso de engranajes o sistemas de engranajes. En algunos casos, se pueden usar transmisiones para cambiar manual o automáticamente las velocidades relativas de un rotor secundario 2109 a otro rotor secundario 2109.

La FIG. 22 es una vista superior de un calentador de imán giratorio 2200 que tiene múltiples rotores secundarios 2209 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 2200 puede incluir un rotor 2208. El rotor 2208 puede ser similar al rotor 2108 de la FIG. 21. La tira de metal 2202 puede pasar por debajo del rotor 2208 en la dirección 2224 y, por lo tanto, bajo los rotores secundarios 2209.

La FIG. 23 es un gráfico que representa la velocidad del rotor 2309 y la temperatura de tira 2301 del rotor 2208 y tira de metal 2202 de la FIG. 22 bajo una primera condición según ciertos aspectos de la presente descripción. La línea 2309 representa la velocidad del rotor no dimensionada para cada uno de los once rotores secundarios 2209 de la FIG. 22. Por conveniencia, el gráfico de la FIG. 23 está alineado verticalmente con los rotores secundarios 2209 de la FIG. 22. Las líneas discontinuas 2302 denotan los bordes de la tira de metal 2202. La línea 2301 representa la temperatura de la tira no dimensionada a lo largo del ancho de la tira de metal 2202 en o inmediatamente después de pasar el rotor 2208. Las líneas 2309, 2301 no están necesariamente dibujadas a escala, sino que se muestran como exageradas con propósitos demostrativos.

Bajo la primera condición, cada uno de los rotores secundarios 2209 se acciona a la misma velocidad, lo que genera campos magnéticos en movimiento similares o idénticos a un único rotor de longitud completa. La temperatura de la tira 2301 resultante de tales campos magnéticos en movimiento muestra un perfil que tiene puntos "calientes" en los bordes de la tira de metal 2202 y puntos "fríos" ligeramente proximales a los bordes de la tira de metal 2202 (por ejemplo, justo hacia dentro desde los bordes de la tira de metal 2202). Estos puntos calientes y puntos fríos pueden ser el resultado de los efectos de borde, en la medida que los campos magnéticos y los campos eléctricos inducidos interactúan en los bordes de la tira de metal 2202. Esta distribución de temperatura desigual puede ser indeseable.

La FIG. 24 es un gráfico que representa la velocidad de rotor 2409 y la temperatura de tira 2401 del rotor 2208 y la tira de metal 2202 de la FIG. 22 bajo una segunda condición según ciertos aspectos de la presente descripción. La línea 2409 representa la velocidad de rotor no dimensionada para cada uno de los once rotores secundarios 2209 de la FIG. 22. Por conveniencia, el gráfico de la FIG. 24 está alineado verticalmente con los rotores secundarios 2209 de la FIG. 22. Las líneas discontinuas 2402 denotan los bordes de la tira de metal 2202. La línea 2401 representa la temperatura de tira no dimensionada a lo largo del ancho de la tira de metal 2202 en o inmediatamente después de pasar el rotor 2208. Las líneas 2409, 2401 no están necesariamente dibujadas a escala, sino que se muestran como exageradas con propósitos demostrativos.

Bajo la segunda condición, cada uno de los rotores secundarios 2209 se acciona a la misma velocidad excepto para los penúltimos rotores secundarios 2209 adyacentes a los extremos del rotor 2208. Los penúltimos rotores secundarios 2209 se muestran como que se accionan a velocidades mayores que los restantes rotores secundarios 2209. Esta condición genera campos magnéticos en movimiento similares a un único rotor de longitud completa excepto cerca o ligeramente hacia dentro de los bordes de la tira de metal 2202, donde la cantidad de calentamiento en aumento. La temperatura de tira 2401 resultante de tales campos magnéticos en movimiento muestra un perfil que es más uniforme a lo largo del ancho de la tira de metal 2202 que la temperatura de tira 2301 de la primera condición representada en la FIG. 23. De este modo, ajustando la velocidad de los rotores secundarios 2209 particulares en un rotor 2208 que tiene los rotores secundarios 2209, se puede mejorar la uniformidad de temperatura a lo largo del ancho de la tira de metal 2202.

En algunos casos, la temperatura de tira 2401 se puede considerar un perfil de temperatura uniforme. En algunos casos, se pueden usar otras técnicas, tales como las descritas aquí, para lograr un perfil de temperatura uniforme. Un perfil de temperatura uniforme puede incluir un perfil de temperatura a lo largo de un artículo de metal que no varíe más de 1°C, 2°C, 3°C, 4°C, 5°C, 6°C, 7°C, 8°C, 9°C, 10°C, 11°C, 12°C, 13°C, 14°C, 15°C, 16°C, 17°C, 18°C, 19°C, 20°C, 21°C, 22°C, 23°C, 24°C o 25°C de una temperatura media. En algunos casos, se pueden usar otras variaciones. En algunos casos, la variación no puede ser más de 1°C, 2°C, 3°C, 4°C, 5°C, 6°C, 7°C, 8°C, 9°C o 10°C de una temperatura media.

La FIG. 25 es una vista frontal de un rotor 2508 que representa un perfil de flujo magnético 2509 según ciertos aspectos de la presente descripción. Como se describe en la presente memoria, diversas técnicas pueden permitir que diferentes cantidades de flujo magnético se pasen a través de una tira de metal que se desplaza adyacente a un rotor magnético. Una técnica para controlar la cantidad de calor introducido a lo largo del ancho de la tira de metal es proporcionar un rotor 2508 que tenga un perfil de flujo magnético personalizado 2509. El perfil de flujo magnético personalizado 2509 se puede diseñar para impartir la cantidad deseada de calentamiento a la tira de metal cuando el rotor 2508 se hace girar adyacente a una tira de metal en movimiento. El rotor 2508 puede ser cualquiera de los rotores descritos en la presente memoria, tales como el rotor 108 de la FIG. 1. Diversas técnicas pueden impartir un perfil de flujo magnético personalizado 2509, como se describe con más detalle en la presente memoria. En algunos casos, puede ser deseable proporcionar un flujo magnético aumentado inmediatamente proximal a los bordes de la tira de metal para reducir la prevalencia de puntos fríos, tales como los representados en la FIG. 23. En algunos casos, se pueden desear otros perfiles de flujo magnético 2509 para proporcionar un control de temperatura mejorado, más flexibilidad en el control de temperatura, o por otras razones.

En algunos casos, el perfil de flujo magnético personalizado 2509 de un rotor 2508 puede ser estático y no ajustable dinámicamente. En tales casos, el rotor 2508 puede necesitar ser detenido (por ejemplo, detener la rotación) y, opcionalmente, extraído con el fin de ajustar el perfil de flujo magnético 2509. En algunos casos, un rotor 2508 puede tener un perfil de flujo magnético personalizado 2509 que sea estático, establecido usando una matriz deseada de imanes permanentes, tal como una matriz de Halbach. En algunos casos, el perfil de flujo magnético 2509 se puede ajustar dinámicamente, tal como según un programa predeterminado o en respuesta a realimentación (por ejemplo, señales de un sensor de temperatura, un sensor de planicidad, un sensor de potencia u otro sensor tal). El perfil de flujo magnético 2509 se puede ajustar dinámicamente según cualquier técnica adecuada, tal como ajustar la velocidad de rotación de los rotores secundarios, ajustar los actuadores para mover algunos de los imanes de un rotor más cerca o más lejos de la tira de metal (por ejemplo, más cerca o más lejos forman una carcasa externa del rotor), ajustar los actuadores para mover los concentradores de flujo dentro o alrededor de un rotor, etc.

De manera similar, en algunos casos, la posición y/u orientación de un rotor se puede controlar para ajustar el perfil de flujo magnético que pasa a través de la tira de metal. En tales casos, el perfil de flujo magnético 2509 del rotor 2508 en sí mismo puede no cambiar dinámicamente, pero el perfil del flujo magnético a través de la tira de metal se puede ajustar dinámicamente.

El perfil de flujo magnético personalizado 2509 del rotor 2508 representado en la FIG. 25 incluye elementos de perfil de forma triangular. En algunos casos, los elementos de perfil pueden asumir otras formas, tales como formas cuadradas, circulares, elipsoidales, de dientes de sierra o cualquier otra forma adecuada.

La FIG. 26 es una vista frontal transparente que representa un rotor 2608 que tiene un rotor magnético contorneado 2603 dentro de una carcasa 2601 según ciertos aspectos de la presente descripción. El rotor 2608 es un ejemplo de cómo se pueden lograr el perfil de flujo magnético personalizado 2509 de la FIG. 25. El rotor 2608 incluye una carcasa externa 2601 que presenta una superficie externa cilíndrica. Dentro de la carcasa 2601, un rotor magnético contorneado 2603 tiene un contorno capaz de lograr el perfil de flujo magnético personalizado 2609 deseado. El rotor magnético contorneado 2603 puede comprender varios imanes dispuestos alrededor del rotor magnético 2603. En las partes donde se desea más flujo magnético, el diámetro del rotor magnético 2603 puede ser mayor, mientras que las ubicaciones donde el diámetro del rotor magnético 2603 es menor pueden dar como resultado menos flujo magnético cerca de esas ubicaciones.

La FIG. 27 es una vista frontal transparente que representa un rotor 2708 que tiene unos concentradores de flujo 2766 según ciertos aspectos de la presente descripción. El rotor 2708 es un ejemplo de cómo se pueden lograr el

perfil de flujo magnético personalizado 2509 de la FIG. 25. El rotor 2708 incluye una carcasa externa 2701 con los concentradores de flujo 2766 acoplados al mismo o incorporados en la carcasa 2701. Dentro de la carcasa 2701, un rotor magnético 2703 tiene un contorno plano que normalmente sacaría un perfil de flujo magnético plano. Debido a la presencia de los concentradores de flujo 2766, el perfil de flujo magnético 2709 del rotor 2708 presenta un contorno personalizado, similar al perfil de flujo magnético personalizado 2509 de la FIG. 25. En algunos casos, el ajuste dinámico del perfil de flujo magnético 2709 de un rotor se puede lograr a través de la manipulación dinámica de los concentradores de flujo 2766. En algunos casos, los concentradores de flujo 2766 se pueden situar dentro de la carcasa 2701, tal como entre la carcasa 3081 y el rotor magnético 2703. Los concentradores de flujo 2766 pueden ser de cualquier material adecuado para concentrar el flujo magnético, tal como acero eléctrico (por ejemplo, acero laminado).

La FIG. 28 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente 2800 con concentradores de flujo 2866 según ciertos aspectos de la presente descripción. El rotor magnético 2800 puede ser el rotor 2708 de la FIG. 27, o cualquier otro rotor adecuado, tal como los rotores 108, 110, 112, 114 de la FIG. 1. El rotor magnético 2800 puede incluir una o más fuentes magnéticas 2803, tales como imanes permanentes. El rotor magnético 2800 de la FIG. 28 puede ser similar al rotor magnético 400 de la FIG. 4 pero con la adición de los concentradores de flujo 2866.

Las fuentes magnéticas 2803 se pueden encerrar por una carcasa 2801. La carcasa 2801 puede ser de cualquier material adecuado capaz de permitir que el flujo magnético pase a través de la misma. En algunos casos, la carcasa 2801 puede estar hecha de o puede incluir además un recubrimiento no metálico. En algunos casos, la carcasa 2801 puede incluir un recubrimiento de Kevlar.

En algunos casos, el rotor magnético 2800 puede incluir un núcleo ferromagnético 2805 que tiene un eje central 2807. En algunos casos, el rotor magnético 2800 puede incluir otras disposiciones internas adecuadas para soportar las fuentes magnéticas 2803. Se puede usar cualquier número adecuado de fuentes magnéticas 2803.

En algunos casos, los concentradores de flujo 2866 se pueden acoplar a la carcasa 2801 o incorporar de otro modo a la superficie de la carcasa 2801. En algunos casos, los concentradores de flujo se pueden situar dentro de los confines de la carcasa 2801, permitiendo que la superficie exterior del rotor permanezca sustancialmente cilíndrica. Los concentradores de flujo 2866 se pueden colocar en los bordes que miran hacia fuera (por ejemplo, los bordes que miran radialmente hacia fuera) de las fuentes magnéticas 2803. El flujo magnético se puede mejorar dondequiera que estén presentes los concentradores de flujo 2866 en relación con ubicaciones donde no están presentes los concentradores de flujo 2866. Por lo tanto, se puede construir un rotor 2800 con concentradores de flujo magnético 2866 en algunas ubicaciones laterales a lo largo del ancho del rotor 2800 (por ejemplo, dentro y fuera de la página como se ve en la FIG. 28), y no en otras ubicaciones. De este modo, se puede lograr un perfil de flujo magnético personalizado a lo largo del ancho del rotor 2800.

La FIG. 29 es una vista frontal que representa un conjunto de rotores 2900 que incluye rotores de flujo variable 2908, 2910 según ciertos aspectos de la presente descripción. Como se representa en la FIG. 29, los contornos de los rotores 2908, 2910 están contorneados (por ejemplo, contorno de tipo jarrón o contorno de tipo bolo) para representar el perfil de flujo magnético contorneado de los rotores 2908, 2910. La superficie exterior real de los rotores 2908, 2910 se puede formar contorneada, cilíndrica o de otro modo. Como se describe en la presente memoria, se puede establecer un perfil de flujo magnético personalizado usando diversas técnicas independientemente de la forma de la carcasa externa del rotor 2908, 2910.

Los rotores 2908, 2910 asumen específicamente un perfil de flujo magnético continuamente variable. Este perfil particular se puede conocer como perfil de corona continuamente variable. Este perfil en particular, y otros perfiles similares, se pueden usar para proporcionar una capacidad de ajuste mejorada a la cantidad de flujo que pasa a través de la tira magnética 2902. Ajustando la posición y/u orientación de los rotores 2908, 2910, se pueden presentar diferentes perfiles de campo magnético a la tira de metal 2902. Por ejemplo, mover la posición de uno o más rotores 2908, 2910 en una dirección lateral (por ejemplo, de izquierda a derecha como se ve en la FIG. 29) o en una dirección vertical (por ejemplo, de arriba a abajo como se ve en la FIG. 29) puede proporcionar un cierto grado de control sobre el flujo magnético que pasa a través de la tira de metal 2902. Además, la rotación de uno o más de los rotores 2908, 2910 alrededor de un eje longitudinal (por ejemplo, el eje longitudinal de la tira de metal, o rotación en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj como se ve en la FIG. 29) o alrededor de un eje vertical (por ejemplo, rotación alrededor de un eje paralelo con la página y que se extiende desde la parte inferior hasta la parte superior de la página como se ve en la FIG. 29) puede proporcionar un grado de control adicional sobre el flujo magnético que pasa a través de la tira de metal 2902. Finalmente, el ajuste coordinado del rotor superior 2908 y del rotor inferior 2910 uno con respecto al otro y con respecto a la tira de metal 2902 puede proporcionar incluso un control adicional sobre el flujo magnético que pasa a través de la tira de metal 2902.

La FIG. 30 es una vista frontal que representa el conjunto de rotores 2900 de la FIG. 29 después de la recolocación de los rotores de flujo variable 2908, 2910 según ciertos aspectos de la presente descripción. En la Fig. 30, el rotor superior 2908 se ha movido en una primera dirección y el rotor inferior 2910 se ha movido en una dirección opuesta. Como resultado, las partes de los rotores 2908, 2910 con flujo magnético más alto se colocan más directamente

sobre la tira de metal 2902, dando como resultado un aumento de entrada de calor a la tira de metal 2902 cerca de los bordes de la tira de metal 2902.

La FIG. 31 es una vista frontal que representa un conjunto de rotores 3100 que incluye rotores de flujo acampanado 3108, 3110 según ciertos aspectos de la presente descripción. Como se representa en la FIG. 31, los contornos de los rotores 3108, 3110 están acampanados (por ejemplo, un contorno de tipo trompeta) para representar el perfil de flujo magnético acampanado de los rotores 3108, 3110. La superficie exterior real de los rotores 3108, 3110 puede ser acampanada, cilíndrica o de otra forma. Como se describe en la presente memoria, se puede establecer un perfil de flujo magnético personalizado usando diversas técnicas independientemente de la forma de la carcasa externa del rotor 3108, 3110.

La forma acampanada del perfil de flujo magnético de los rotores 3108, 3110 puede ser especialmente útil para ajustar la cantidad de calentamiento que ocurre cerca de los bordes de la tira de metal 3102. Ajustando lateralmente (por ejemplo, de izquierda a derecha como se ve en la FIG. 31) la posición de los rotores 3108, 3110 uno con respecto al otro y con respecto a la tira de metal 3102, la intensidad del flujo magnético que pasa a través de la tira de metal se puede aumentar cerca de los bordes de la tira de metal 3102 sin aumentar la cantidad de flujo magnético que pasa a través del centro de la tira de metal.

La FIG. 32 es una vista frontal que representa técnicas para ajustar la cantidad de flujo magnético que pasa a través de una tira de metal 3202 según ciertos aspectos de la presente descripción. Como se muestra en la FIG. 32, el contorno del rotor 3208 es lineal (por ejemplo, cilíndrico) para representar el perfil de flujo magnético lineal de los rotores 3208. Las técnicas representadas en la FIG. 32, sin embargo, también se puede usar con rotores 3208 que tienen perfiles de flujo magnético no lineales (por ejemplo, contorneados). La superficie exterior real de los rotores 3208, 3210 puede ser de forma contorneada, cilíndrica o de otro modo. Como se describe en la presente memoria, se puede establecer un perfil de flujo magnético personalizado a través de la tira de metal 3202 usando diversas técnicas independientemente del perfil de flujo magnético del rotor 3208. Aplicando fuerza externa a la tira de metal 3202, la tira de metal 3202 se puede empujar hacia el rotor 3208 en ciertas ubicaciones (por ejemplo, los bordes de la tira 3202 en la FIG. 32) y permanecer distante del rotor 3208 en otras ubicaciones (por ejemplo, el centro de la tira 3202 en la FIG. 32). De este modo, las partes de la tira de metal 3202 más cercanas al rotor 3208 se pueden suministrar con el flujo magnético más fuerte. Se puede usar cualquier técnica adecuada para aplicar fuerza para empujar la tira de metal 3202 hacia el rotor 3208. En un ejemplo, se puede suministrar un pulverizador 3296 de fluido, tal como un gas (por ejemplo, aire) a la tira de metal 3202 opuesto al rotor 3208 en una ubicación donde se desea un aumento de flujo magnético. Este pulverizador de fluido 3296 puede empujar la tira de metal 3202 hacia el rotor 3208. En otro ejemplo, un rodillo o conjunto de rodillos 3298 se puede colocar opuesto a la tira de metal 3202 del rotor 3208 en la ubicación donde se desea un aumento de flujo magnético. Este rodillo o conjunto de rodillos 3298 puede empujar la tira de metal 3202 hacia el rotor 3208. Se pueden usar otras técnicas adecuadas para empujar selectivamente partes de la tira de metal 3202 hacia el rotor 3208.

La FIG. 33 es una vista superior de un calentador de imán giratorio 3300 según ciertos aspectos de la presente descripción. El calentador de imán giratorio 3300 puede ser similar al calentador de imán giratorio 100 de la FIG. 1 o al calentador de imán giratorio 200 de la FIG. 2, aunque con elementos de calentamiento 3391, 3393, 3396 adicionales (por ejemplo, elementos de calentamiento auxiliares). El calentador de imán giratorio 3300 de la FIG. 33 puede hacer uso de los elementos de calentamiento 3391, 3393, 3396 adicionales para igualar cualquier punto frío en la tira de metal 3302 después de calentar usando los rotores 3308, 3312. Se puede usar cualquier número de elementos de calentamiento 3391, 3393, 3396 adicionales, tal como uno, dos (por ejemplo, un par de elementos colocados simétricamente alrededor de una línea central del ancho lateral de la tira de metal 3302), o tres o más.

A medida que la tira de metal 3302 pasa por los rotores 3308, 3312 en la dirección 3324, se puede calentar la tira de metal 3302. Dependiendo del flujo magnético que pasa a través de la tira de metal 3302, la tira de metal puede salir de los rotores 3308, 3312 con un perfil de temperatura 3395 que contiene puntos fríos (por ejemplo, áreas localizadas de baja temperatura). En algunos casos, estos puntos fríos se pueden mitigar aplicando calentamiento extra usando elementos de calentamiento 3391, 3393, 3396 adicionales. Los elementos de calentamiento 3391 adicionales pueden representar cualquier elemento de calentamiento adecuado, tal como un imán giratorio, aire caliente, fluido calentado, resistencia eléctrica, impacto directo de llama, calentamiento por infrarrojos, calentamiento por inducción u otros elementos tales capaces de añadir calor localizado a la tira de metal 3302 en o cerca de los puntos fríos. Como se representa en la FIG. 33, los elementos de calentamiento 3391 adicionales se colocan aguas abajo de los rotores 3308, 3312, aunque ese no necesita ser el caso, y los elementos de calentamiento 3391 adicionales en su lugar se pueden colocar aguas arriba de los rotores 3308, 3312 para precalentar el área de la tira de metal 3302 que de otro modo habría dado como resultado un punto frío.

El elemento de calentamiento 3393 adicional es un ejemplo de un imán giratorio que incluye múltiples polos magnéticos en un disco que gira alrededor de un eje perpendicular a la superficie de la tira de metal. Esta rotación induce el calentamiento dentro de la tira de metal 3302 alrededor de una ubicación de destino, tal como donde existen o se espera que existan los puntos fríos.

El elemento de calentamiento 3396 adicional es un ejemplo de un imán giratorio (por ejemplo, rotor magnético) que gira alrededor de un eje de rotación que es paralelo a la dirección 3324 (por ejemplo, la dirección aguas abajo) y

perpendicular a un ancho lateral de la tira de metal 3302. En algunos casos, el elemento de calentamiento 3391 adicional puede ser un imán giratorio (por ejemplo, un rotor magnético) que gira alrededor de un eje de rotación que es paralelo a los rotores 3308, 3312 (por ejemplo, la dirección perpendicular 3324 y paralelo al ancho lateral de la tira de metal 3302).

- 5 Después de pasar ambos rotores 3308, 3312 y cualquier elemento de calentamiento 3391, 3393, 3396 adicional, la tira de metal 3302 puede tener un perfil de temperatura 3397 que es uniforme, aproximadamente uniforme o más uniforme que el perfil de temperatura 3395.

10 En algunos casos, los puntos fríos ocurren cerca, pero no en, los bordes de la tira de metal 3302. Esta ubicación puede ser común debido a la trayectoria que deben tomar las corrientes de Foucault dentro de la tira de metal 3302 cuando se acercan a un borde, dando como resultado un punto frío localizado separado una distancia corta del borde, con un punto caliente localizado en el borde. En algunos casos, los elementos de calentamiento 3391, 3393, 3396 adicionales se pueden colocar entre la tira de metal 3302 próxima en una ubicación lateral que se encuentra entre un borde de la tira de metal 3302 y una línea central lateral de la tira de metal 3302. En algunos casos, los elementos de calentamiento 3391, 3393, 3396 adicionales se pueden colocar adyacentes a la tira de metal en una ubicación lateral que esté separada lateralmente (por ejemplo, hacia una línea central lateral de la tira de metal) del borde de la tira de metal a una distancia de o aproximadamente de 5%-25%, 7%-20%, 8%-15%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13% o 14% del ancho de la tira de metal 3302.

20 La FIG. 34 es una combinación de diagrama esquemático y gráfico que representa un sistema de control de tensión y calentamiento magnético 3400 según ciertos aspectos de la presente descripción. El sistema 3400 puede incluir múltiples rotores 3408, 3410 capaces de calentar la tira de metal 3402 así como de inducir cambios de tensión en la tira de metal 3402. El sistema de control de tensión y calentamiento magnético 3400 se puede usar con cualquier equipo de procesamiento de metales adecuado, tal como una desbobinadora de bobinas o rebobinadora de bobinas, como se representa en la FIG. 34.

25 La parte izquierda de la FIG. 34 representa los rotores 3408 colocados inmediatamente aguas abajo de una desbobinadora de bobinas. A medida que la tira de metal 3402 se desenrolla de la bobina, la tensión puede ser inicialmente relativamente alta, como se ve en la línea de tensión 3409 de la FIG. 34. Haciendo girar cada uno de los rotores 3408 en una dirección aguas arriba, los rotores 3408 pueden impartir ajustes de tensión mientras que aumentan simultáneamente la temperatura de la tira de metal 3402, como se ve en la línea de temperatura 3401 de la FIG. 34. Cada rotor 3408 sucesivo operado en la dirección aguas arriba que sigue a la desbobinadora de bobinas puede disminuir la tensión de la tira de metal al tiempo que aumenta la temperatura de la tira de metal. Esta técnica puede ser especialmente beneficiosa debido a que a medida que aumenta la temperatura de la tira de metal 3402, la tensión excesiva y/o el contacto físico pueden ser indeseables y pueden causar defectos en la tira de metal 3402. El uso de un rotor magnético 3408 para aumentar la temperatura y disminuir la tensión en la tira de metal 3402 se puede lograr sin hacer contacto físico entre la tira de metal 3402 y el rotor 3408.

35 La parte derecha de la FIG. 34 representa los rotores 3410 colocados inmediatamente aguas arriba de una rebobinadora de bobinas. A medida que la tira de metal 3402 se dirige hacia la rebobinadora de bobinas, la tensión puede ser inicialmente relativamente baja y puede necesitarse aumentar antes de que la tira de metal 3402 se enrolle en la bobina. Además, puede ser deseable aumentar la temperatura de la tira de metal 3402 inmediatamente antes del rebobinado, especialmente si la tira de metal 3402 se ha enfriado previamente a una temperatura baja. Por lo tanto, un rotor magnético 3410 como se describe en la presente memoria puede ser especialmente útil tanto para aumentar la temperatura de la tira de metal 3402 como para aumentar la tensión en la tira de metal 3402 sin necesidad de entrar en contacto con la tira de metal 3402. Haciendo girar los rotores magnéticos 3410 en una dirección aguas abajo, los rotores 3410 pueden aumentar la tensión en la tira de metal 3402 al tiempo que aumentan simultáneamente la temperatura de la tira de metal 3402.

45 La FIG. 35 es una vista frontal de un rotor 3508 con un par de manguitos de rotor 3592 que proporcionan un perfil de flujo magnético 3509 según ciertos aspectos de la presente descripción. Como se describe en la presente memoria, diversas técnicas pueden permitir que diferentes cantidades de flujo magnético se pasen a través de una tira de metal que se desplaza adyacente a un rotor magnético. Una técnica para controlar la cantidad de calor introducido a lo largo del ancho de la tira de metal es proporcionar un rotor 3508 que tenga un perfil de flujo magnético personalizado 3509. El perfil de flujo magnético personalizado 3509 se puede diseñar para impartir la cantidad deseada de calentamiento a la tira de metal cuando el rotor 3508 se hace girar adyacente a una tira de metal en movimiento. El rotor 3508 puede ser cualquiera de los rotores descritos en la presente memoria, tal como el rotor 108 de la FIG. 1.

55 Como se representa en la FIG. 35, se puede crear un perfil de flujo magnético personalizado 3509 usando los manguitos de rotor 3592 colocados sobre o alrededor de un rotor magnético 3508 en diversas ubicaciones. Los manguitos de rotor 3592 se pueden diseñar para cortocircuitar y/o enfocar el flujo magnético, generando, de este modo, un perfil de flujo magnético 3509 que sería similar a un rotor magnético que tiene un ancho variable, sin tener que variar realmente el ancho del rotor. El manguito 3592 puede estar hecho de cualquier material adecuado para cortocircuitar y/o enfocar el flujo magnético, tal como materiales ferromagnéticos (por ejemplo, acero).

El manguito 3592 puede extenderse por el ancho completo del rotor 3508 o menos de un ancho completo del rotor 3508. Como se representa, se usa una disposición de dos manguitos para proporcionar un perfil de flujo magnético 3509 con simetría alrededor de una línea central 3594 del rotor 3508. En otros casos, se puede usar un manguito o más de dos manguitos. En algunos casos, tal como se representa en la FIG. 35, un manguito 3592 puede extenderse desde o cerca de un extremo del rotor 3508 hacia la línea central 3594 una distancia que es de o aproximadamente de 60 mm a 140 mm, 70 mm a 130 mm, 80 mm a 120 mm o 90 mm a 110 mm, o de o aproximadamente de 100 mm. En algunos casos, un manguito 3592 puede extenderse una distancia suficiente para cubrir entre aproximadamente el 5% y aproximadamente el 25% de la longitud completa del rotor 3508, tal como de o aproximadamente del 5%-25%, 8%-20%, 10%-18% o 15%. En algunos casos, un par de manguitos 3592 que cubren cada uno aproximadamente el 20% de la longitud del rotor 3508 pueden cubrir juntos el 40% de la longitud del rotor 3508. En algunos casos, los manguitos 3592 se pueden disponer para cubrir partes del rotor 3508 que se extienden más allá del ancho de una tira de metal que se calienta. En algunos casos, un manguito 3592 puede cubrir cualquier lugar entre aproximadamente el 0% y el 80% de la longitud completa del rotor 3508.

En algunos casos, los manguitos 3592 pueden ser ajustables automática o manualmente para cubrir más o menos del rotor 3508. En tales casos, puede ser deseable ajustar la posición de los manguitos 3592 en base al ancho de la tira de metal que se calienta. Los manguitos 3592 se pueden acoplar al rotor 3508, aunque ese no necesita ser el caso. Para evitar el sobrecalentamiento del manguito 3592 debido al calentamiento inductivo, especialmente si el manguito 3592 no está completamente acoplado rotacionalmente al rotor 3508, el manguito 3592 puede incluir laminaciones u otras características para reducir la cantidad de calentamiento inductivo inducido por los campos magnéticos cambiantes. En algunos casos, el manguito 3592 se puede acoplar rotacionalmente al rotor 3508, aunque ese no necesita ser el caso. En algunos casos, puede existir un hueco entre el manguito 3592 y las fuentes magnéticas dentro del rotor 3508. Este hueco puede tener una distancia de aproximadamente 5 mm - 20 mm, 7 mm - 15 mm o 10 mm.

Un manguito 3592 puede ser de cualquier grosor adecuado, aunque en algunos casos el grosor del manguito puede ser de o aproximadamente de, 1 mm a 50 mm, 10 mm a 50 mm, 1 mm - 30 mm, 15 mm a 40 mm, 20 mm a 30 mm, 10 mm a 20 mm, o de o aproximadamente de 10 mm o 20 mm.

El manguito 3592 puede actuar para reducir la cantidad de campo magnético que se extiende desde el rotor 3508 donde las fuentes magnéticas del rotor 3508 están cubiertas por el manguito 3592. El manguito 3592 puede cortocircuitar el flujo magnético. El manguito 3592 se puede colocar para crear un perfil de flujo magnético 3509 deseable, tal como uno que proporcione aumentar el flujo magnético cerca de los bordes (por ejemplo, ligeramente hacia dentro desde los bordes) de una tira de metal que se calienta.

En algunos casos, la posición y/o el % de superposición de un manguito de rotor 3592 con respecto al rotor 3508 se puede controlar para ajustar el perfil de flujo magnético que pasa a través de la tira de metal. En tales casos, el perfil de flujo magnético 3509 del rotor 3508 en sí mismo puede no cambiar dinámicamente, sino que el perfil del flujo magnético a través de la tira de metal se puede ajustar dinámicamente.

La FIG. 36 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético 3608 encima de una tira de metal 3602 con una guía de flujo 3698 según ciertos aspectos de la presente descripción. El diagrama de la FIG. 36 representa la guía de flujo 3698 y la tira de metal 3602 desde la superficie de la tira de metal 3602 hacia arriba. En algunos casos, la misma configuración y tipo de guía de flujo 3698 se puede situar simétrica a un plano central de la tira de metal (por ejemplo, un plano que biseca el grosor de la tira de metal). Con propósitos ilustrativos, la parte de la guía de flujo 3698 oculta por el rotor 3608 se muestra en línea de puntos.

La guía de flujo 3698 se puede colocar adyacente, pero separada de, un borde de la tira de metal 3602. La guía de flujo 3698 puede ser de una forma de manera que su superficie superior esté contorneada a la forma del rotor magnético 3608 de manera que la guía de flujo 3698 se pueda colocar en estrecha proximidad al rotor 3608. El rotor 3608 puede extenderse pasado el borde de la tira de metal 3602. La guía de flujo 3698 puede actuar para desviar el flujo magnético alrededor del borde de la tira de metal 3602, minimizando de este modo cualquier sobrecalentamiento del borde de la tira de metal 3602.

La guía de flujo 3698 puede ser de cualquier material adecuado, tal como los descritos en la presente memoria con respecto a las guías de flujo. La guía de flujo 3698 puede ser de cualquier dimensión adecuada. En algunos casos, la guía de flujo 3698 puede ser aproximadamente de 100 mm de longitud y aproximadamente 30 mm de ancho, aunque ese no necesita ser el caso. La guía de flujo 3698 se puede colocar aproximadamente a 15 mm del rotor 3608 y aproximadamente a 10 mm del borde de la tira de metal 3602, aunque ese no necesita ser el caso.

La FIG. 37 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético 3708 encima de una tira de metal 3702 con una guía de flujo 3798 en forma de barra según ciertos aspectos de la presente descripción. El diagrama de la FIG. 37 representa la guía de flujo 3798 en forma de barra y la tira de metal 3702 desde la superficie de la tira de metal 3702 hacia arriba. En algunos casos, la misma configuración y tipo de guía de flujo 3798 puede situar simétrica a un plano central de la tira de metal (por ejemplo, un plano que biseca el grosor de la tira de metal). Con propósitos ilustrativos, la parte de la guía de flujo 3798 oculta por el rotor 3708 se muestra en línea de puntos.

La guía de flujo 3798 se puede colocar adyacente, pero separada de, un borde de la tira de metal 3702. La guía de flujo 3798 puede tener forma de barra y puede extenderse en longitud durante una longitud que es mayor que el diámetro del rotor 3708. El rotor 3708 puede extenderse pasado el borde de la tira de metal 3702. La guía de flujo 3798 puede actuar para desviar el flujo magnético alrededor del borde de la tira de metal 3702 así como perturbar y/o absorber el flujo secundario generado por la tira de metal 3702, minimizando de este modo cualquier sobrecalentamiento del borde de la tira de metal 3702.

La guía de flujo 3798 puede ser de cualquier material adecuado, tal como los descritos en la presente memoria con respecto a las guías de flujo. La guía de flujo 3798 puede ser de cualquier dimensión adecuada. En algunos casos, la guía de flujo 3798 puede ser aproximadamente de 300 mm de longitud y aproximadamente de 30 mm de ancho, aunque ese no necesita ser el caso. La guía de flujo 3798 se puede colocar aproximadamente a 25 mm del rotor 3708 y aproximadamente a 10 mm del borde de la tira de metal 3702, aunque ese no necesita ser el caso.

En algunos casos, una guía de flujo 3798 deseable puede tener un ancho pequeño (por ejemplo, aproximadamente de 10 mm), un grosor moderado (por ejemplo, aproximadamente de 60 mm) y un ancho relativamente largo (por ejemplo, aproximadamente de 400 mm o más largo). El ancho pequeño puede minimizar las fuerzas magnéticas sobre el rotor 3808.

La FIG. 38 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético 3808 por encima de una tira de metal 3802 con una guía de flujo de protección de borde 3898 según ciertos aspectos de la presente descripción. El diagrama de la FIG. 38 representa la guía de flujo de protección de borde 3898 y la tira de metal 3802 desde la superficie de la tira de metal 3802 hacia arriba. En algunos casos, la misma configuración y tipo de guía de flujo 3898 se puede situar simétrica a un plano central de la tira de metal (por ejemplo, un plano que biseca el grosor de la tira de metal). Con propósitos ilustrativos, la parte de la guía de flujo 3898 oculta por el rotor 3808 se muestra en línea de puntos.

La guía de flujo 3898 se puede colocar adyacente y separada de la tira de metal 3802. La guía de flujo 3898 se puede colocar entre el rotor 3808 y la tira de metal 3802. En algunos casos, la guía de flujo 3898 puede extenderse más allá de un borde de la tira de metal 3802. La guía de flujo 3898 se puede colocar a cualquier distancia lateral adecuada y puede extenderse el ancho completo de la tira de metal 3802 o menos que el ancho completo de la tira de metal 3802. La guía de flujo 3898 puede ser generalmente plana y en forma de tira y puede extenderse en longitud (por ejemplo, en la dirección de aguas abajo) durante una longitud que es mayor que el diámetro del rotor 3808, aunque ese no necesita ser el caso. El rotor 3808 puede extenderse pasado el borde de la tira de metal 3802. La guía de flujo 3898 puede actuar para generar su propio flujo magnético secundario, minimizando de este modo cualquier sobrecalentamiento del borde de la tira de metal 3802.

La guía de flujo 3898 puede ser de cualquier material adecuado, tal como los descritos en la presente memoria con respecto a las guías de flujo, tal como cobre, aluminio o cualquier material eléctricamente conductor. La guía de flujo 3898 puede ser de cualquier dimensión adecuada. En algunos casos, la guía de flujo 3898 puede ser aproximadamente de 100 mm de longitud y aproximadamente de 30 mm de ancho, aunque ese no necesita ser el caso. La guía de flujo 3898 que se superpone a la tira de metal 3802 desde el borde de la tira de metal 3802 puede controlar la intensidad con la que la guía de flujo 3898 reduce la cantidad de calentamiento que ocurre en el borde de la tira de metal 3802. En algunos casos, la superposición puede ser de o aproximadamente de 10 mm a 70 mm, 20 mm a 60 mm, 30 mm a 50 mm o 40 mm. Además, el grosor de la guía de flujo 3898 puede afectar a la intensidad con la que la guía de flujo 3898 reduce la cantidad de calentamiento que ocurre en el borde de la tira de metal 3802. En algunos casos, el grosor de la guía de flujo 3898 puede ser de o aproximadamente de 1 mm - 10 mm, 3 mm - 7 mm o 5 mm. En algunos casos, el grosor de la guía de flujo 3898 se puede ajustar dinámicamente deslizando láminas de metal individuales dentro y fuera de la guía de flujo 3898. Además, el hueco entre la guía de flujo 3898 y el rotor 3808, y el hueco entre la guía de flujo 3898 y la tira 3802, pueden afectar a la intensidad con la que la guía de flujo 3898 reduce la cantidad de calentamiento que ocurre en el borde de la tira de metal 3802. En algunos casos, el hueco entre la guía de flujo 3898 y la tira 3802 puede ser de o aproximadamente de 5 mm - 50 mm, 10 mm - 40 mm o 20 mm. Además, la longitud de la guía de flujo 3898 (por ejemplo, en una dirección aguas abajo, perpendicular al eje de rotación del rotor 3808) puede afectar a la intensidad con la que la guía de flujo 3898 reduce la cantidad de calentamiento que ocurre en el borde de la tira de metal 3802. En algunos casos, la longitud de la guía de flujo 3898 puede ser de o aproximadamente de 100 mm - 600 mm, 200 mm - 500 mm o 300 mm. Además, el ancho de la guía de flujo 3898 (por ejemplo, en una dirección paralela al eje de rotación del rotor 3808) puede afectar a la intensidad con la que la guía de flujo 3898 reduce la cantidad de calentamiento que ocurre en el borde de la tira de metal 3802. En algunos casos, el ancho de la guía de flujo 3898 puede ser de o aproximadamente de 40 mm - 160 mm, 50 mm - 150 mm o 100 mm.

En algunos casos, una guía de flujo 3898 se puede colocar para solapar solo una cierta parte de la tira de metal 3802, sin solapar un borde de la tira de metal 3802. Por ejemplo, una guía de flujo 3898 se puede colocar para solapar solo una región lateral donde tiende a formarse un punto frío.

La FIG. 39 es un diagrama esquemático parcial axonométrico que representa un rotor magnético 3908 por encima de una tira de metal 3902 con un director de flujo 3998 según ciertos aspectos de la presente descripción. El diagrama de la FIG. 39 representa el director de flujo 3998 y la tira de metal 3902 desde la superficie de la tira de

metal 3902 hacia arriba. En algunos casos, la misma configuración y tipo de director de flujo 3998 se puede situar simétrica a un plano central de la tira de metal (por ejemplo, un plano que biseca el grosor de la tira de metal). Un director de flujo 3998 idéntico se puede situar detrás del rotor 3908 (por ejemplo, opuesto a un plano que es perpendicular a la superficie de la tira de metal 3902 y que interseca el eje de rotación del rotor 3908). El director de flujo 3998 puede ser similar al director de flujo 766 de la FIG. 7.

En algunos casos, un director de flujo 3998 puede extenderse un ancho completo de la tira de metal 3902, así como menos o más que un ancho completo de la tira de metal 3902. En algunos casos, sin embargo, el director de flujo 3998 puede tener un ancho que sea más pequeño que el ancho de la tira de metal 3902 y se puede colocar para dirigir el flujo hacia la tira de metal 3902 en regiones laterales donde puede ocurrir, de otro modo, un punto frío. El director de flujo 3998 puede ser de cualquier material adecuado, tal como los descritos en la presente memoria con respecto a los directores de flujo y las guías de flujo. El director de flujo 3998 puede ser de cualquier dimensión adecuada.

La FIG. 40 es una ilustración esquemática de una cámara de curado 4000 según ciertos aspectos de la presente descripción. En algunos casos, la cámara de curado 4000 incluye un alojamiento 4005, que puede estar construido de un material no magnético. Una tira de metal recubierta 4010 que se mueve en una dirección de rodadura 4020 puede entrar en la cámara de curado a través de un puerto de entrada 4030. La tira de metal recubierta 4010 puede ser de cualquier metal adecuado de cualquier grosor que tenga un recubrimiento aplicado a una o ambas de sus superficies superior e inferior (por ejemplo, una lámina de aluminio recubierta, una placa de acero recubierta, una hoja de cobre recubierta, una lona de acero inoxidable recubierta o una losa de estaño recubierta, por nombrar unas pocas). En un ejemplo, la tira de metal recubierta 4010 es material de terminación de lata de aluminio o material de cuerpo de lata de aluminio, aunque ese no necesita ser el caso. En algunos ejemplos, la tira de metal recubierta 4010 puede ser sustancialmente horizontal o en cualquier otra orientación de proceso adecuada. La tira de metal recubierta 4010 puede pasar adyacente a uno o más rotores magnéticos superiores 4040 (por ejemplo, dispuestos por encima de la tira de metal recubierta 4010) y adyacente a uno o más rotores magnéticos inferiores 4045 (por ejemplo, dispuestos por debajo de la tira de metal recubierta 4010). En algunas configuraciones, solo están presentes los rotores magnéticos superiores 4040; en otras configuraciones, solo están presentes los rotores magnéticos inferiores 4045. La cámara de curado 4000 puede incluir cualquier número adecuado de rotores magnéticos superiores 4040 y/o de rotores magnéticos inferiores 4045. Cada rotor magnético (por ejemplo, el rotor magnético inferior 4045 o el rotor magnético superior 4040) puede ser un rotor magnético como se describe en la presente memoria, tal como los rotores magnéticos 108, 110 de la FIG. 1.

Cada rotor magnético superior 4040 y/o rotor magnético inferior 4045 incluye uno o más imanes 4050. El uno o más imanes 4050 se pueden disponer en/dentro de cada rotor de cualquier manera adecuada. La FIG. 40 ilustra un ejemplo no limitante donde cuatro imanes 4050 están dispuestos alrededor de una superficie 4055 de los rotores magnéticos 4040, 4045. En algunos ejemplos no limitantes, los imanes 4050 están al menos parcialmente incrustados dentro de los rotores magnéticos 4040, 4045. En otros ejemplos, los imanes 4050 están acoplados con o unidos a la superficie 4055. Cada rotor magnético 4040, 4045 puede incluir cualquier número de imanes 4050 que tengan cualquier forma de sección transversal adecuada. Por ejemplo, los imanes 4050 pueden ser rectangulares, triangulares, cuadrados, cualquier otra forma geométrica o cualquier combinación de las mismas. Los imanes 4050 pueden ser imanes permanentes y/o electroimanes. Aunque los rotores magnéticos 4040, 4045 se ilustran como tambores cilíndricos, pueden ser de cualquier forma y dimensión de sección transversal adecuadas.

En algunos casos, la cámara de curado 4000 está configurada de modo que la mayoría del flujo magnético generado desde los rotores magnéticos 4040, 4045 se dirija a la superficie de la tira de metal para concentrar la generación de calor cerca de la superficie o superficies de la tira de metal. En algunos casos, el flujo magnético se dirige de manera que el centro de la tira de metal se caliente menos que la superficie o superficies externas de la tira de metal. En algunos casos, se puede usar cualquiera de los concentradores o desviadores de flujo descritos anteriormente. Concentrando la generación de calor cerca de la superficie de la tira de metal, el calor se puede usar para curar un recubrimiento con un efecto mínimo en las propiedades metalúrgicas de la tira de metal.

Si la cámara de curado 4000 incluye tanto los rotores magnéticos superiores 4040 como los rotores magnéticos inferiores 4045, los rotores magnéticos superiores 4040 se pueden alinear verticalmente con los rotores magnéticos inferiores 4045, como se muestra en la FIG. 40, o desplazar verticalmente de los rotores magnéticos inferiores 4045, para formar una pila de curado 4070. En algunos ejemplos, al menos algunos de los rotores magnéticos superiores 4040 están configurados para girar en una primera dirección 4060, mientras que al menos algunos de los rotores magnéticos inferiores 4045 están configurados para girar en una segunda dirección 4065 que es opuesta a la primera dirección 4060. Como se muestra en la FIG. 40, la cámara de curado 4000 ejemplar puede incluir una pluralidad de pilas de curado 4070. En algunos casos, cada pila de curado 4070 o un subconjunto de pilas de curado 4070 se puede controlar individualmente para proporcionar zonas de calentamiento discretas dentro de la cámara de curado 4000. En configuraciones donde solo se usan los rotores magnéticos superiores 4040, o donde solo se usan los rotores magnéticos inferiores 4045, cada rotor magnético superior (o rotor magnético inferior) o un subconjunto de rotores magnéticos superiores (o rotores magnéticos inferiores) se puede operar individualmente para proporcionar zonas de calentamiento discretas dentro del cámara de curado 4000.

En algunos ejemplos no limitantes, el control de un rotor 4040, 4045 o de una pila de curado 4070 para proporcionar una zona de calentamiento discreta se puede realizar ajustando uno o más de los siguientes parámetros:

(i) distancia 4075 entre cada rotor magnético 4040, 4045 y la tira de metal recubierta 4010 (si se usan los rotores magnéticos tanto superiores como inferiores 4040, 4045, las distancias 4075 juntas más el grosor de la tira de metal 4010 forman un hueco 4076 entre cada rotor magnético 4040, 4045). Colocar los rotores magnéticos 4040, 4045 más cerca de la tira de metal recubierta 4010 puede aumentar la temperatura transportada a la tira de metal recubierta 4010 y a un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010. Colocar los rotores magnéticos 4040, 4045 más lejos de la tira de metal recubierta 4010 puede disminuir la temperatura transportada a la tira de metal recubierta 4010 y a un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010. En algunos ejemplos, colocar los rotores magnéticos 4040, 4045 más cerca de la tira de metal recubierta 4010 puede aumentar la tasa de calentamiento de la tira de metal recubierta 4010 y de un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010. En algunos ejemplos adicionales, colocar los rotores magnéticos 4040, 4045 más lejos de la tira de metal recubierta 4010 puede disminuir la tasa de calentamiento de la tira de metal recubierta 4010 y de un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010;

(ii) velocidad de rotación de los rotores magnéticos 4040, 4045. Aumentar la velocidad de rotación de los rotores magnéticos 4040, 4045 puede aumentar las temperaturas transportadas a la tira de metal recubierta 4010 y a un recubrimiento aplicado a la tira de metal 4010. Disminuir la velocidad de rotación de los rotores magnéticos 4040, 4045 puede reducir las temperaturas transportadas a la tira de metal recubierta 4010 y a un recubrimiento aplicado a la tira de metal 4010;

(iii) fuerza y/o dirección del flujo magnético generado desde los rotores magnéticos 4040, 4045. Aumentar la intensidad del flujo magnético generado desde los rotores magnéticos 4040, 4045 puede aumentar las temperaturas transportadas a la tira de metal recubierta 4010 y a un recubrimiento aplicado a la tira de metal 4010. De manera similar, dirigir el flujo magnético generado desde los rotores magnéticos 4040, 4045 hacia la superficie exterior de la tira de metal puede aumentar las temperaturas transportadas al recubrimiento aplicado a la tira de metal 4010; y

(iv) distancia 4077 entre un primer rotor magnético 4040, 4045 y un rotor magnético 4040, 4045 adicional opcional dispuesto adyacente al primer rotor magnético 4040, 4045 en un mismo lado de la tira de metal recubierta 4010, o la distancia 4077 entre una primera pila de curado 4070 y una segunda pila de curado 4070 opcional. En algunos ejemplos, colocar el primer rotor magnético 4040, 4045 más cerca del segundo rotor magnético 4040, 4045 opcional puede aumentar la tasa de calentamiento de la tira de metal recubierta 4010 y de un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010. En algunos ejemplos adicionales, colocar el primer rotor magnético 4040, 4045 más lejos del segundo rotor magnético 4040, 4045 opcional puede disminuir la tasa de calentamiento de la tira de metal recubierta 4010 y de un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010. En algunos casos, colocar la primera pila de curado 4070 más cerca de la segunda pila de curado 4070 opcional puede aumentar la tasa de calentamiento de la tira de metal recubierta 4010 y de un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010. En algunos ejemplos adicionales, colocar la primera pila de curado 4070 más lejos de la segunda pila de curado 4070 opcional puede disminuir la tasa de calentamiento de la tira de metal recubierta 4010 y de un recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta 4010.

En algunos ejemplos no limitantes, junto con los parámetros para proporcionar una zona de calentamiento discreta descritos anteriormente, controlar una velocidad a la que la tira de metal recubierta pasa por cada zona de calentamiento (por ejemplo, la velocidad de la tira a través de la cámara de curado) se puede usar para controlar el calentamiento de la tira de metal recubierta y cualquier recubrimiento aplicado. Más específicamente, en algunos aspectos, la velocidad de tira se puede ajustar para controlar la temperatura transportada a las tiras de metal y a los recubrimientos aplicados a las tiras de metal desde los rotores magnéticos 4040, 4045. Aumentar la velocidad de tira puede disminuir la temperatura transportada a la tira de metal recubierta 4010 y al recubrimiento aplicado a la tira de metal 4010, y disminuir la velocidad de tira puede aumentar la temperatura transportada a la tira de metal recubierta 4010 y al recubrimiento aplicado a la tira de metal 4010 (es decir, una velocidad de tira más lenta aumenta el tiempo de permanencia de las tiras de metal y los recubrimientos aplicados a las tiras de metal dentro de la cámara de curado). Además, en algunos ejemplos, controlar la velocidad de tira de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal puede controlar el tiempo de permanencia de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal a medida que las tiras de metal pasan adyacentes a los rotores magnéticos 4040, 4045 o pilas de curado 4070. En algunos ejemplos no limitantes, las tiras de metal se pueden calentar a una temperatura objetivo de al menos 250°C en menos de alrededor de 5 segundos a una tasa de por encima de alrededor de 50°C/segundo cuando la velocidad de los rotores magnéticos es al menos de 1300 RPM.

La tira de metal recubierta 4010 puede pasar a través de la cámara de curado 4000 a cualquier velocidad de tira adecuada. Como ejemplo no limitante, la velocidad de tira puede ser de alrededor de 20 metros por minuto (m/minuto) a alrededor de 400 m/minuto (por ejemplo, alrededor de 20 m/minuto, alrededor de 30 m/minuto, alrededor de 40 m/minuto, alrededor de 50 m/minuto, alrededor de 60 m/minuto, alrededor de 70 m/minuto, alrededor de 80 m/minuto, alrededor de 90 m/minuto, alrededor de 100 m/minuto, alrededor de 110 m/minuto,

5 alrededor de 120 m/minuto, alrededor de 130 m/minuto, alrededor de 140 m/minuto, alrededor de 150 m/minuto, alrededor de 160 m/minuto, alrededor de 170 m/minuto, alrededor de 180 m/minuto, alrededor de 190 m/minuto, alrededor de 200 m/minuto, alrededor de 210 m/minuto, alrededor de 220 m/minuto, alrededor de 230 m/minuto, alrededor de 240 m/minuto, alrededor de 250 m/minuto, alrededor de 260 m/minuto, alrededor de 270 m/minuto, alrededor de 280 m/minuto, alrededor de 290 m/minuto, alrededor de 300 m/minuto, alrededor de 310 m/minuto, alrededor de 320 m/minuto, alrededor de 330 m/minuto, alrededor de 340 m/minuto, alrededor de 350 m/minuto, alrededor de 360 m/minuto, alrededor de 370 m/minuto, alrededor de 380 m/minuto, alrededor de 390 m/minuto, alrededor de 400 m/minuto, o en cualquier punto entre las mismas) u otra velocidad adecuada para curar un recubrimiento presente en la tira de metal.

10 Uno o más de los parámetros anteriores se pueden ajustar para calentar al menos una superficie de la tira de metal 4010 a una temperatura suficiente para curar un recubrimiento en la tira de metal 4010. En algunos casos, los parámetros anteriores están predeterminados para calentar una superficie de la tira de metal 4010 a una temperatura suficiente para curar un recubrimiento sobre la tira de metal 4010 dentro de una distancia deseada (tal como la longitud de la cámara de curado 4000) y/o dentro de un tiempo deseado.

15 Los rotores magnéticos superiores 4040 y/o los rotores magnéticos inferiores 4045 se pueden ajustar verticalmente para controlar la distancia 4075 entre cada rotor magnético (o subconjunto de rotores magnéticos) 4040, 4045 y la tira de metal recubierta 4010. Como se ha mencionado anteriormente, colocar los rotores magnéticos 4040, 4045 más cerca de la tira de metal recubierta 4010 puede aumentar la intensidad de los campos magnéticos dentro de la tira de metal recubierta 4010 y, a su vez, aumentar la magnitud de las corrientes de Foucault dentro de la tira de metal recubierta, y de este modo generar más calor con la tira de metal recubierta. Del mismo modo, en algunos casos, colocar los rotores magnéticos 4040, 4045 más lejos de la tira de metal recubierta 4010 puede disminuir la intensidad de los campos magnéticos dentro de la tira de metal recubierta 4010 y, a su vez, disminuir la magnitud de las corrientes de Foucault dentro de la tira de metal recubierta, y de este modo generar menos calor dentro de la tira de metal recubierta. En algunos casos, la distancia 4075 desde el rotor magnético 4040, 4045 a la tira de metal recubierta 4010 puede ser de alrededor de 15 mm a alrededor de 300 mm (por ejemplo, alrededor de 15 mm, alrededor de 16 mm, alrededor de 17 mm, alrededor de 18 mm, alrededor de 19 mm, alrededor de 20 mm, alrededor de 25 mm, alrededor de 30 mm, alrededor de 35 mm, alrededor de 40 mm, alrededor de 45 mm, alrededor de 50 mm, alrededor de 55 mm, alrededor de 60 mm, alrededor de 65 mm, alrededor de 70 mm, alrededor de 75 mm, alrededor de 80 mm, alrededor de 85 mm, alrededor de 90 mm, alrededor de 95 mm, alrededor de 100 mm, alrededor de 105 mm, alrededor de 110 mm, alrededor de 115 mm, alrededor de 120 mm, alrededor de 125 mm, alrededor de 130 mm, alrededor de 135 mm, alrededor de 140 mm, alrededor de 145 mm, alrededor de 150 mm, alrededor de 155 mm, alrededor de 160 mm, alrededor de 165 mm, alrededor de 170 mm, alrededor de 175 mm, alrededor de 180 mm, alrededor de 185 mm, alrededor de 190 mm, alrededor de 195 mm, alrededor de 200 mm, alrededor de 205 mm, alrededor de 210 mm, alrededor de 215 mm, alrededor de 220 mm, alrededor de 225 mm, alrededor de 230 mm, alrededor de 235 mm, alrededor de 240 mm, alrededor de 245 mm, alrededor de 250 mm, alrededor de 255 mm, alrededor de 260 mm, alrededor de 265 mm, alrededor de 270 mm, alrededor de 275 mm, alrededor de 280 mm, alrededor de 285 mm, alrededor de 290 mm, alrededor de 295 mm, alrededor de 300 mm o cualquier punto entre las mismas). En algunos casos, la distancia 4075 es menor que 15 mm; en otros casos, es mayor que 300 mm. De esta forma, la cámara de curado 4000 se puede configurar como una cámara de flotación donde la tira de metal recubierta 4010 pasa a través de la cámara de curado 4000 sin entrar en contacto con los rotores magnéticos 4040, 4045. Después del curado, la tira de metal recubierta 4010 sale de la cámara de curado 4000 ejemplar a través de un puerto de salida 4080.

45 En algunos casos, el uso de imanes giratorios para calentar las tiras de metal (por ejemplo, lámina de aluminio, material de cuerpo de lata de aluminio o material de terminación de lata de aluminio (CES)) y los recubrimientos aplicados a las superficies de las tiras de metal, puede proporcionar un control de temperatura simple y rápido de la tira de metal, el recubrimiento aplicado a la tira de metal y un entorno dentro de la cámara de curado.

50 Por ejemplo, al menos una o más superficies de las tiras de metal y los recubrimientos aplicados a una o más superficies de las tiras de metal se pueden calentar a cualquier temperatura adecuada. En un ejemplo no limitante, al menos una o más superficies de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a la una o más superficies de las tiras de metal se pueden calentar a desde alrededor de 100°C hasta alrededor de 600°C (por ejemplo, hasta alrededor de 100°C, alrededor de 125°C, alrededor de 150°C, alrededor de 175°C, alrededor de 200°C, alrededor de 225°C, alrededor de 250°C, alrededor de 275°C, alrededor de 300°C, alrededor de 325°C, alrededor de 350°C, alrededor de 355°C, alrededor de 375°C, alrededor de 400°C, alrededor de 425°C, alrededor de 450°C, alrededor de 475°C, alrededor de 500°C, alrededor de 525°C, alrededor de 550°C, alrededor de 575°C, alrededor de 600°C, o cualquier punto entre las mismas), u otra temperatura suficiente para curar el recubrimiento de la tira de metal 4010 (por ejemplo, menor que 100°C o mayor que 600°C). La cámara de curado 4000 se puede configurar de modo que las tiras de metal y los recubrimientos aplicados a las tiras de metal se puedan calentar a la temperatura objetivo en alrededor de 1 segundo a alrededor de 10 segundos (por ejemplo, en alrededor de 1 segundo, alrededor de 2 segundos, alrededor de 3 segundos, alrededor de 4 segundos, alrededor de 5 segundos, alrededor de 6 segundos, alrededor de 7 segundos, alrededor de 8 segundos, alrededor de 9 segundos, alrededor de 10 segundos, o en cualquier punto entre los mismos), o cualquier otro tiempo deseado. En algunos casos, las tiras de metal y los recubrimientos aplicados a las tiras de metal se pueden calentar hasta la temperatura objetivo a una tasa de alrededor de 1°C/segundo hasta alrededor de 150°C/segundo o más alta (por ejemplo, alrededor de 1°C/segundo o

- más alta, alrededor de 2°C/segundo o más alta, alrededor de 3°C/segundo o más alta, alrededor de 4°C/segundo o más alta, alrededor de 5°C/segundo o más alta, alrededor de 10°C/segundo o más alta, alrededor de 15°C/segundo o más alta, alrededor de 20°C/segundo o más alta, alrededor de 25°C/segundo o más alta, alrededor de 30°C/segundo o más alta, alrededor de 35°C/segundo o más alta, alrededor de 40°C/segundo o más alta, alrededor de 45°C/segundo o más alta, alrededor de 50°C/segundo o más alta, alrededor de 55°C/segundo o más alta, alrededor de 60°C/segundo o más alta, alrededor de 65°C/segundo o más alta, alrededor de 70°C/segundo o más alta, alrededor de 75°C/segundo o más alta, alrededor de 80°C/segundo o más alta, alrededor de 85°C/segundo o más alta, alrededor de 90°C/segundo o más alta, alrededor de 95°C/segundo o más alta, alrededor de 100°C/segundo o más alta, alrededor de 105°C/segundo o más alta, alrededor de 110°C/segundo o más alta, alrededor de 115°C/segundo o más alta, alrededor de 120°C/segundo o más alta, alrededor de 125°C/segundo o más alta, alrededor de 130°C/segundo o más alta, alrededor de 135°C/segundo o más alta, alrededor de 140°C/segundo o más alta, alrededor de 145°C/segundo o más alta, alrededor de 150°C/segundo o más alta, o cualquier punto entre las mismas). En algunos casos, las tiras de metal y los recubrimientos aplicados a las tiras de metal se pueden calentar a la temperatura objetivo a una tasa superior a 150°C/segundo.
- En algunos aspectos, las temperaturas, tiempos y tasas descritos anteriormente se pueden controlar controlando la velocidad de rotación de los rotores magnéticos 4040, 4045. Por ejemplo, aumentar la velocidad de rotación del rotor magnético 4040, 4045 puede aumentar la oscilación de los campos magnéticos dentro de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal, aumentando por ello la magnitud de las corrientes de Foucault dentro de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal, generando por ello más calor dentro de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal. Del mismo modo, disminuir la velocidad de rotación del rotor magnético 4040, 4045 puede disminuir la oscilación de los campos magnéticos dentro de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal, disminuyendo por ello la magnitud de las corrientes de Foucault dentro de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal, generando por ello menos calor dentro de las tiras de metal y de los recubrimientos aplicados a las tiras de metal. El rotor magnético puede girar a cualquier velocidad adecuada. En algunos casos, cada rotor magnético puede girar a una velocidad de desde alrededor de 200 RPM hasta alrededor de 3500 RPM (por ejemplo, alrededor de 200 RPM, alrededor de 250 RPM, alrededor de 300 RPM, alrededor de 350 RPM, alrededor de 400 RPM, alrededor de 450 RPM, alrededor de 500 RPM, alrededor de 550 RPM, alrededor de 600 RPM, alrededor de 650 RPM, alrededor de 700 RPM, alrededor de 750 RPM, alrededor de 800 RPM, alrededor de 850 RPM, alrededor de 900 RPM, alrededor de 950 RPM, alrededor de 1000 RPM, alrededor de 1100 RPM, alrededor de 1200 RPM, alrededor de 1300 RPM, alrededor de 1400 RPM, alrededor de 1500 RPM, alrededor de 1600 RPM, alrededor de 1700 RPM, alrededor de 1800 RPM, alrededor de 1900 RPM, alrededor de 2000 RPM, alrededor de 2100 RPM, alrededor de 2200 RPM, alrededor de 2300 RPM, alrededor de 2400 RPM, alrededor de 2500 RPM, alrededor de 2600 RPM, alrededor de 2700 RPM, alrededor de 2800 RPM, alrededor de 2900 RPM, alrededor de 3000 RPM, alrededor de 3100 RPM, alrededor de 3200 RPM, alrededor de 3300 RPM, alrededor de 3400 RPM, alrededor de 3500 RPM o cualquier punto entre las mismas). En algunos casos, los rotores magnéticos giran a una velocidad menor que 200 RPM o una velocidad mayor que 3500 RPM.
- Cada uno de los rotores magnéticos superiores 4040 y/o cada uno de los rotores magnéticos inferiores 4045 pueden girar a la misma velocidad o a velocidades diferentes en relación con otros rotores magnéticos en el sistema.
- La FIG. 41 es una vista en perspectiva que representa un ejemplo de un rotor magnético 4040, 4045 según ciertos aspectos de la presente descripción. En algunas configuraciones, uno o más imanes 4050 están incrustados al menos parcialmente dentro del rotor magnético 4040, 4045.
- La FIG. 42 es una vista en sección transversal que representa un ejemplo de un rotor magnético 4040, 4045 según ciertos aspectos de la presente descripción. El rotor magnético 4040, 4045 puede incluir uno o más imanes 4050 incrustados al menos parcialmente dentro del rotor magnético 4040, 4045.
- La FIG. 43 es una vista en sección transversal que representa un ejemplo de un rotor magnético 4040, 4045 según ciertos aspectos de la presente descripción. En algunos casos, uno o más imanes 4050 se pueden unir o acoplar de otro modo al rotor magnético 4040, 4045 de manera que sobresalgan de la superficie 4055 del rotor magnético 4040, 4045.
- La FIG. 44 es una vista en sección transversal que representa un ejemplo de un rotor magnético 4040, 4045 según ciertos aspectos de la presente descripción. En algunos casos, un subconjunto de imanes 4050 se puede incrustar dentro del rotor magnético 4040, 4045 mientras que otro subconjunto de imanes puede proyectarse desde la superficie 4055 del rotor magnético 4040, 4045. Cualquier otra disposición o configuración adecuada de imanes en relación con los rotores se puede usar distinta de las representadas en las FIGS. 42-44.
- La FIG. 45 es un gráfico de un ejemplo de perfil de temperatura de cámara de curado de una cámara de curado por combustión de gas comparativa. El eje y indica la temperatura (°C) y el eje x indica el tiempo de permanencia (segundos) en la cámara de curado comparativa. La temperatura de una tira de metal y su recubrimiento puede aumentar con el tiempo pasado en la cámara de curado comparativa. En algunos casos, el sistema ejemplar para curar un recubrimiento descrito en la presente memoria puede emular el perfil de temperatura de cámara de curado por combustión de gas comparativa. Las líneas discontinuas indican cómo la colocación de los rotores

magnéticos/pilas de curado 4070 en la cámara de curado 4000 ejemplar pueden proporcionar un perfil de temperatura similar a la cámara de curado por combustión de gas comparativa. La tira de metal recubierta 4010 puede entrar en la cámara de curado 4000 ejemplar y ser expuesta a una primera temperatura de 4500 y comenzar a calentarse. La tira de metal recubierta 4010 se puede calentar posteriormente a una segunda temperatura 4510 después de pasar un primer rotor magnético/pila de curado. La tira de metal recubierta 4010 se puede calentar además a una tercera temperatura de 4520 después de pasar un segundo rotor magnético/pila de curado. La tira de metal recubierta 4010 se puede calentar aún más a una cuarta temperatura de 4530 después de pasar un tercer rotor magnético/pila de curado.

La FIG. 46 es un gráfico de la tasa de aumento de temperatura en comparación con la velocidad de rotor magnético según ciertos aspectos de la presente descripción. El gráfico muestra las tasas de cambio de temperatura (por ejemplo, aumento de temperatura) de una superficie de una tira de metal recubierta (por ejemplo, la tira de metal recubierta 4010 de la FIG. 40) en la medida que depende de la velocidad del rotor magnético (por ejemplo, los rotores 4040, 4045) y el hueco (por ejemplo, el hueco 4076) entre el primer rotor magnético (por ejemplo, el rotor magnético 4040) y el segundo rotor magnético (por ejemplo, el rotor magnético 4045). La tira de metal recubierta 4010 se centró en el hueco 4076. Se registró la temperatura de la tira de metal recubierta 4010. Evidente en el gráfico de la FIG. 46, la tasa de aumento de temperatura aumenta con el aumento de la velocidad del rotor magnético 4040, 4045, como se ha descrito anteriormente. En algunos ejemplos no limitantes, mantener el hueco 4076 de 30 mm (línea continua) proporcionó la mayor tasa de aumento de temperatura. En algunos ejemplos no limitantes, mantener el hueco 4076 de 60 mm (línea discontinua) proporcionó una tasa menor de aumento de temperatura que mantener el hueco 4076 de 30 mm. En algunos ejemplos no limitantes, mantener el hueco 4076 de 90 mm (línea de puntos) proporcionó una tasa menor de aumento de temperatura que mantener el hueco 4076 de 60 mm. En algunos ejemplos no limitantes, mantener el hueco 4076 de 120 mm (línea discontinua de puntos y rayas) proporcionó una tasa menor de aumento de temperatura que mantener el hueco 4076 de 90 mm. Más evidente en el gráfico, disminuir el hueco 4076 entre los rotores magnéticos 4040 y 4045 (y, en consecuencia, la distancia 4075 entre el rotor magnético 4040, 4045 y la tira de metal recubierta 4010) también aumenta la tasa de aumento de temperatura en la tira de metal recubierta 4010 y en el recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta. En algunos ejemplos no limitantes, mantener un hueco 4076 entre los rotores magnéticos 4040 y 4045 de alrededor de 30 mm y hacer girar cada rotor magnético 4040, 4045 a una velocidad de alrededor de 1300 RPM puede proporcionar una tasa de calentamiento de alrededor de 55°C/s.

La FIG. 47 es un gráfico de la tasa de aumento de temperatura en comparación con un hueco entre rotores magnéticos según ciertos aspectos de la presente descripción. El gráfico muestra tasas de cambio de temperatura (por ejemplo, aumento de temperatura) de una superficie de una tira de metal recubierta (por ejemplo, la tira de metal recubierta 4010 de la FIG. 40) en la medida que depende del hueco (por ejemplo, el hueco 4076) entre los rotores magnéticos (por ejemplo, los rotores 4040 y 4045). La velocidad de rotor se mantuvo a alrededor de 1500 RPM. Evidente en el gráfico de la FIG. 47, aumentar el hueco 4076 entre los rotores magnéticos 4040 y 4045 (y, en consecuencia, la distancia 4075 entre el rotor magnético 4040, 4045 y la tira de metal recubierta 4010) disminuye la tasa de aumento de temperatura en la tira de metal recubierta 4010 y en el recubrimiento aplicado a la tira de metal recubierta. En algunos ejemplos no limitantes, mantener un hueco 4076 entre los rotores magnéticos 4040 y 4045 de alrededor de 30 mm y hacer girar cada rotor magnético 4040, 4045 a una velocidad de alrededor de 1500 RPM puede proporcionar una tasa de calentamiento de alrededor de 65°C/s. En otro ejemplo, mantener un hueco 4076 de alrededor de 100 mm y una velocidad del rotor magnético 4040, 4045 de 1500 RPM puede proporcionar una tasa de calentamiento de alrededor de 15°C/s.

En algunos ejemplos no limitantes, un perfil de temperatura de una cámara de curado como se describe en la presente memoria se puede personalizar con precisión para una tira de metal recubierta o de otro material y sus características de recubrimiento ajustando parámetros que incluyen la velocidad de tira de la tira de metal recubierta, la velocidad de rotación de los rotores magnéticos, la intensidad y/o la dirección del flujo magnético generado a partir de los rotores magnéticos, la distancia entre los rotores magnéticos y la tira de metal recubierta o de otro material, y/o la distancia entre rotores magnéticos adyacentes. En algunos casos, el sistema descrito en la presente memoria puede proporcionar tiempos de arranque y apagado reducidos para los sistemas de curado, proporcionar cámaras de curado que tienen una huella más pequeña en comparación con las cámaras de curado por combustión de gas comparativas, proporcionar tiempos de curado reducidos para recubrimientos aplicados a tiras de metal y de otro material y proporcionar emisiones de combustibles fósiles reducidas. Por ejemplo, una tira de metal recubierta con una velocidad de tira de aproximadamente 200 m/minuto requeriría una cámara de curado ejemplar con una longitud de alrededor de 15 m, en donde una cámara de curado por combustión de gas comparativa requiere una longitud de 50 m para un curado igual. En algunos casos, la cámara de curado descrita en la presente memoria puede ser alrededor de un 70% más corta que una cámara de curado por combustión de gas comparativa.

La FIG. 48 es una ilustración esquemática de una cámara de curado y de un horno de calentamiento de medios de transferencia de calor según ciertos aspectos de la presente descripción. En algunos ejemplos no limitantes, los sistemas descritos en la presente memoria se pueden usar para proporcionar calor fuera de la cámara de curado 4000 o lejos de otro modo de un rotor magnético (por ejemplo, los rotores 108, 110 de la FIG. 1). Por ejemplo, se puede emplear un soplador para transferir cualquier gas calentado (por ejemplo, aire, nitrógeno, argón o cualquier gas de proceso adecuado) o líquido contenido en la cámara de curado 4000 a una cámara de proceso o proceso adyacente. En algunos casos, los compuestos orgánicos volátiles (VOC) extraídos de los recubrimientos durante el

curado se pueden encaminar a un oxidante térmico regenerativo (RTO) opcional para capturar la energía térmica de los VOC. En algunos ejemplos, los gases extraídos de los recubrimientos durante el curado se pueden encaminar a depuradores opcionales para proporcionar emisiones ambientalmente seguras desde la cámara de curado 4000.

5 Como se representa en la FIG. 48, se puede usar un sistema de ejemplo descrito en la presente memoria para calentar agua o cualquier otra materia de intercambio de calor adecuada (por ejemplo, aire, gas, líquido) para su uso en sistemas y procesos fuera de la cámara de curado 4000. Un conducto 4810 dispuesto adyacente a uno o más de los rotores individuales 4040, 4045 o las pilas de curado 4070 puede transportar un fluido de intercambio de calor 4820 para transferir calor de manera eficiente dentro del conducto 4810. En algunos ejemplos, el conducto 4810 es un sistema cerrado y/o conectado a un depósito para almacenar y filtrar el fluido de intercambio de calor 4820. Uno o más tubos 4830 pueden transportar el fluido de intercambio de calor 4820 a través de la cámara de curado 4000 para calentar el fluido de intercambio de calor 4820 usando los imanes de los rotores 4040, 4045 individuales o las pilas de curado 4070 y luego transportar el fluido de intercambio de calor calentado 4820 a un sistema o proceso adyacente a la cámara de curado 4000. En algunos casos, el uno o más tubos 4830 pueden entrar en contacto con el conducto 4810 o ser colocados en estrecha proximidad del conducto 4810 para aumentar la tasa de transferencia de calor y la eficiencia. Por ejemplo, la pluralidad de tubos 4830 puede transportar agua a una estación de enjuague adyacente que requiere agua caliente y/o tibia para extraer (por ejemplo, enjuagar), por ejemplo, una solución de limpieza de una tira de metal después de un proceso de limpieza.

15 La descripción anterior de las realizaciones, incluyendo las realizaciones ilustradas, se ha presentado solo con el propósito de ilustración y de descripción y no se pretende que sea exhaustiva o limitante de las formas precisas descritas. Numerosas modificaciones, adaptaciones y usos de las mismas serán evidentes para los expertos en la técnica.

20

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de calentamiento, que comprende:

5 un aparato de calentamiento magnético (500; 600) para calentar un artículo de metal (502; 602) que se mueve en una dirección aguas abajo (524; 224), en donde el aparato de calentamiento magnético (500; 600) incluye una pluralidad de calentadores para inducir un perfil de temperatura personalizado en el artículo de metal (502; 602), la pluralidad de calentadores que comprende al menos un primer rotor magnético (530, 532; 630, 632) y un segundo rotor magnético (546, 548; 646, 648), cada uno del primer rotor magnético (530, 532; 630, 632) y del segundo rotor magnético (546, 548; 646, 648) que contiene al menos una fuente magnética y que se puede girar alrededor de un eje de rotación que es perpendicular a la dirección aguas abajo (524; 224) y paralelo a un ancho lateral del artículo de metal (502; 602) para generar campos magnéticos cambiantes a través del artículo de metal (502; 602),

15 caracterizado por que con el fin de facilitar la inducción del perfil de temperatura personalizado en el artículo de metal (502; 602), el primer rotor magnético (530, 532; 630, 632) se puede colocar lateralmente con respecto al segundo rotor magnético (546, 548; 646, 648) para estar desplazado lateralmente de una línea central del artículo de metal (502; 602) en una distancia de desplazamiento.

2. El sistema de calentamiento de la reivindicación 1, en donde el perfil de temperatura personalizado es un perfil de temperatura lateralmente uniforme o en donde uno o más de los rotores magnéticos (530, 532, 546, 548; 630, 632, 646, 648) tiene un perfil de flujo magnético personalizado (2509; 2609; 2709; 3509) para facilitar la inducción del perfil de temperatura personalizado en el artículo de metal (502; 602).

20 3. El sistema de calentamiento de la reivindicación 1, en donde el sistema de calentamiento comprende además un controlador (1080) acoplado operativamente a un actuador (1086) que controla la distancia de compensación.

4. El sistema de calentamiento de la reivindicación 1, en donde los rotores magnéticos comprenden dos primeros rotores magnéticos (530, 532; 630, 632; 3308, 3312) uno de los cuales está colocado aguas abajo del otro, o

25 en donde la pluralidad de calentadores comprende además un elemento de calentamiento (3391, 3393, 3396) auxiliar colocado adyacente al artículo de metal (502; 602; 3302) y entre un borde del artículo de metal (3302) y una línea central lateral del artículo de metal (502; 602; 3302) para facilitar la inducción del perfil de temperatura personalizado en el artículo de metal (502; 602; 3302), o

30 en donde el aparato de calentamiento magnético comprende además un deflector (1092, 1892; 1992; 3296, 3298) que se puede colocar para ajustar una distancia entre al menos una parte del artículo de metal (502; 602; 1802; 1902; 3202) y la pluralidad de calentadores (1804; 1904; 3208) para facilitar la inducción del perfil de temperatura personalizado.

5. El sistema de calentamiento de la reivindicación 1, en donde la fuente magnética (403) para uno o más de los rotores magnéticos (400) comprende un imán permanente que se puede girar alrededor del eje de rotación (407), o

35 en donde el aparato de calentamiento magnético comprende adicionalmente una o más guías de flujo (1094; 766; 2766; 3698; 3798; 3898; 3998) colocadas adyacentes a al menos uno de los rotores magnéticos (708; 2708; 3608; 3708; 3808; 3908) para redirigir al menos algo del flujo magnético del al menos uno de los rotores magnéticos (708; 2708; 3608; 3708; 3808; 3908) para facilitar la inducción del perfil de temperatura personalizado.

6. El sistema de calentamiento de la reivindicación 1, que comprende además:

40 un sensor (1088) colocado para medir una temperatura o tensión del artículo de metal; y

45 un controlador (1080) acoplado al sensor (1088) para recibir una señal de sensor, en donde el controlador (1080) está acoplado a un actuador (1038, 1082, 1084, 1086) asociado con el aparato de calentamiento magnético para proporcionar control de realimentación en respuesta a la señal del sensor, en donde el actuador (1038, 1082, 1084, 1086) está configurado para controlar el flujo magnético que pasa a través del artículo de metal (502; 602).

7. Un método de calentamiento de metal, que comprende:

mover un artículo de metal (502; 602) en una dirección aguas abajo (524; 224); e

50 inducir un perfil de temperatura personalizado en el artículo de metal (502; 602) mediante una pluralidad de calentadores de un aparato de calentamiento magnético, en donde la pluralidad de calentadores comprende al menos un primer rotor magnético (530, 532; 630, 632) y un segundo rotor magnético (546, 548; 646, 648), y en donde inducir el perfil de temperatura personalizado comprende girar una fuente magnética de cada uno del primer rotor magnético (530, 532; 630, 632) y del segundo rotor magnético (546, 548; 646, 648) alrededor de un eje de rotación que es perpendicular a la dirección aguas abajo (524; 224) y paralelo a un ancho lateral

del artículo de metal (502; 602) para generar campos magnéticos cambiantes a través del artículo de metal (502; 602),

caracterizado por que el método comprende además:

5 colocar lateralmente el primer rotor magnético (530, 532; 630, 632) con respecto al segundo rotor magnético (546, 548; 646, 648) de modo que esté desplazado lateralmente de una línea central del artículo de metal (502; 602) en una distancia de desplazamiento con el fin de facilitar la inducción del perfil de temperatura personalizado en el artículo de metal (502; 602).

10 8. El método de la reivindicación 7, en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende inducir un perfil de temperatura lateralmente uniforme, o en donde al menos uno de los rotores magnéticos (530, 532, 546, 548; 630, 632, 646, 648) tiene un perfil de flujo magnético personalizado (2509; 2609; 2709; 3509) y en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende girar el rotor magnético (530, 532, 546, 548; 630, 632, 646, 648) que tiene el perfil de flujo magnético personalizado (2509; 2609; 2709; 3509) para generar campos magnéticos cambiantes personalizados.

15 9. El método de la reivindicación 7, en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende además controlar la distancia de desplazamiento.

10. El método de la reivindicación 7, en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende girar dos primeros rotores magnéticos (530, 532; 630, 632; 3308, 3312), uno de los cuales que está situado aguas abajo del otro, o

20 en donde los calentadores comprenden además un elemento de calentamiento (3391, 3393, 3396) auxiliar colocado adyacente al artículo de metal (502; 602; 3302) y entre un borde del artículo de metal (502; 602; 3302) y una línea central lateral del artículo de metal (502; 602; 3302) y en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende además aplicar calor al artículo de metal (502; 602; 3302) desde el elemento de calentamiento (3391, 3393, 3396) auxiliar, o

25 en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende además accionar un deflector (1092, 1892; 1992; 3296, 3298) para ajustar una distancia entre al menos una parte del artículo de metal (1502; 602; 802; 1902; 3202) y los calentadores.

11. El método de la reivindicación 7, en donde la fuente magnética (403) de al menos uno de los rotores magnéticos (400) comprende un imán permanente.

30 12. El método de la reivindicación 7, en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende además redirigir al menos algo del flujo magnético de al menos uno de los rotores magnéticos (708; 2708; 3608; 3708; 3808; 3908) para facilitar la generación de los campos magnéticos cambiantes a través del artículo de metal (702; 3602; 3702; 3802; 3902), o que comprende además medir una temperatura o tensión del artículo de metal (702; 3602; 3702; 3802; 3902) por un sensor (1088) para generar una señal de sensor, en donde la inducción del perfil de temperatura personalizado comprende además proporcionar dinámicamente un control de realimentación del aparato de calentamiento magnético basado en la señal de sensor, en donde proporcionar dinámicamente el control de realimentación comprende al menos uno de manipular los campos magnéticos cambiantes y manipular una posición del artículo de metal (702; 3602; 3702; 3802; 3902) con respecto a los campos magnéticos cambiantes.

35

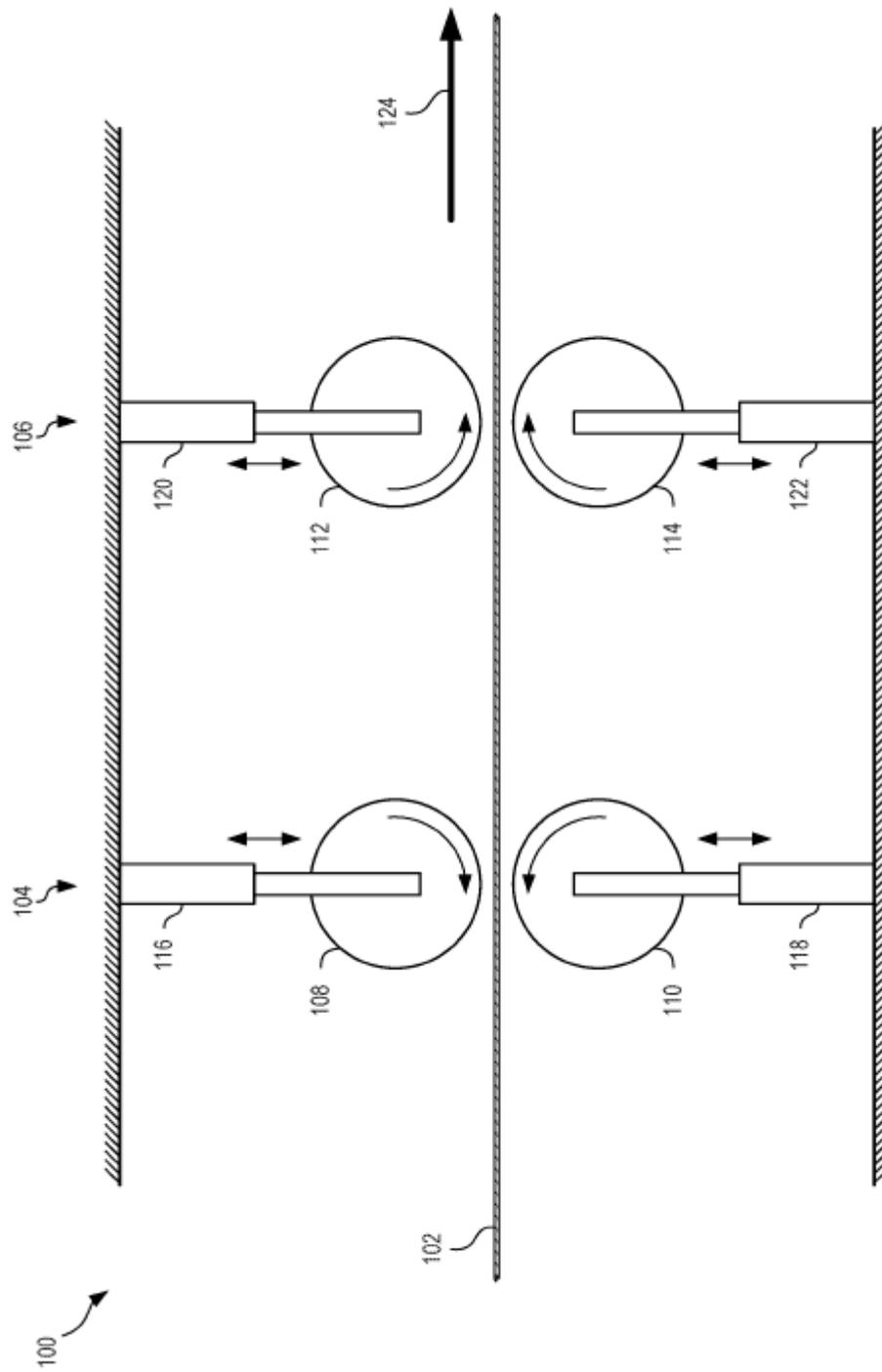


FIG. 1

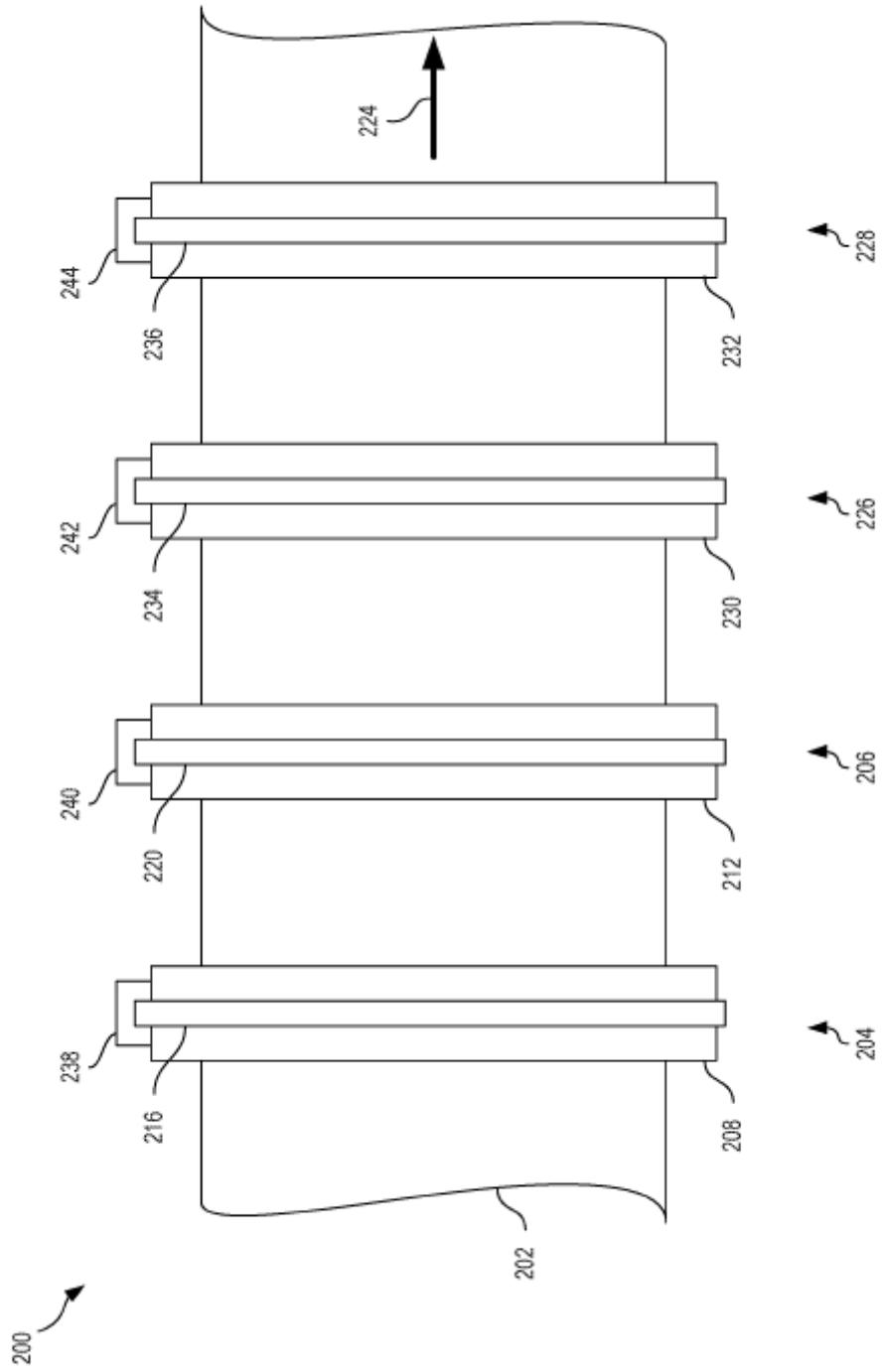


FIG. 2

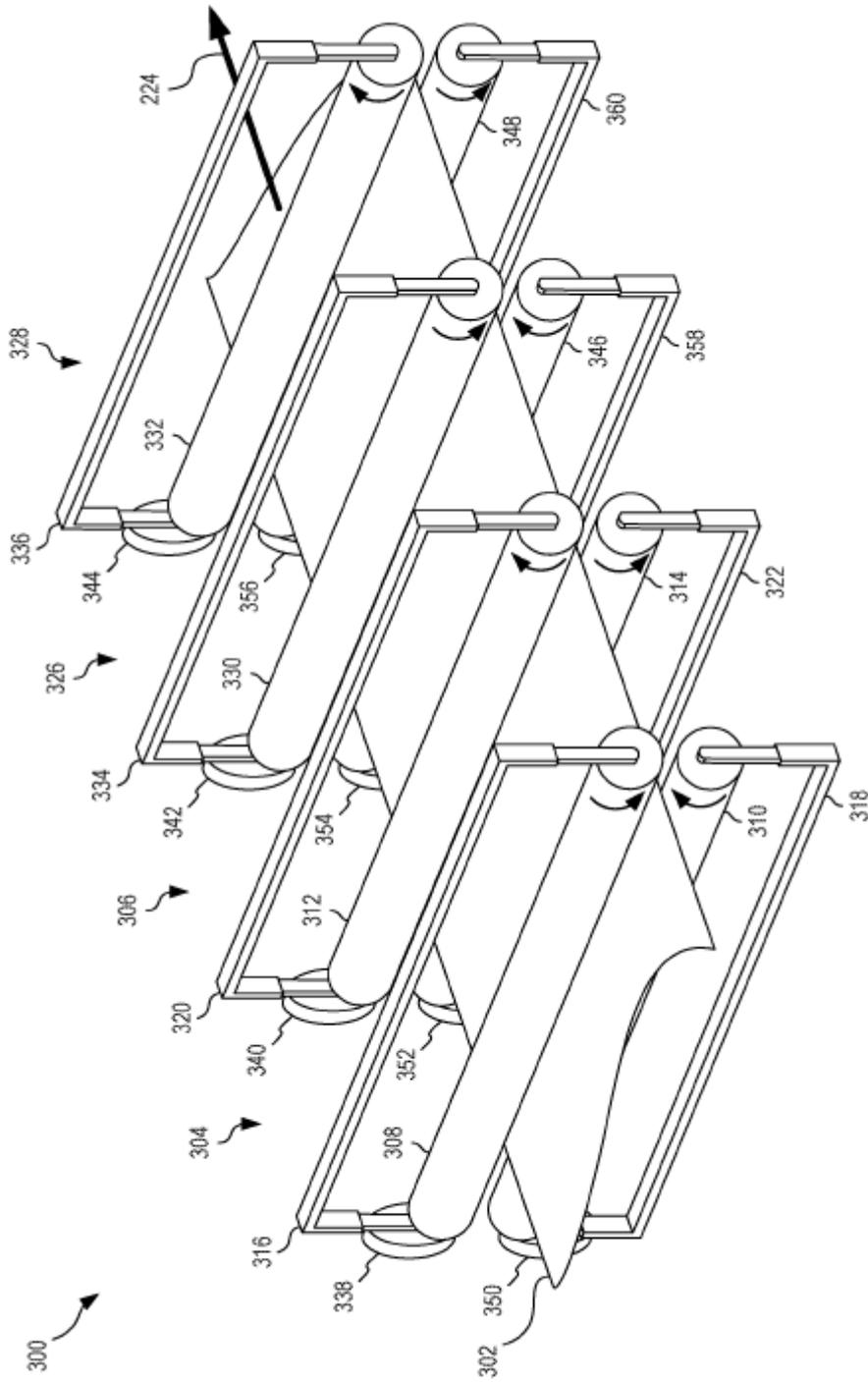


FIG. 3

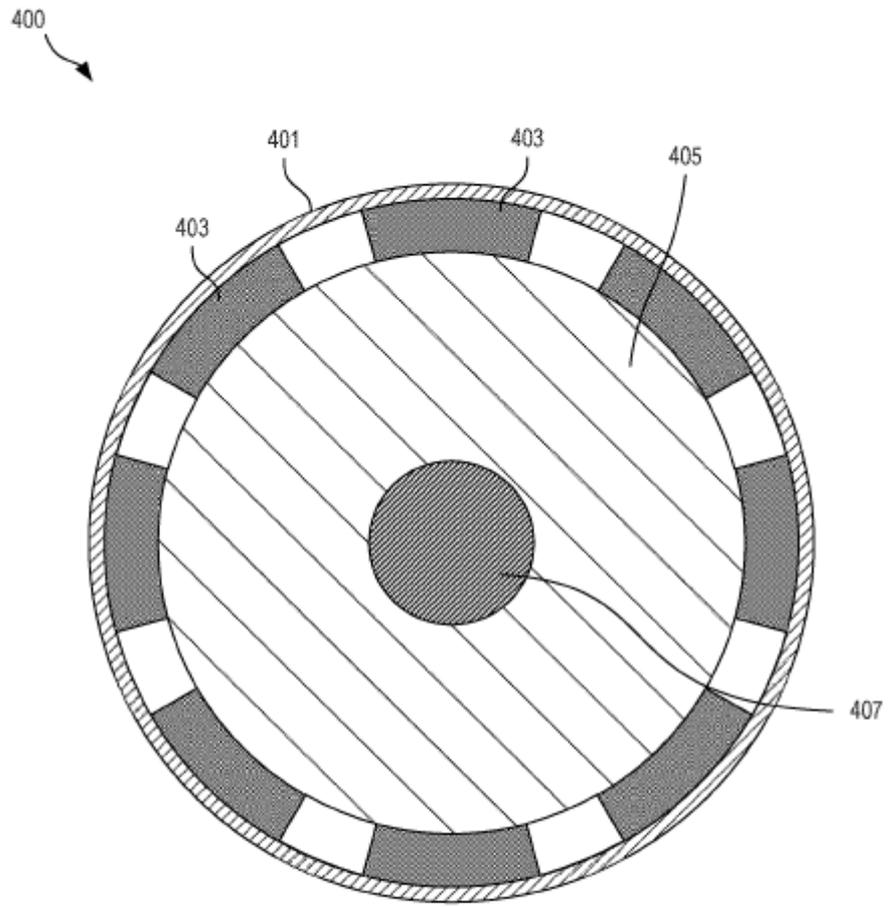


FIG. 4

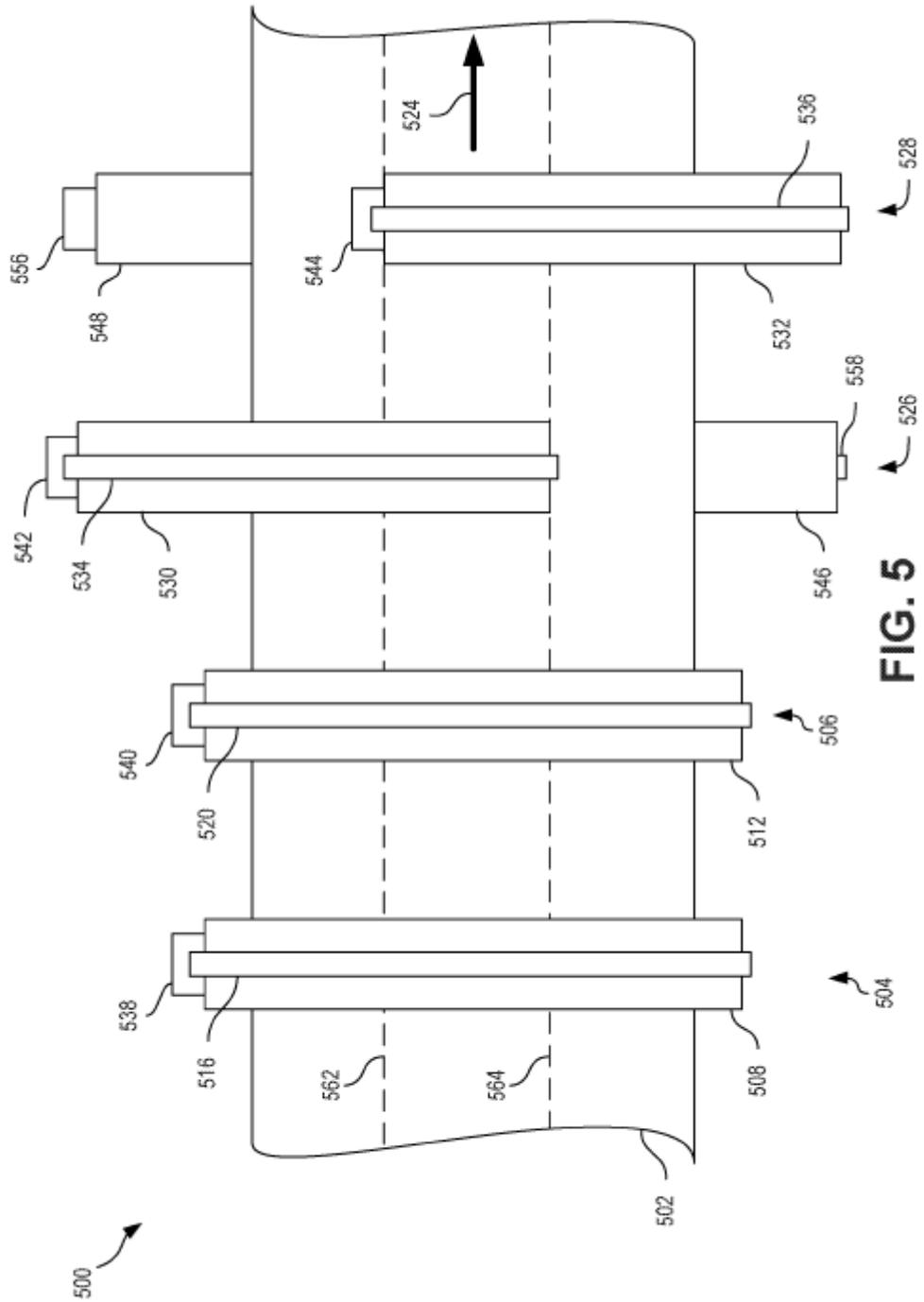


FIG. 5

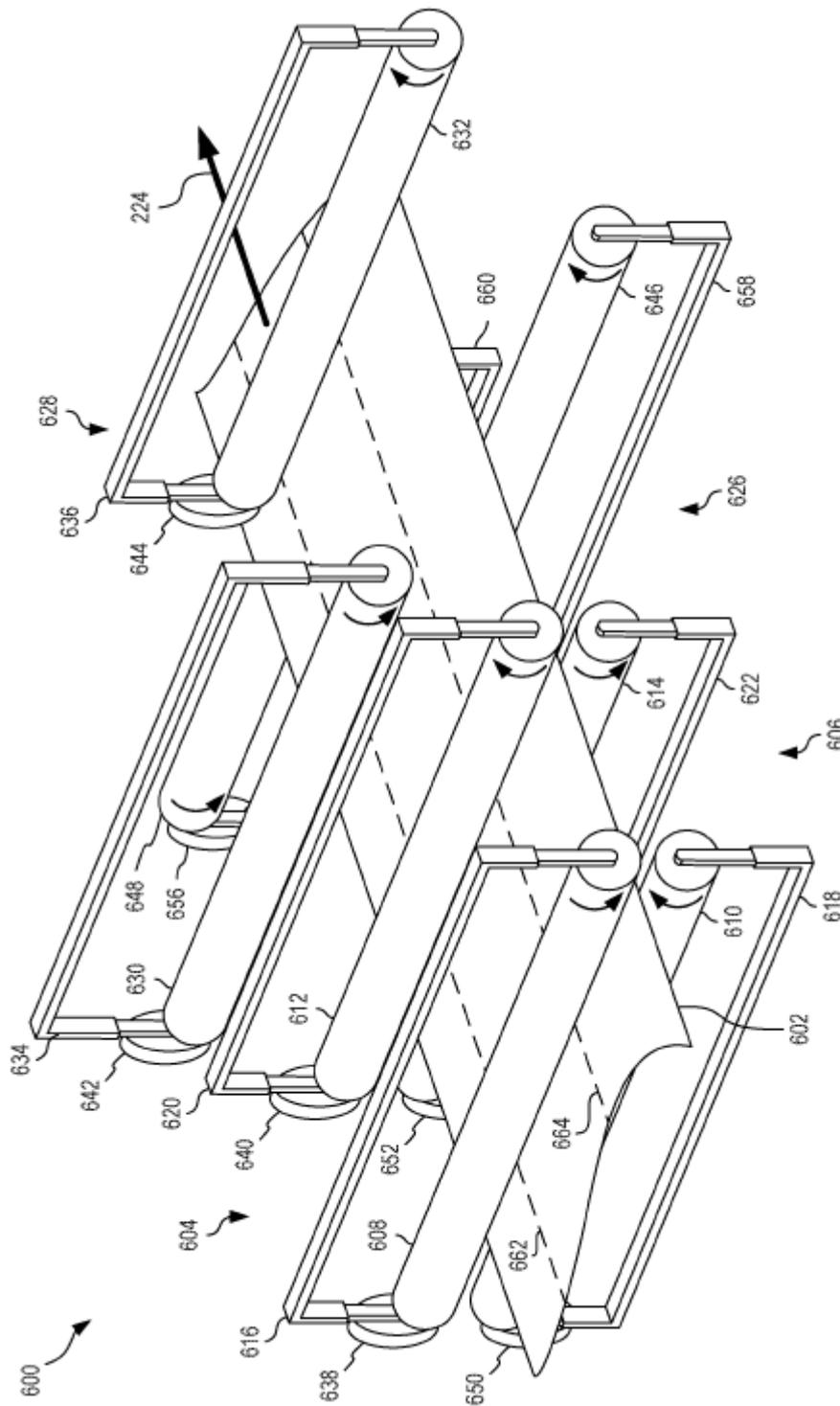


FIG. 6

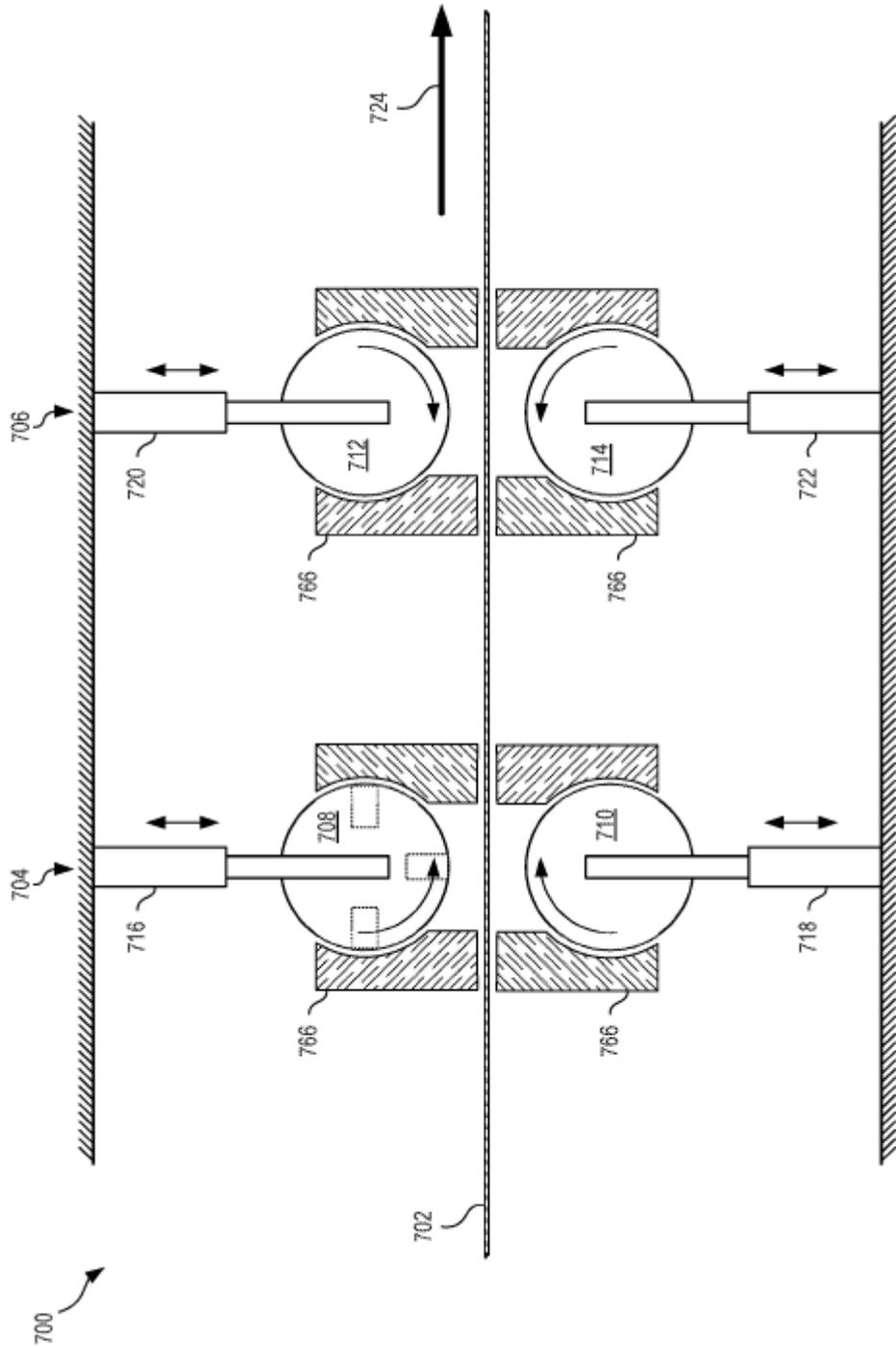


FIG. 7

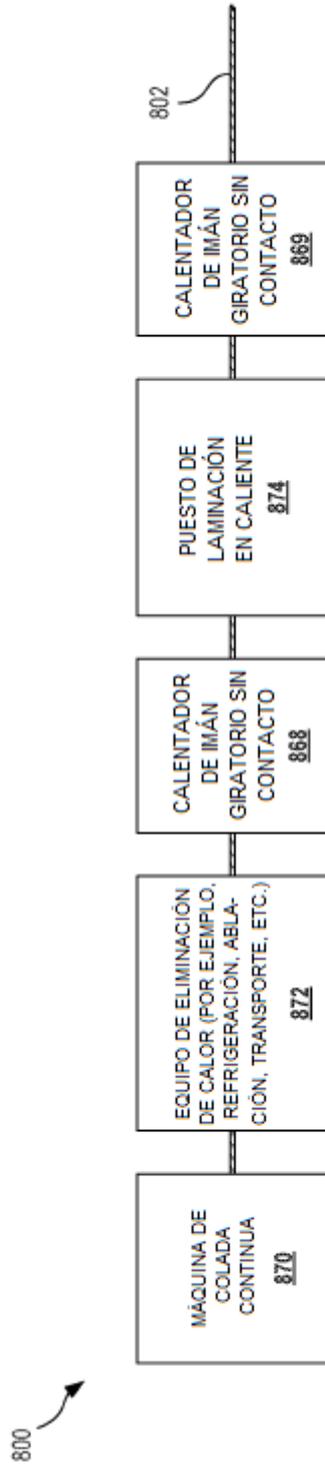


FIG. 8

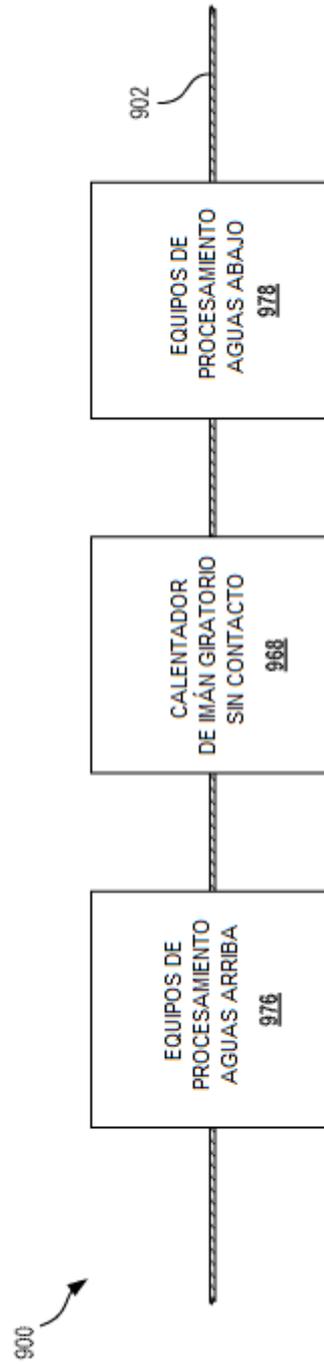


FIG. 9

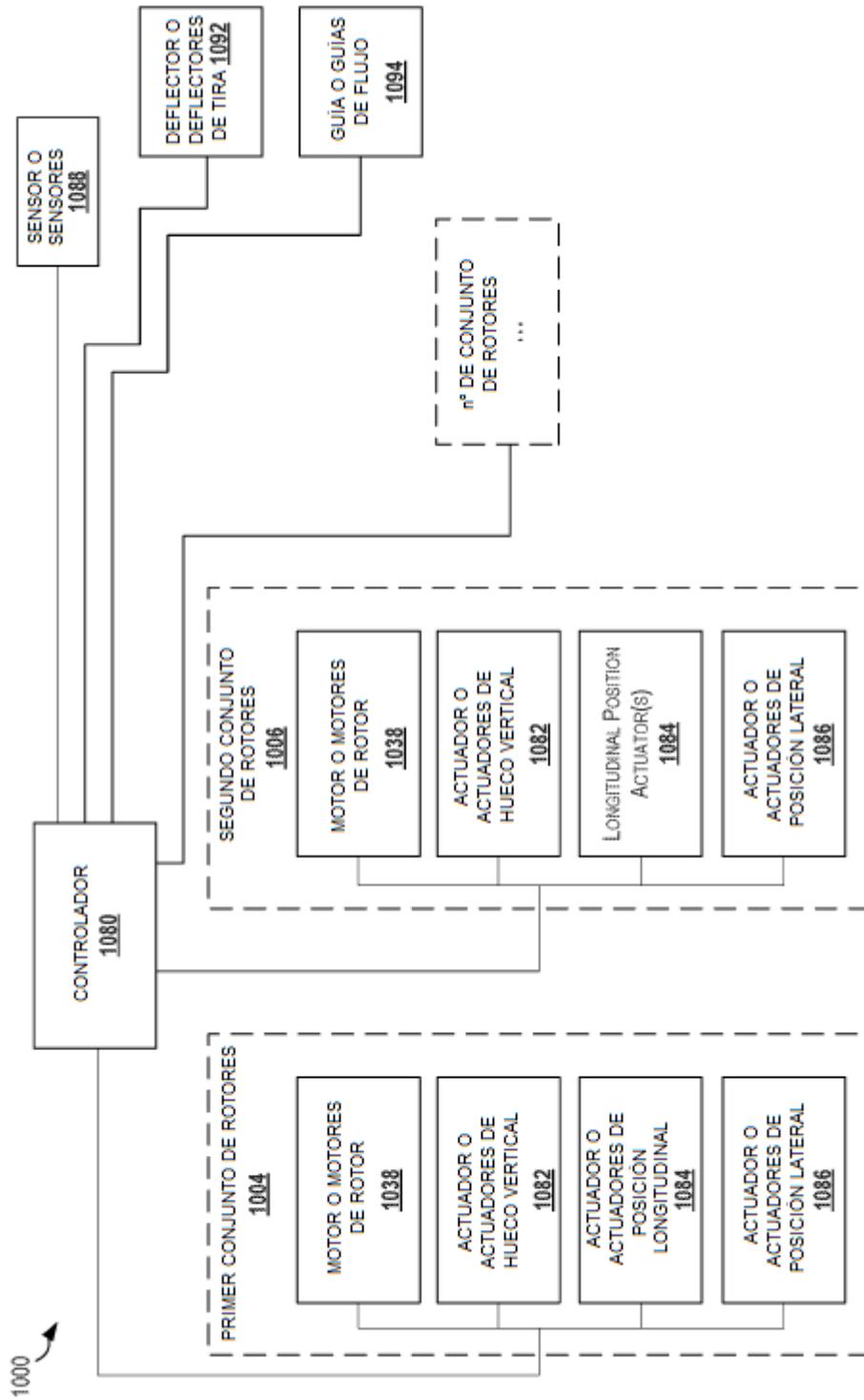


FIG. 10

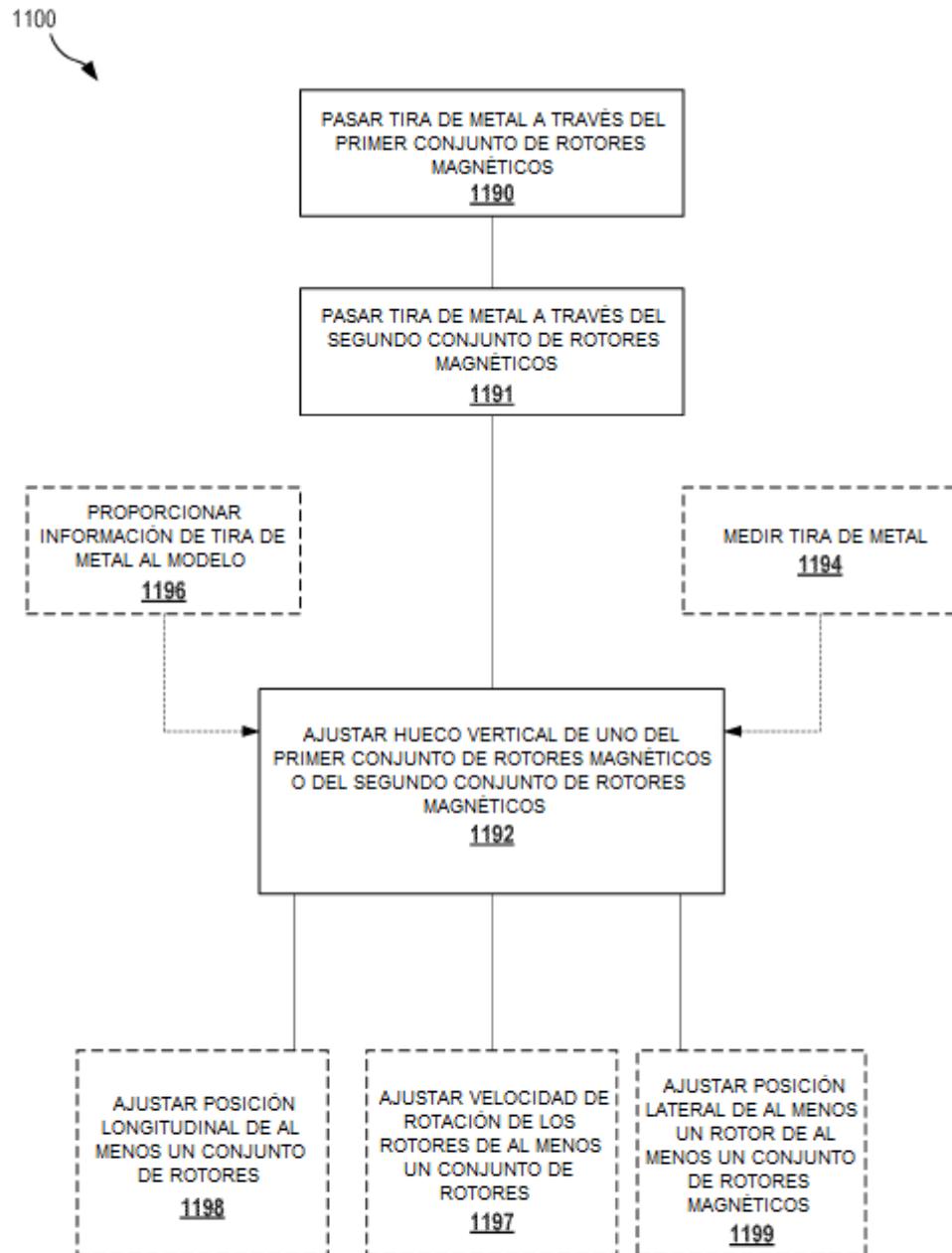


FIG. 11

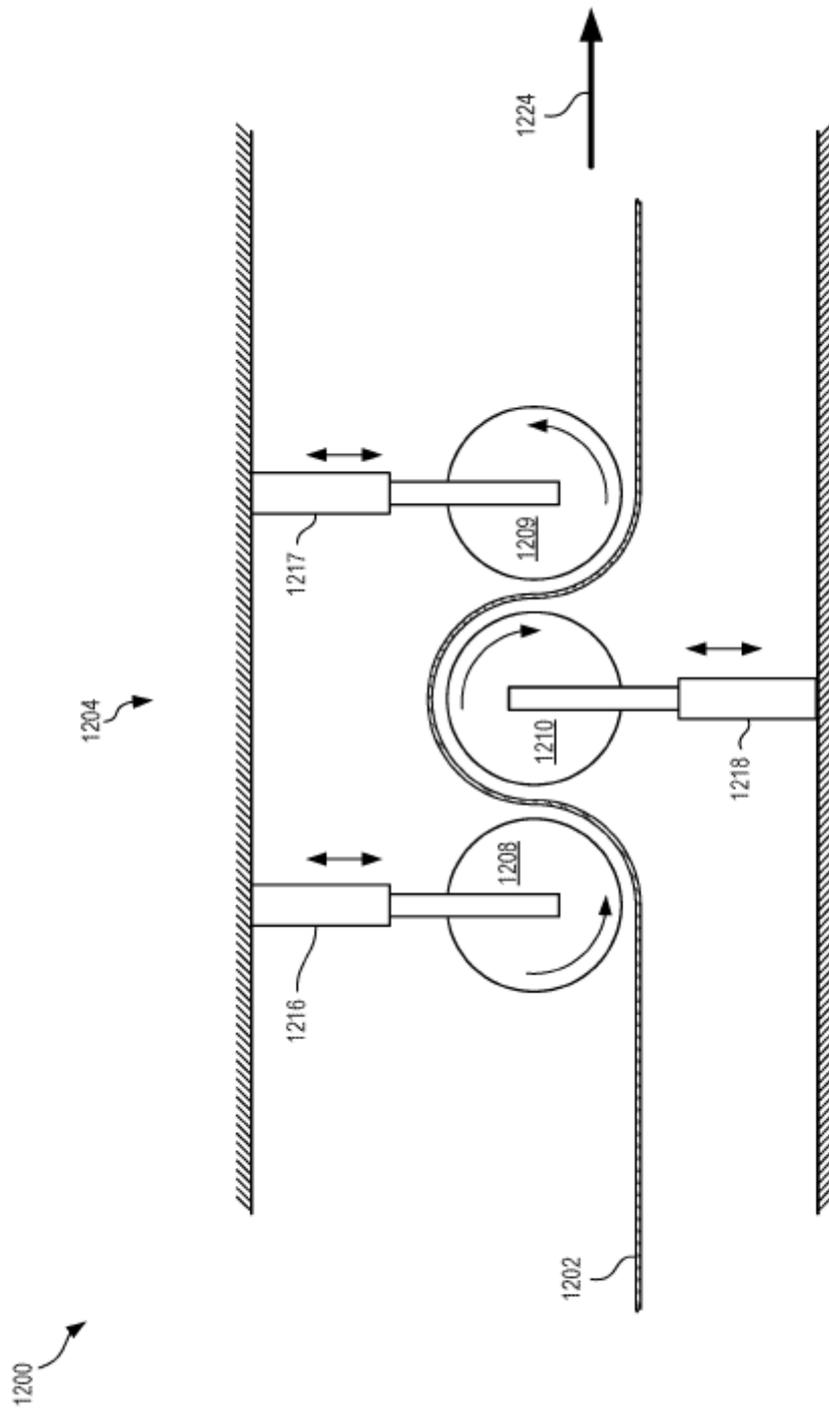


FIG. 12

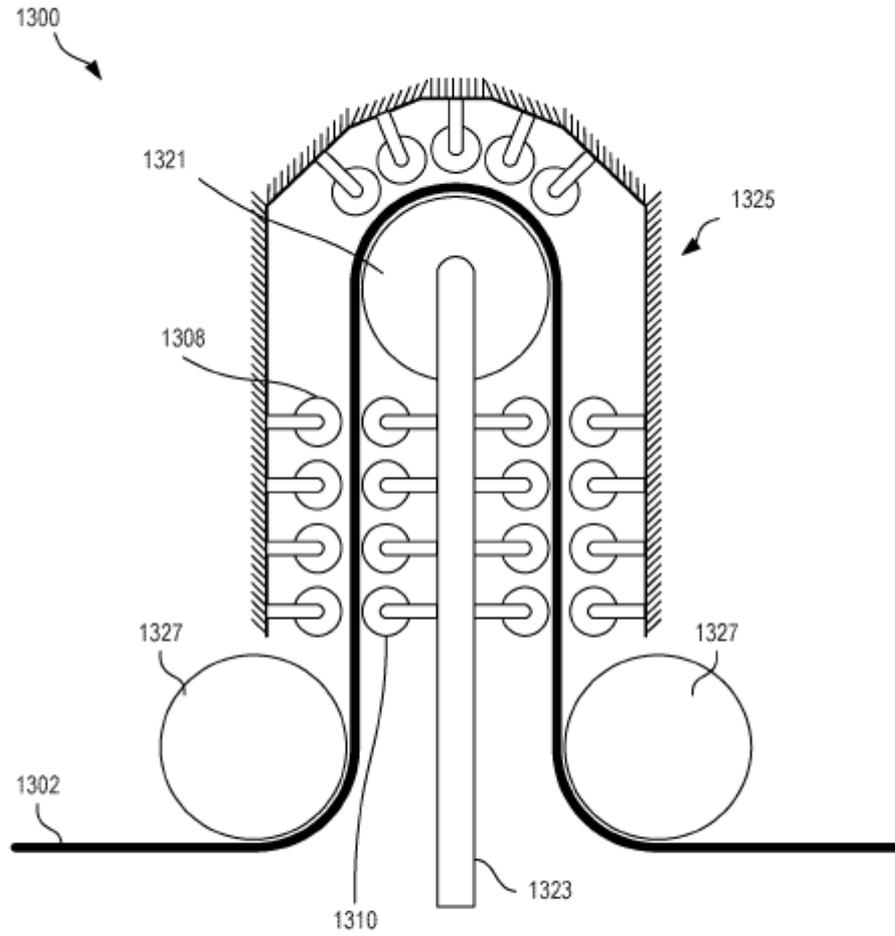


FIG. 13

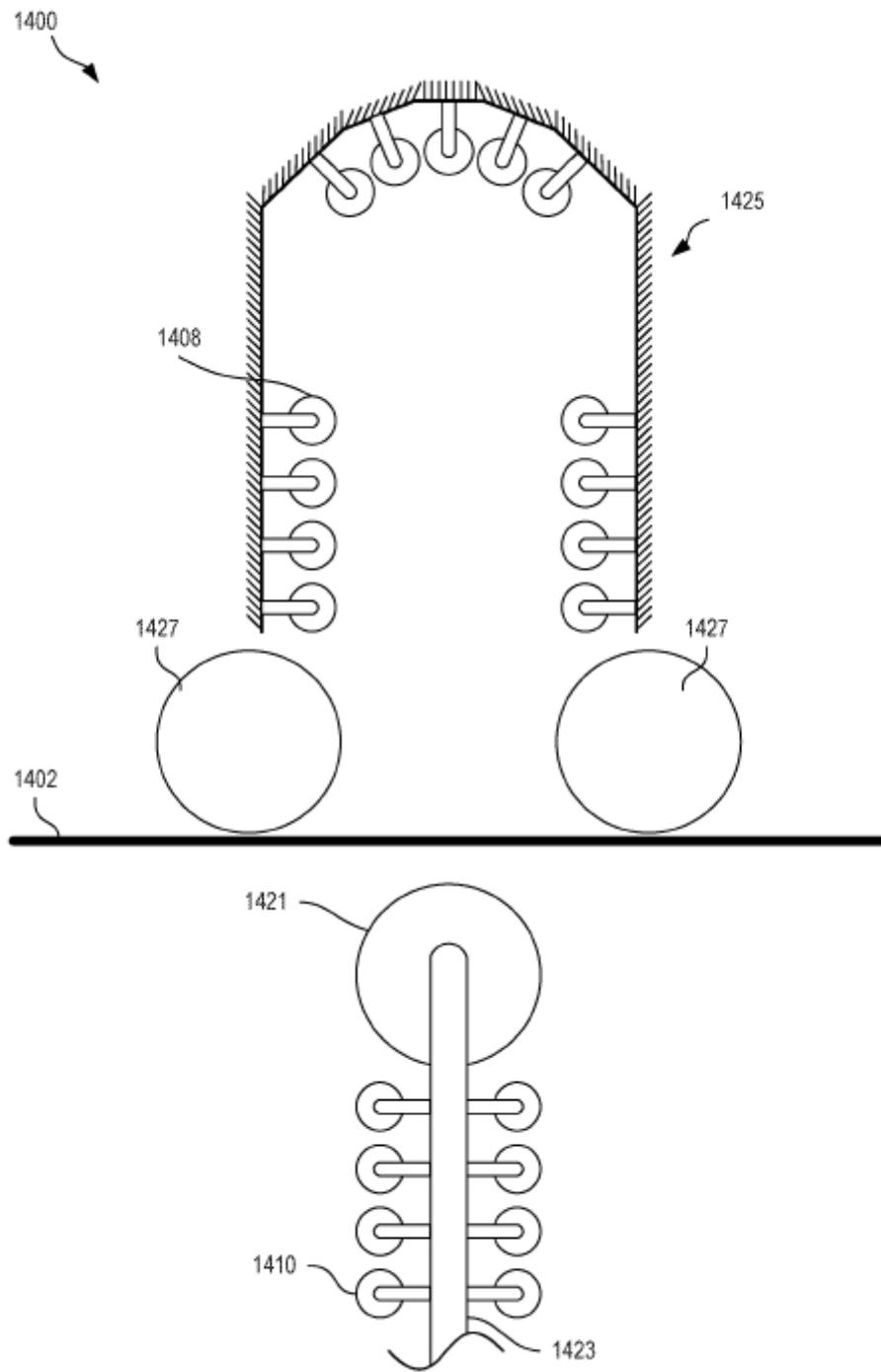


FIG. 14

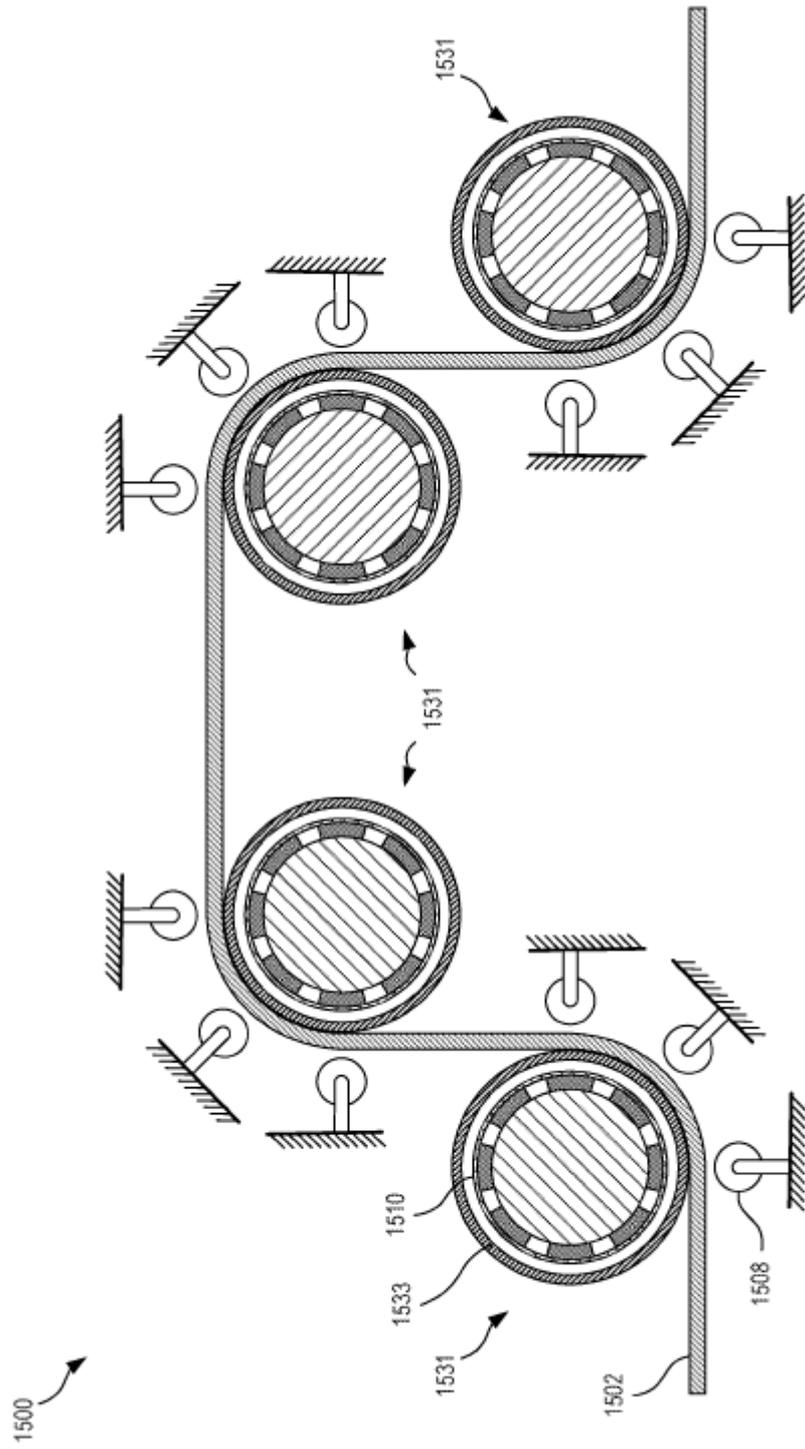


FIG. 15

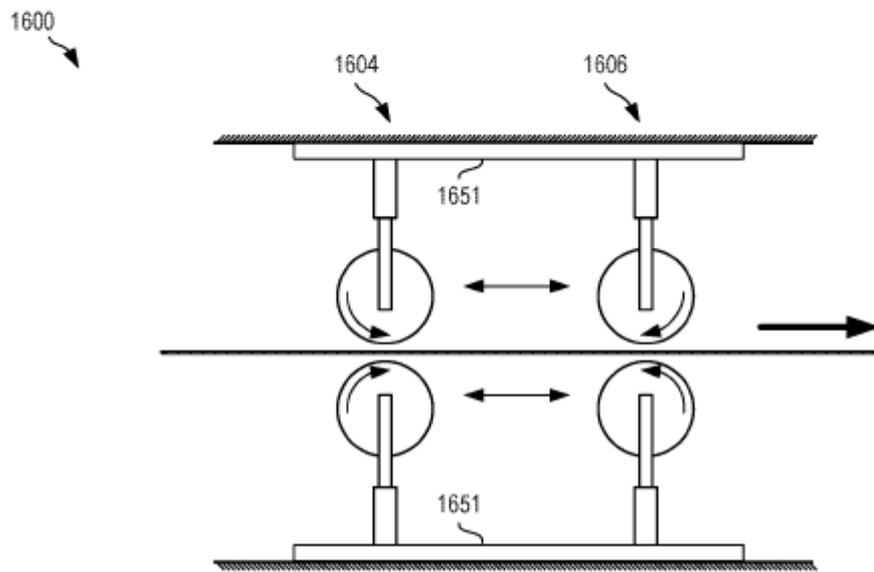
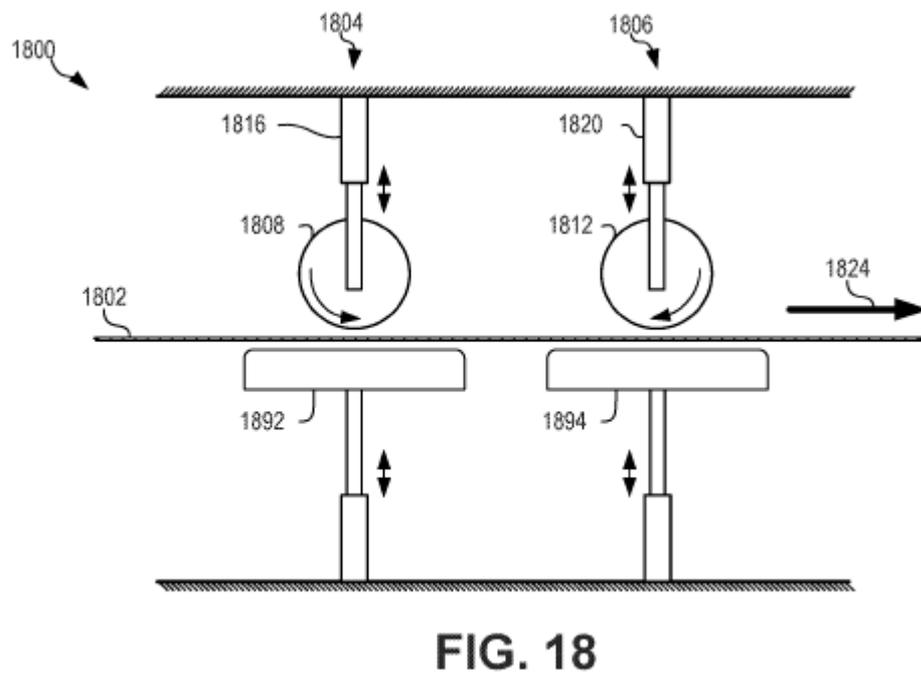
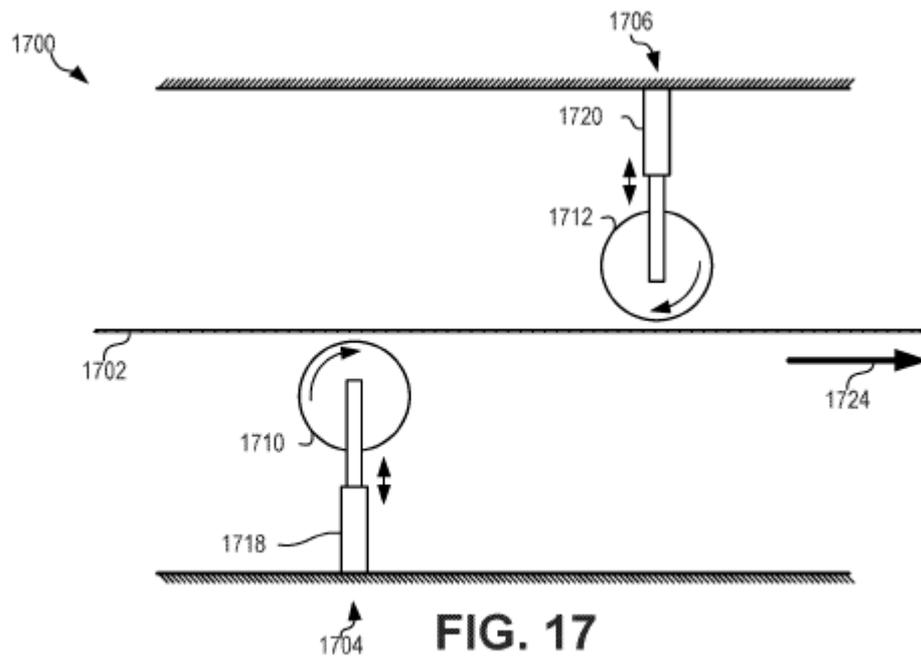


FIG. 16



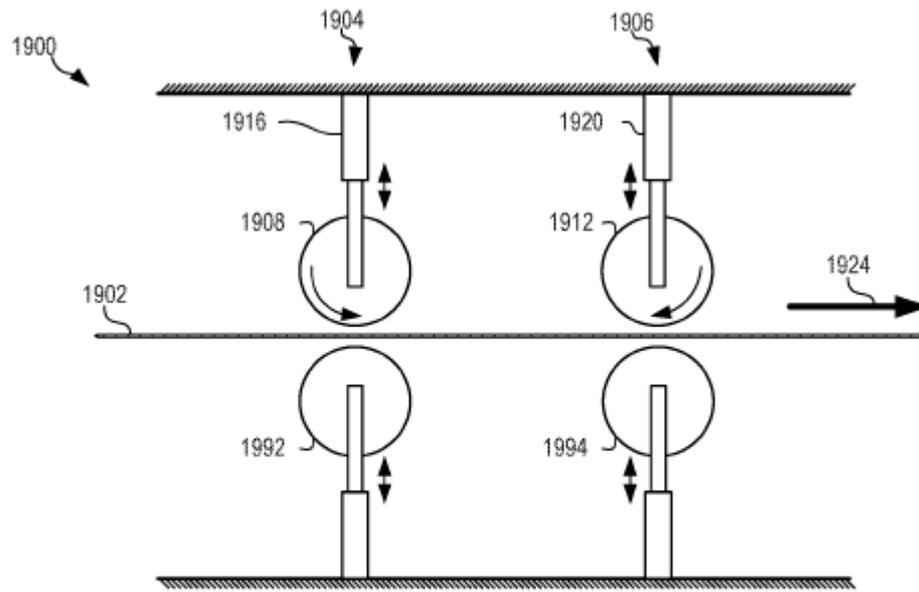


FIG. 19

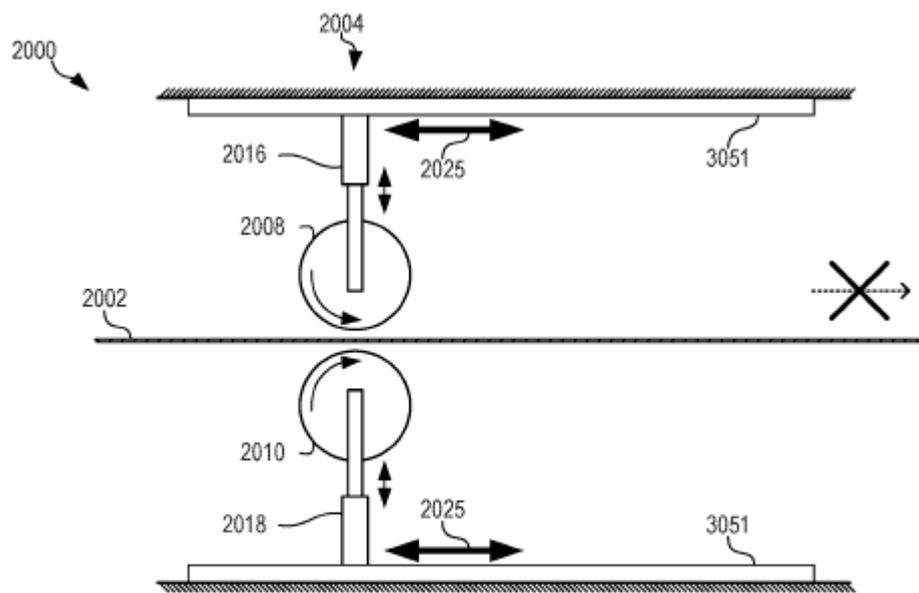


FIG. 20

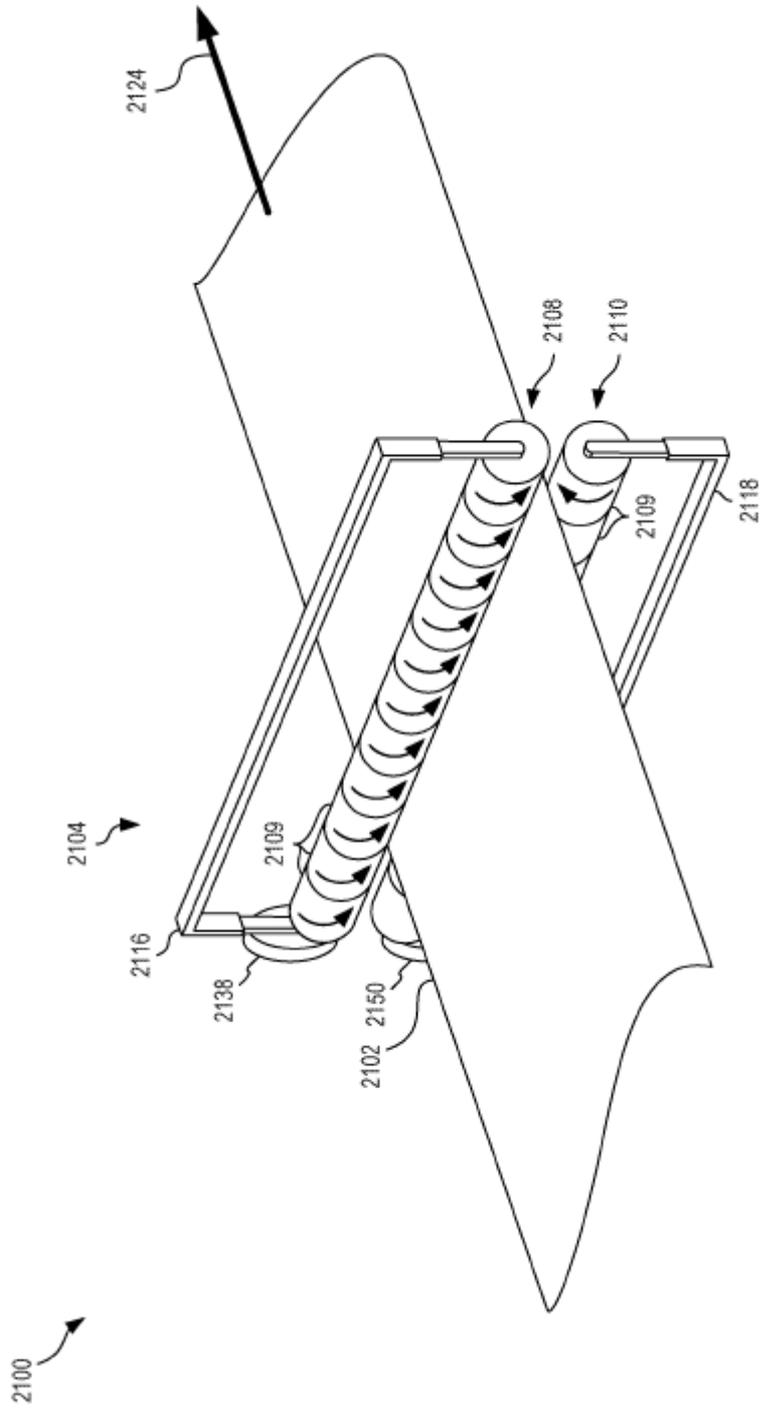


FIG. 21

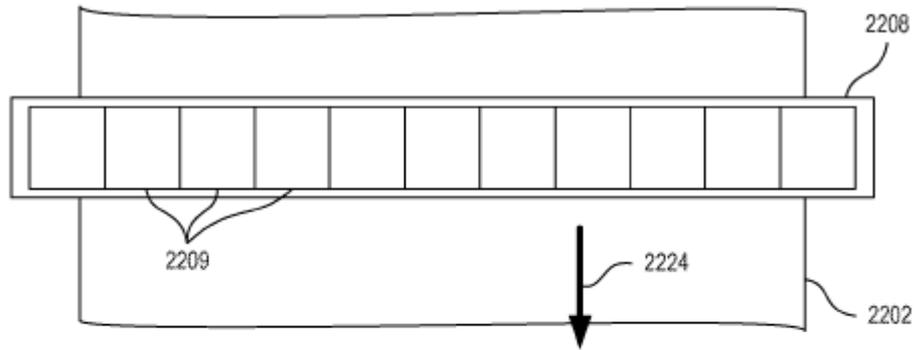


FIG. 22

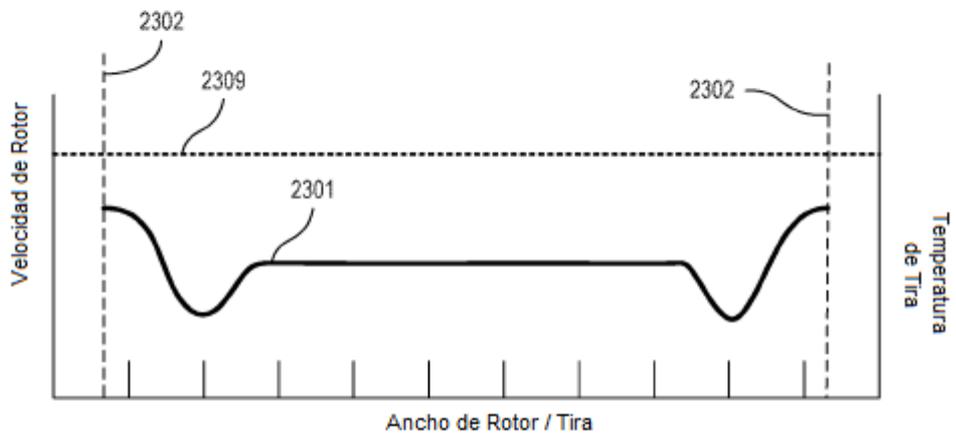


FIG. 23

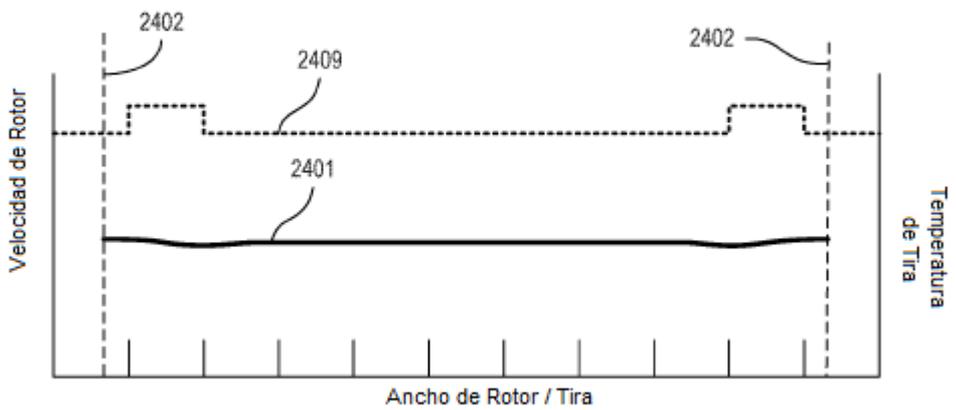
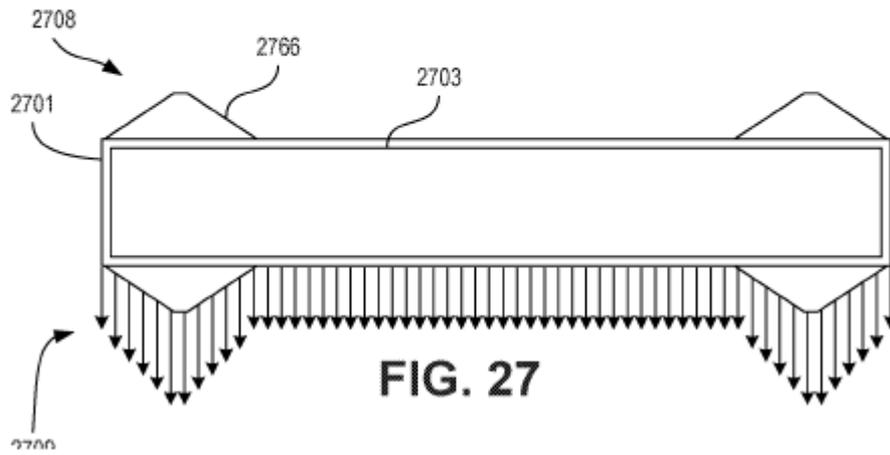
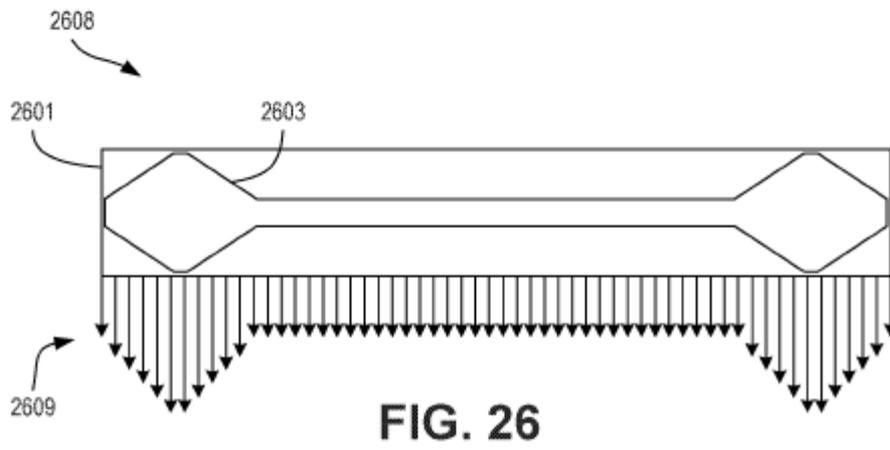
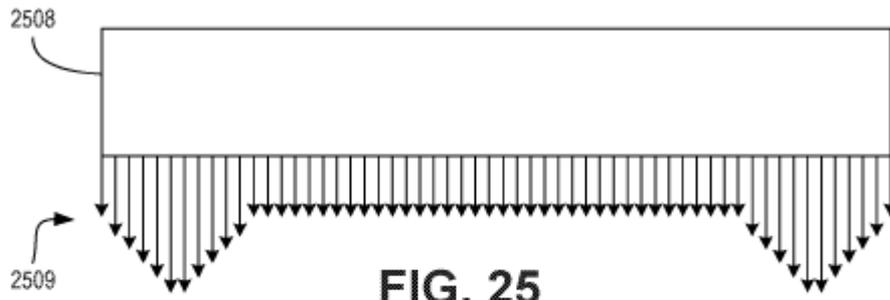


FIG. 24



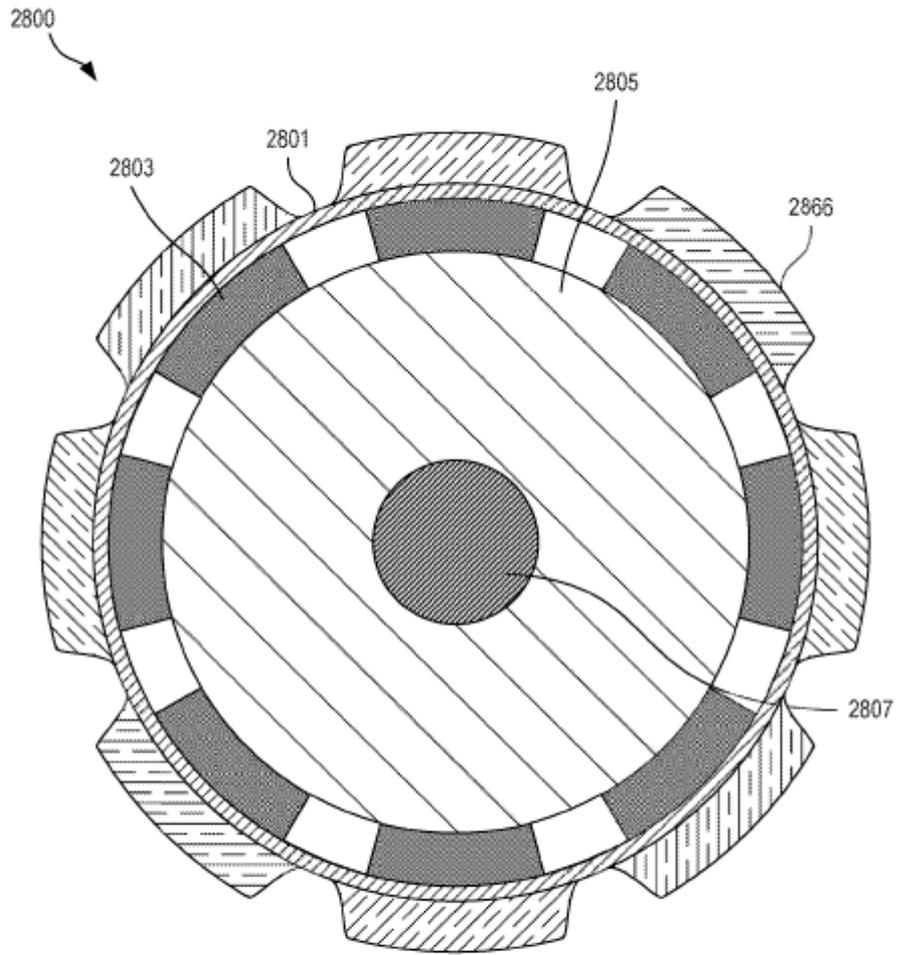


FIG. 28

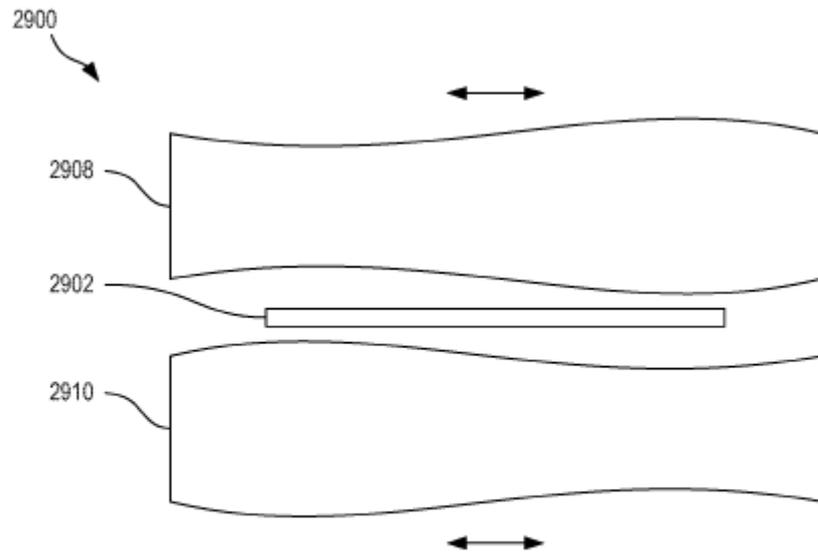


FIG. 29

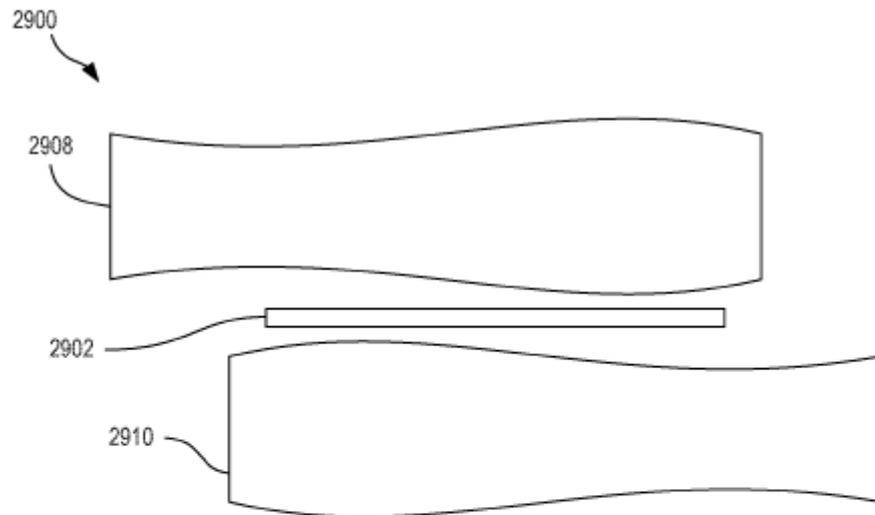


FIG. 30

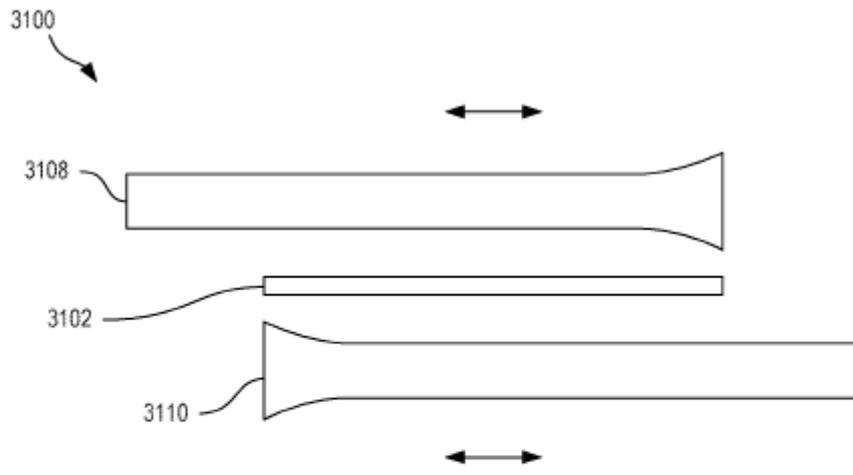


FIG. 31

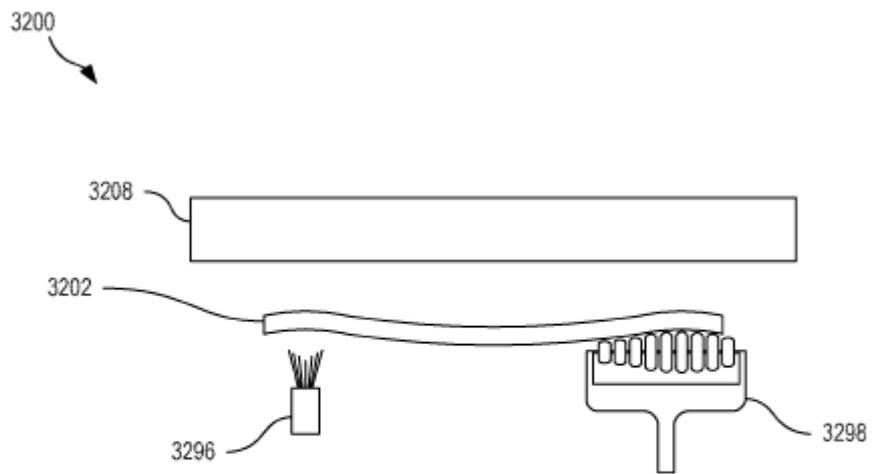


FIG. 32

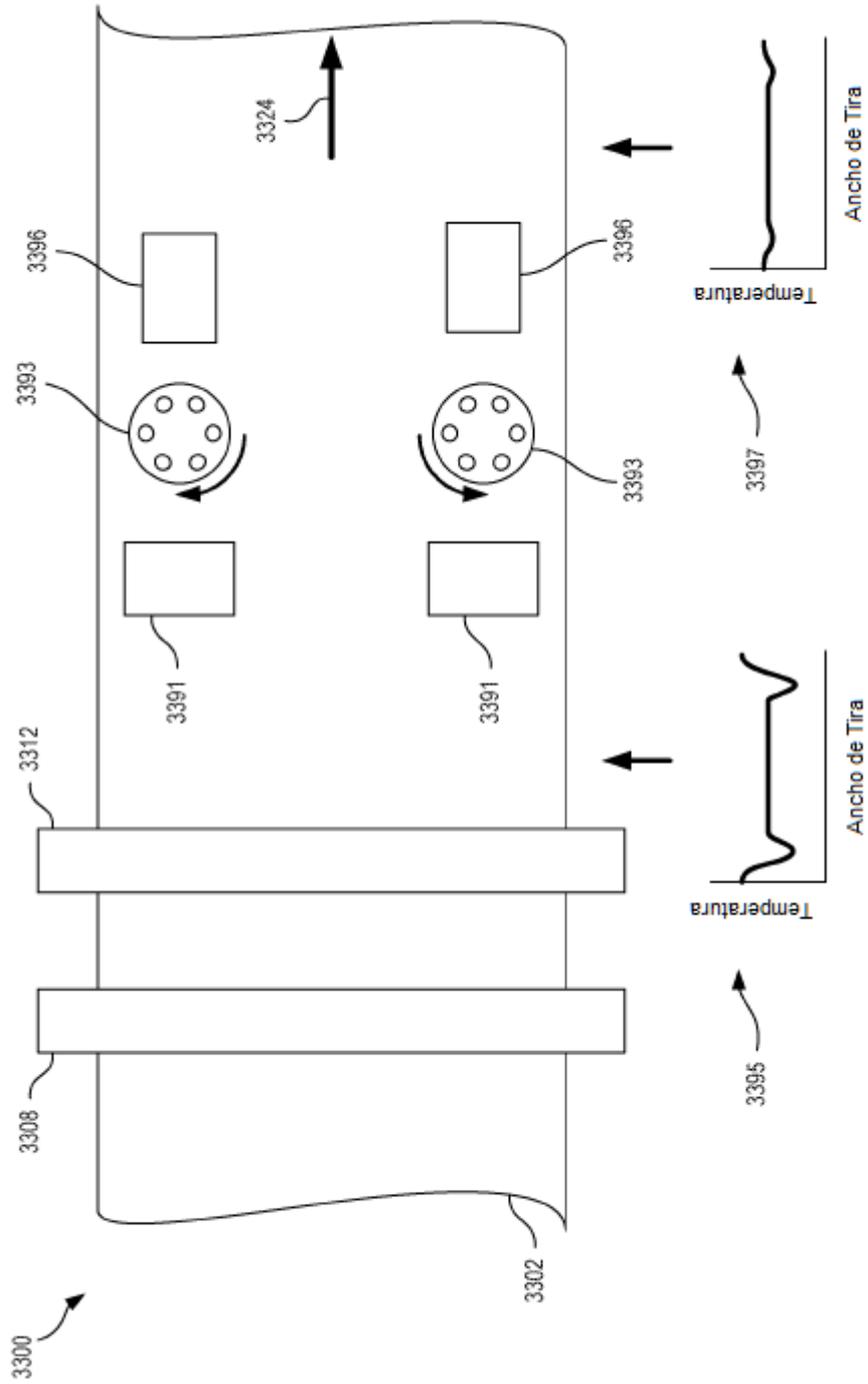


FIG. 33

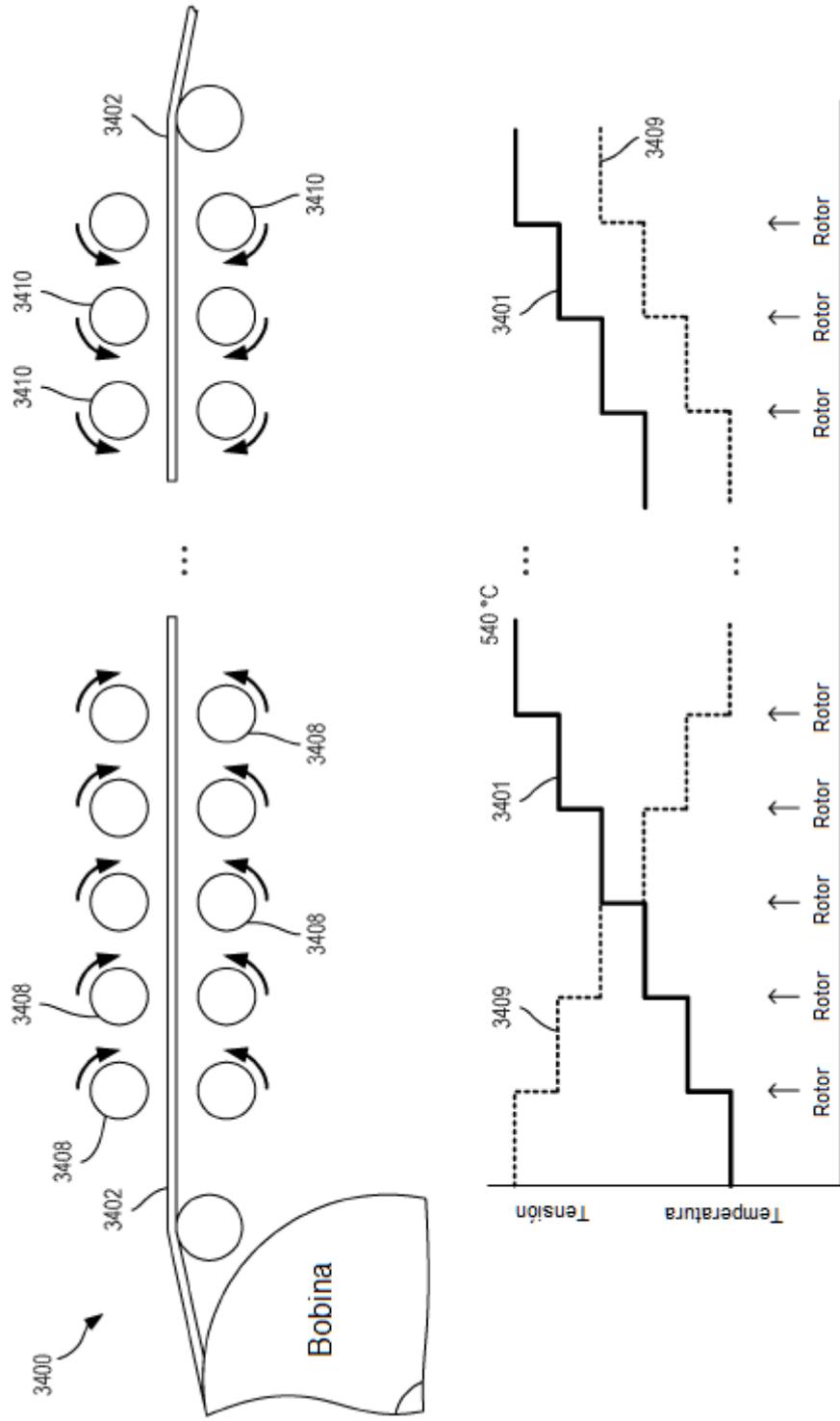


FIG. 34

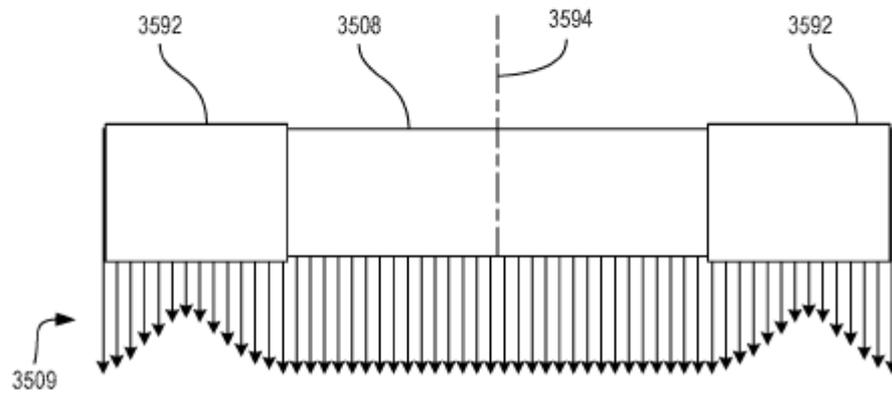


FIG. 35

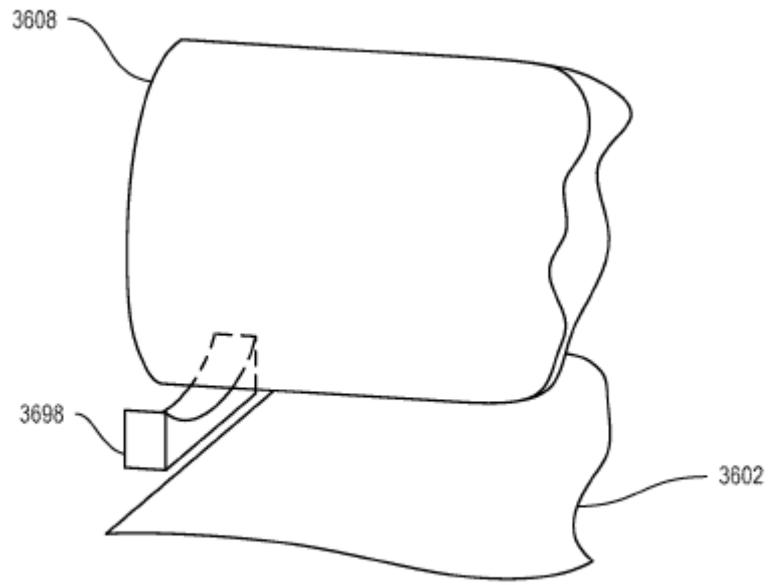


FIG. 36

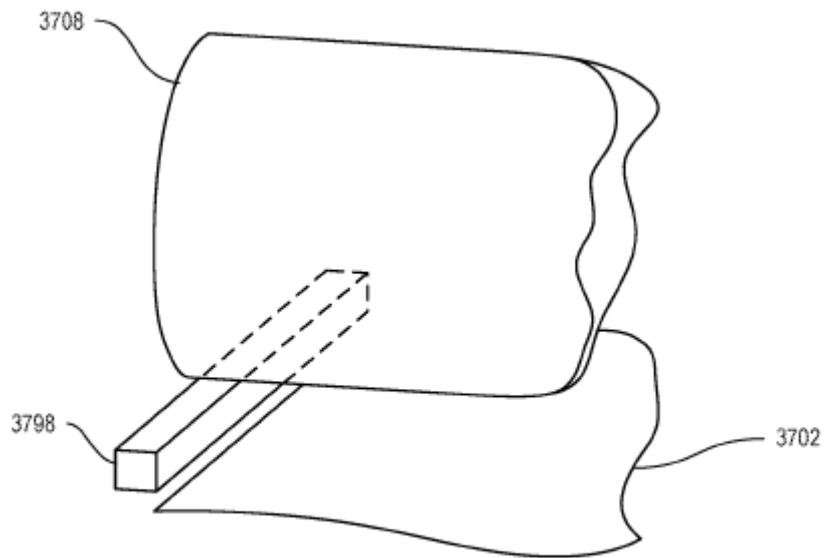


FIG. 37

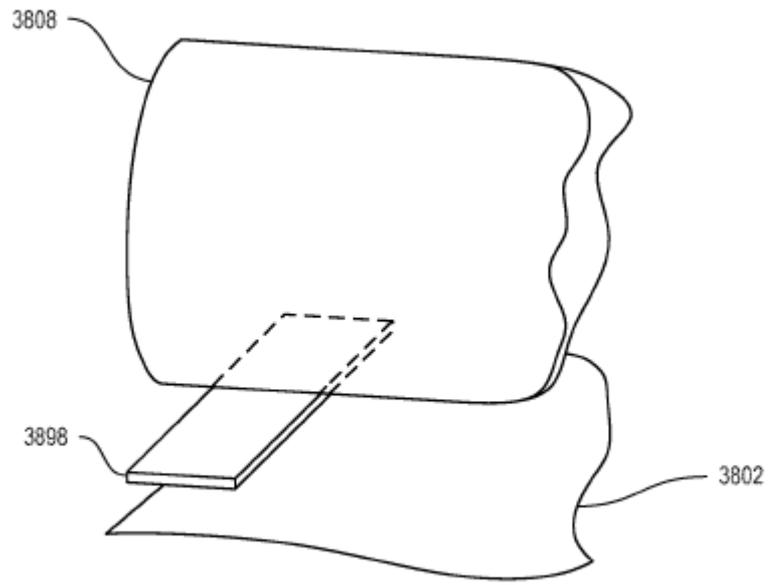


FIG. 38

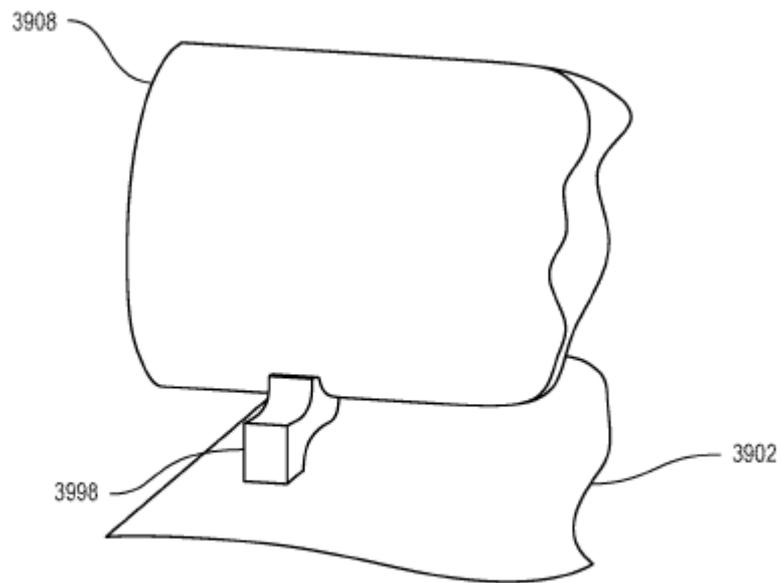


FIG. 39

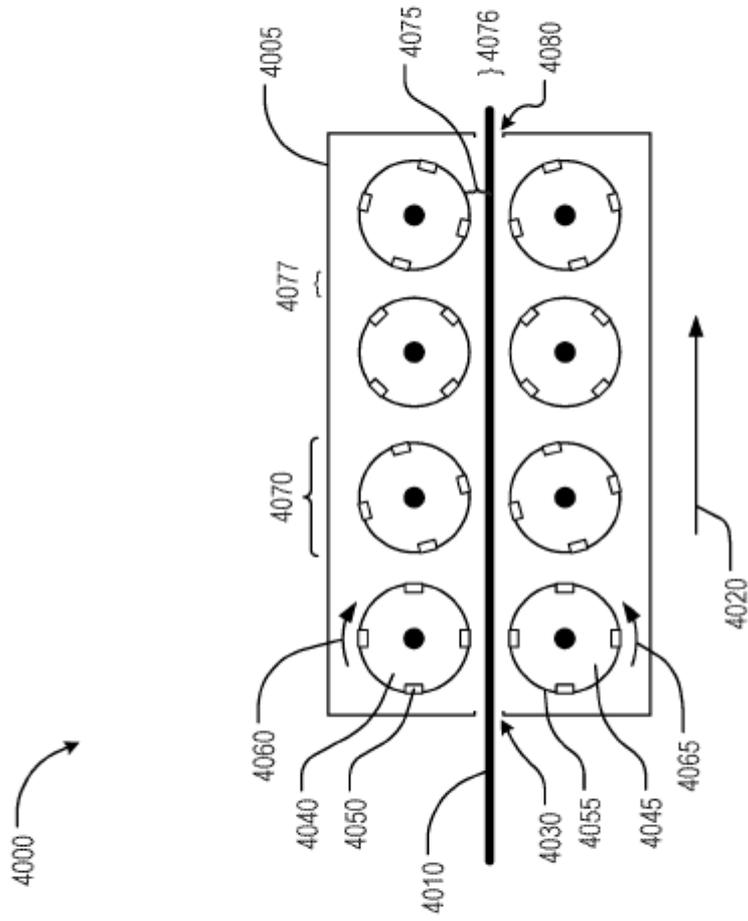
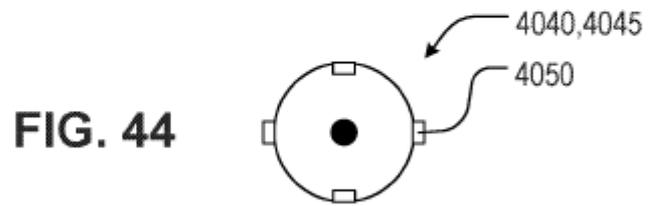
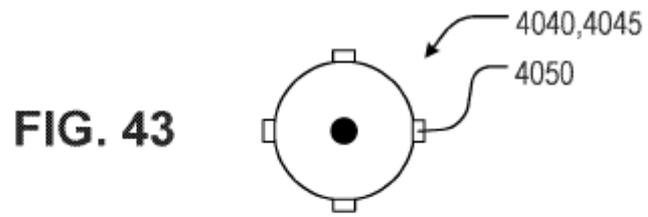
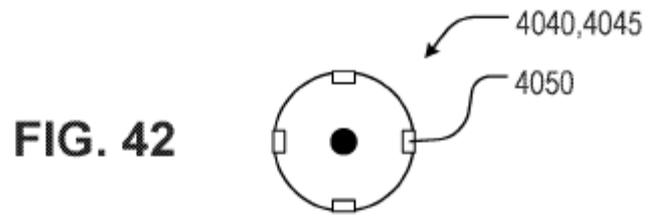
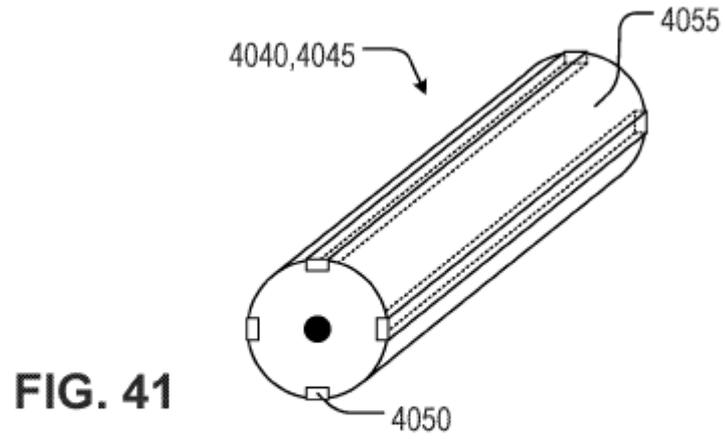


FIG. 40



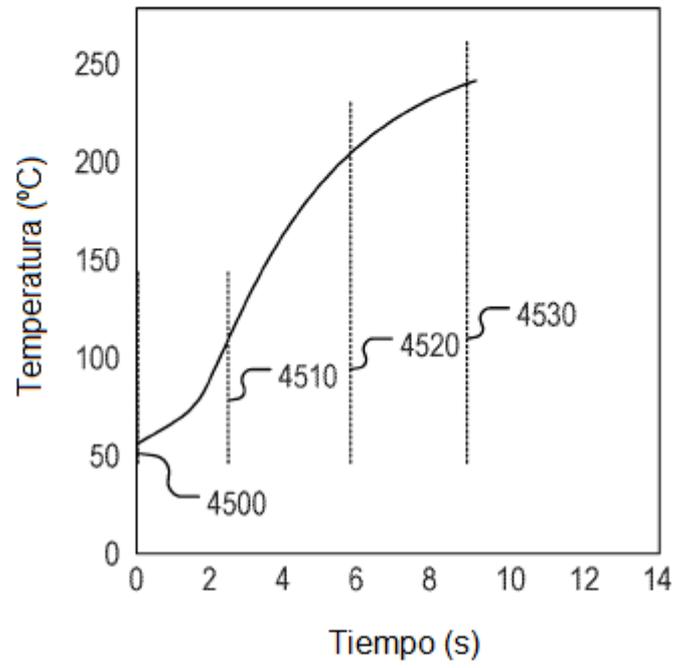


FIG. 45

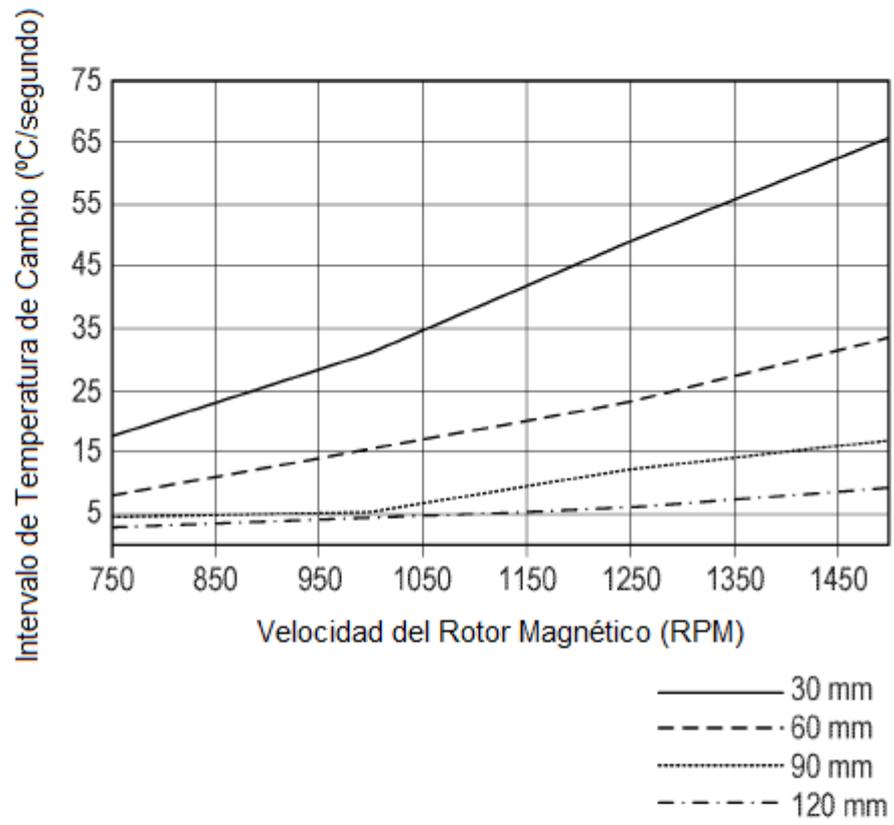


FIG. 46

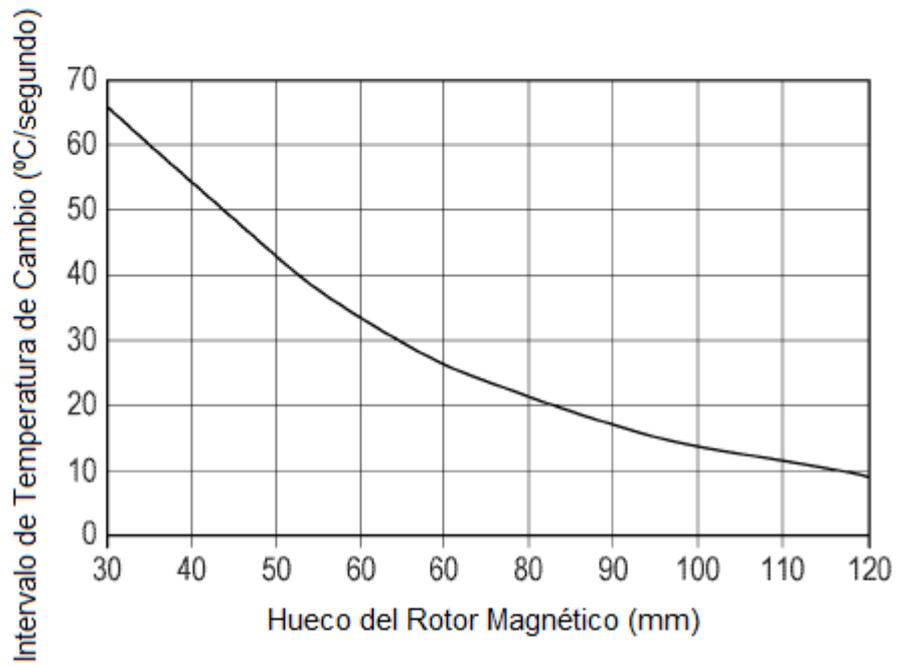


FIG. 47

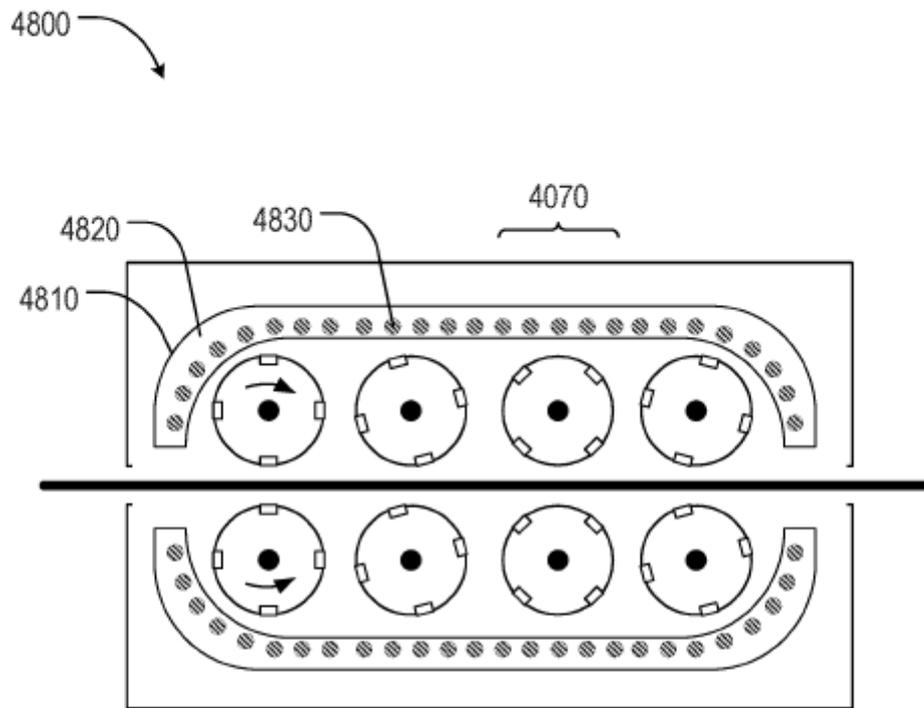


FIG. 48