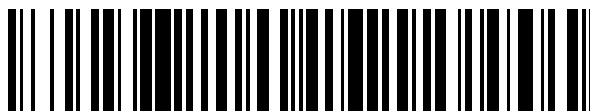


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 859 156**

51 Int. Cl.:

H05B 6/10	(2006.01) C22C 21/12	(2006.01)
H05B 6/06	(2006.01) C22F 1/02	(2006.01)
C21D 9/60	(2006.01) C22F 1/04	(2006.01)
B21C 47/18	(2006.01) F27D 99/00	(2010.01)
B21C 47/34	(2006.01) F27D 19/00	(2006.01)
C21D 1/04	(2006.01)	
C21D 1/42	(2006.01)	
C22C 21/02	(2006.01)	
C22C 21/06	(2006.01)	
C22C 21/10	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2017 PCT/US2017/053676**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18064145**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2017 E 17791198 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2021 EP 3519597**

54 Título: **Calentamiento de metales por levitación magnética con calidad de superficie controlada**

30 Prioridad:

27.09.2016 US 201662400426 P
14.05.2017 US 201762505948 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.10.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GAENSBAUER, DAVID ANTHONY;
GANTZER, DAVID;
WAGSTAFF, ROBERT BRUCE;
MACFARLANE, THERESA ELIZABETH;
BROWN, RODGER;
HOBBIS, ANDREW JAMES y
PRALONG, ANTOINE JEAN WILLY

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 859 156 T3

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

DESCRIPCIÓN

Calentamiento de metales por levitación magnética con calidad de superficie controlada

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional estadounidense N.º 62/400,426 titulada "INDUCCIÓN TÉRMICA DE IMÁN GIRATORIO" y presentada el 27 de septiembre de 2016, y la solicitud de patente provisional estadounidense N.º 62/505,948 titulada "INDUCCIÓN TÉRMICA DE IMÁN GIRATORIO" y presentada el 14 de mayo de 2017.

Además, la presente solicitud está relacionada con la solicitud de patente no provisional estadounidense N.º 15/716,887 de Antoine Jean Willy Pralong, *et al.*, titulada "INDUCCIÓN TÉRMICA DE IMÁN GIRATORIO", presentada el 27 de septiembre de 2017; la solicitud de patente no provisional estadounidense N.º 15/716,559 de Antoine Jean Willy Pralong, *et al.*, titulada "SISTEMAS Y MÉTODOS PARA TENSAR UNA TIRA DE METAL SIN CONTACTO" presentada el 27 de septiembre de 2017; la solicitud de patente no provisional estadounidense N.º 15/716,577 de David Michael Custers, titulada "SISTEMAS Y MÉTODOS DE PREENVEJECIMIENTO QUE USAN CALENTAMIENTO MAGNÉTICO", presentada el 27 de septiembre de 2017; la solicitud de patente no provisional estadounidense N.º 15/716,608 de David Anthony Gaensbauer, *et al.* titulada "TRATAMIENTO TÉRMICO DE SOLUCIÓN DE RECODICO CONTINUO Y COMPACTO", presentada el 27 de septiembre de 2017; y la solicitud de patente no provisional estadounidense N.º 15/716,570 de Julio Malpica, *et al.*, titulada "CALENTAMIENTO RÁPIDO DE PRIMORDIOS DE LÁMINA DE METAL PARA ESTAMPADO", presentada el 27 de septiembre de 2017.

Campo técnico

La presente divulgación se refiere a la metalurgia en general y, más específicamente, al calentamiento y procesamiento de artículos de metal, tales como tiras o planchones de metal de aluminio. Incluso más específicamente, la presente invención se refiere a un aparato de calentamiento con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 1 y a un método con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 9.

Antecedentes

En el procesamiento de metales, puede ser deseable controlar la temperatura de un artículo de metal antes, durante o después de varias etapas de procesamiento. Por ejemplo, puede ser deseable calentar un planchón de metal antes de realizar ciertos procesos (por ejemplo, laminación), o puede ser deseable mantener el calor en una tira de metal durante un período de tiempo sin permitir que la tira de metal se enfríe más allá de una temperatura mínima. Por lo general, el control de la temperatura puede implicar agregar o eliminar energía térmica a o de una tira de metal.

Existen varias técnicas para agregar energía térmica a un artículo de metal. Ciertas técnicas de calentamiento, especialmente las técnicas de contacto directo, pueden inducir efectos no deseados en el artículo de metal, como el deterioro de la superficie, la acumulación de desechos (p. ej., el carbono de la llama de impacto directo) en la superficie u otros resultados no deseados. Algunas técnicas intentan calentar el artículo de metal sin contacto, pero no pueden transferir la energía térmica a la tira de metal de manera eficiente. Algunos otros problemas asociados con las técnicas actuales incluyen requerir altos costos de instalación y/o mantenimiento, ocupar un espacio de producción significativo, limitar la movilidad del artículo de metal que se está procesando e inducir efectos no deseados en el artículo de metal.

Además, puede ser importante mantener las características de la superficie deseadas durante y después de un proceso de calentamiento. El uso de equipos que entran en contacto con la superficie de un artículo de metal, especialmente durante e inmediatamente después de calentar el artículo de metal a una temperatura elevada, puede producir defectos superficiales no deseados. Además, el calentamiento de artículos de metal cuando se exponen a ciertos gases, como el aire húmedo, puede causar defectos superficiales no deseados en el artículo de metal.

Los documentos FR1387653A y US3272956A divulgan ambos un aparato de calentamiento con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 1 y un método con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 9. El documento WO2007138152A divulga un aparato y un método para enfriar una tira metálica en un horno de tratamiento térmico en donde la tira metálica se enfría con gas inerte enviado mediante boquillas en la zona de enfriamiento. Los documentos US5914065A y JPH04112485A divulgan un aparato de calentamiento con una matriz de rotores magnéticos adaptados para rotar alrededor de un eje de rotación que es paralelo a un ancho lateral del artículo de metal a calentar y perpendicular a una dirección corriente abajo.

Sumario

Contra los anteriores antecedentes, el problema objetivo de la invención es facilitar enhebrar el artículo de metal en la zona de flotación y/o la zona de calentamiento. Este problema se soluciona por un aparato de calentamiento con las características de la reivindicación 1 y por un método con las características de la reivindicación 9. El término forma

de realización y los términos similares pretenden hacer referencia en general a la totalidad del objeto de esta divulgación y las siguientes reivindicaciones. Debe entenderse que las declaraciones que contienen estos términos no limitan el objeto descrito en la presente ni limitan el significado o el alcance de las siguientes reivindicaciones. Las formas de realización de la presente divulgación se definen en las siguientes reivindicaciones, no en esta breve descripción. Esta breve descripción es una descripción general de alto nivel de diversos aspectos de la divulgación e introduce algunos de los conceptos que se describen con más detalle en la sección Descripción detallada a continuación. Esta síntesis no tiene la intención de identificar características clave o esenciales del objeto reivindicado, ni pretende utilizarse de forma aislada para determinar el alcance del objeto reivindicado. El objeto debe entenderse por referencia a las partes apropiadas de toda la memoria descriptiva de esta divulgación, cualquiera o todos los dibujos y cada reivindicación.

Los ejemplos de la presente divulgación incluyen un aparato de calentamiento, que comprende: una zona de calentamiento para aceptar un artículo de metal, en donde la zona de calentamiento comprende al menos un dispositivo de calentamiento para aumentar la temperatura del artículo de metal; y una zona de flotación acoplada a la zona de calentamiento para mantener la temperatura del artículo de metal, en donde la zona de flotación comprende opcionalmente una matriz de imanes giratorios posicionados para hacer levitar el artículo de metal durante una operación de calentamiento.

En algunos casos, la matriz de imanes giratorios es una matriz de imanes permanentes giratorios. En algunos casos, la zona de calentamiento y la zona de flotación ocupan el mismo espacio. En algunos casos, el al menos un dispositivo de calentamiento comprende al menos una de la matriz de imanes giratorios. En algunos casos, la zona de flotación está ubicada inmediatamente después de la zona de calentamiento en una dirección corriente abajo, en donde la zona de calentamiento incluye una entrada para aceptar de manera continua el artículo de metal, y en donde la zona de flotación incluye una salida para que el artículo de metal salga de manera continua. En algunos casos, el al menos un dispositivo de calentamiento comprende una o más bobinas de inducción. En algunos casos, el al menos un dispositivo de calentamiento comprende una matriz adicional de imanes giratorios. En algunos casos, la matriz adicional de imanes giratorios es una matriz adicional de imanes permanentes giratorios. En algunos casos, la matriz de imanes giratorios incluye una pluralidad de rotores, en donde cada uno comprende una pluralidad de imanes giratorios separados lateralmente. En algunos casos, el aparato comprende además: un sensor de temperatura posicionado para medir una temperatura del artículo de metal; y un controlador acoplado al sensor de temperatura y al menos un dispositivo de calentamiento para controlar el al menos un dispositivo de calentamiento en función de una temperatura detectada. En algunos casos, el aparato comprende además una o más boquillas de enfriamiento acopladas a una fuente de fluido refrigerante y posicionadas para dispensar el fluido refrigerante sobre el artículo de metal. En algunos casos, el aparato comprende además un sensor de temperatura posicionado para medir una temperatura del artículo de metal; y un controlador acoplado al sensor de temperatura y a la una o más boquillas de enfriamiento para controlar una cantidad de fluido refrigerante dispensado por la una o más boquillas de enfriamiento. En algunos casos, la matriz de imanes giratorios gira alrededor de un eje de rotación que es paralelo a un ancho lateral del artículo de metal. De acuerdo con la invención, el aparato comprende además una cámara, preferentemente una cámara para aceptar un gas, en donde el artículo de metal se coloca dentro de la cámara durante la operación de calentamiento, y/o la operación de mantenimiento de temperatura y en donde la matriz de imanes giratorios se puede colocar frente a una pared de la cámara del artículo de metal. De acuerdo con la invención, la cámara incluye una pared superior separable de una pared inferior para facilitar el enhebrado del artículo de metal en la zona de calentamiento. En algunos casos, la cámara está hecha de un material eléctricamente no conductor y aislante térmico. En algunos casos, la cámara incluye uno o más puertos que conectan la cámara a un suministro de gas inerte.

Los ejemplos de la presente divulgación incluyen un método, que comprende: colocar un artículo de metal en una zona de calentamiento de un aparato de calentamiento; calentar el artículo de metal a una temperatura predeterminada mediante un dispositivo de calentamiento en la zona de calentamiento; hacer levitar el artículo de metal en una zona de flotación, en donde al menos uno de calentar el artículo de metal y hacer levitar el artículo de metal comprende girar al menos un rotor magnético para generar campos magnéticos cambiantes adyacentes al artículo de metal; y mantener la temperatura predeterminada durante un tiempo mientras el artículo de metal se hace levitar en la zona de flotación.

En algunos casos, cada uno del al menos uno de los rotores magnéticos comprende uno o más imanes permanentes que giran alrededor de un eje de rotación. En algunos casos, la zona de calentamiento y la zona de flotación ocupan el mismo espacio. En algunos casos, el calentamiento del artículo de metal incluye la rotación de uno o más del al menos un rotor magnético. En algunos casos, el método comprende además dirigir el artículo de metal desde la zona de calentamiento hasta la zona de flotación, en donde la zona de flotación se ubica inmediatamente después de la zona de calentamiento en una dirección corriente abajo, en donde colocar el artículo de metal en la zona de calentamiento incluye aceptar de manera continua el artículo de metal en la zona de calentamiento. En algunos casos, el calentamiento del artículo de metal incluye pasar el artículo de metal a través de una o más bobinas de inducción. En algunos casos, el calentamiento del artículo de metal incluye la rotación de al menos un rotor magnético adicional. En algunos casos, cada uno del al menos un rotor magnético adicional comprende uno o más imanes permanentes que giran alrededor de un eje de rotación. En algunos casos, cada uno del al menos un rotor magnético comprende una pluralidad de imanes separados lateralmente que giran alrededor de un eje de rotación. En algunos casos, el método comprende además medir una temperatura del artículo de metal mediante un sensor de temperatura; y

controlar el dispositivo de calentamiento en función de la temperatura medida. En algunos casos, el método comprende además proporcionar un fluido refrigerante al artículo de metal mediante una o más boquillas de enfriamiento. En algunos casos, el método comprende además medir una temperatura del artículo de metal mediante un sensor de temperatura; y controlar la dispensación del líquido refrigerante en función de la temperatura medida. En algunos casos, cada uno del al menos un rotor magnético gira alrededor de un eje de rotación que es paralelo a un ancho lateral del artículo de metal. En algunos casos, proporcionar el artículo de metal a la zona de calentamiento incluye proporcionar el artículo de metal a una cámara llena de gas. De acuerdo con la invención, hacer levitar el artículo de metal incluye hacer levitar el artículo de metal dentro de una cámara y generar los campos magnéticos cambiantes a través de la cámara que puede estar preferentemente llena de gas. De acuerdo con la invención, el método comprende además enhebrar el artículo de metal en la cámara preferentemente llena de gas, en donde enhebrar el artículo de metal comprende: separar una pared superior y una pared inferior de la cámara; insertar el artículo de metal entre la pared superior y la pared inferior; y volver a colocar la pared superior y la pared inferior juntas. En algunos casos, hacer levitar el artículo de metal incluye generar los campos magnéticos cambiantes a través de un material eléctricamente no conductor y aislante térmico de la cámara llena de gas. En algunos casos, el método comprende además suministrar gas inerte a la cámara llena de gas.

Otros objetos y ventajas serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de los ejemplos no limitativos.

Breve descripción de los dibujos

La memoria descriptiva hace referencia a las siguientes figuras adjuntas, en las que el uso de números de referencia similares en diferentes figuras está destinado a ilustrar componentes similares o análogos.

La Figura 1 es un diagrama esquemático que representa una vista lateral de un aparato de calentamiento continuo, sin contacto, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 2 es un diagrama esquemático que representa una vista lateral de un aparato de calentamiento no continuo, sin contacto, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 3 es una combinación de un diagrama esquemático y un gráfico de temperatura que representa un aparato de calentamiento continuo que usa imanes giratorios, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una vista lateral en primer plano que representa una parte del aparato de calentamiento de la Figura 3 de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 5 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 6 es una combinación de un diagrama esquemático y un gráfico que representa una matriz de imanes giratorios para el calentamiento magnético y el control de tensión de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 7 es un diagrama esquemático que representa un sistema de colada continua parcialmente desacoplado que usa un aparato de calentamiento de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 8 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento en una configuración abierta antes de enhebrar un artículo de metal de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 9 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento en una configuración abierta mientras un artículo de metal se está enhebrando en el aparato de calentamiento de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 10 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento en una configuración abierta después de que un artículo de metal se ha enhebrado en el aparato de calentamiento de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 11 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento en una configuración cerrada con un artículo de metal enhebrado en su lugar de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

La Figura 12 es un diagrama de flujo que representa un proceso para calentar un artículo de metal de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación.

Descripción detallada

Ciertos aspectos y características de la presente divulgación se refieren a un aparato de calentamiento que usa una serie de imanes giratorios para calentar, hacer levitar y/o mover artículos de metal por medio de estos. El aparato de calentamiento puede ser un horno de túnel, un horno de termodifusión u otro dispositivo de calentamiento adecuado. Una primera serie de imanes giratorios puede calentar el artículo de metal a una temperatura deseada. Una segunda serie de imanes giratorios puede hacer levitar el artículo de metal dentro del aparato de calentamiento y mantener la tensión deseada en el artículo de metal, y también puede empujar el artículo de metal a través del aparato de calentamiento. El aparato de calentamiento se puede extender lo suficientemente lejos como para calentar el artículo de metal a la temperatura deseada durante un tiempo deseado. En algunos casos, los imanes giratorios se pueden colocar fuera de una cámara resistente al calor, eléctricamente no conductora, llena de un gas inerte o levemente reactivo, a través de la cual pasa el artículo de metal en el aparato de calentamiento.

El aparato de calentamiento puede ser un horno de calentamiento ultracompacto para artículos de metal, como

planchones, tiras u otros objetos de metal. En algunos casos, el aparato de calentamiento se puede usar con materiales no ferrosos, que incluyen aluminio, aleaciones de aluminio, magnesio, materiales a base de magnesio, titanio, materiales a base de titanio, cobre, materiales a base de cobre, acero, materiales a base de acero, bronce, materiales a base de bronce, latón, materiales a base de latón, materiales compuestos, láminas utilizadas en materiales compuestos, o cualquier otro metal, no metal o combinación de materiales adecuados. El artículo puede incluir materiales monolíticos, así como materiales no monolíticos, tales como materiales unidos a rodillos, materiales revestidos, materiales compuestos (tales como, entre otros, materiales que contienen fibra de carbono), u otros materiales diversos. En un ejemplo no limitativo, el aparato de calentamiento se puede usar para calentar artículos de metal tales como tiras de metal de aluminio, planchones u otros artículos hechos de aleaciones de aluminio, incluidas las aleaciones de aluminio que contienen hierro.

El aparato de calentamiento puede calentar rápidamente un artículo de metal sin contacto, opcionalmente dentro de una atmósfera inerte. El aparato de calentamiento se puede configurar como un aparato de calentamiento continuo o un aparato de calentamiento no continuo. Un aparato de calentamiento continuo puede aceptar de manera continua el artículo de metal en un extremo corriente arriba y expulsar de manera continua el artículo de metal tratado en un extremo corriente abajo para su posterior procesamiento y/o manipulación. En un ejemplo, un aparato de calentamiento continuo se puede colocar en una línea de procesamiento entre un dispositivo de colada continua y un bobinador. Un aparato de calentamiento no continuo puede calentar de manera secuencial artículos de metal que tienen distintas longitudes. Por ejemplo, un aparato de calentamiento no continuo puede aceptar un planchón de metal de una longitud definida, calentar todo el planchón de metal de una vez, y luego retirar el planchón de metal tratado antes de colocar un nuevo planchón de metal en el aparato de calentamiento no continuo.

Como se usan en la presente, los términos "encima", "debajo", "vertical" y "horizontal" se usan para describir orientaciones relativas con respecto a un artículo de metal, tal como una tira de metal, como si la tira de metal se estuviese moviendo en una dirección horizontal, en donde sus superficies superior e inferior están generalmente paralelas al suelo. El término "vertical", como se usa en la presente, puede referirse a una dirección perpendicular a una superficie (por ejemplo, superficie superior o inferior) del artículo de metal, independientemente de la orientación del artículo de metal. El término "horizontal", como se usa en la presente, puede referirse a una dirección paralela a una superficie (por ejemplo, superficie superior o inferior) del artículo de metal, tal como una dirección paralela a la dirección de desplazamiento de un artículo de metal en movimiento, independientemente de la orientación del artículo de metal. Los términos "encima" y "debajo" pueden referirse a ubicaciones más allá de las superficies superior o inferior de un artículo de metal, independientemente de la orientación del artículo de metal. El artículo de metal se puede orientar o mover en cualquier dirección adecuada, incluidas las direcciones horizontal, vertical y otras, como la diagonal.

Como se usan en la presente, los términos vertical, longitudinal y lateral se pueden usar con referencia al artículo de metal que se está calentando. La dirección longitudinal se puede extender a lo largo de la dirección de desplazamiento de un artículo de metal a través del equipo de procesamiento, 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 del artículo de metal. La dirección longitudinal puede ser perpendicular a la dirección lateral y vertical. La dirección lateral se puede extender entre los bordes laterales del artículo de metal. La dirección lateral se puede extender en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal y la dirección vertical. La dirección vertical se puede extender entre las superficies superior e inferior del artículo de metal. La dirección vertical puede ser perpendicular a la dirección longitudinal y la dirección lateral.

Los aspectos y las características de la presente divulgación se pueden usar con cualquier artículo de metal adecuado, tal como en la forma de hojas ultradelgadas, láminas, tiras, planchones, placas, planchas u otros artículos de metal. Los aspectos y las características de la presente divulgación pueden ser especialmente adecuados para cualquier artículo de metal que tenga superficies planas (por ejemplo, superficies superior e inferior planas). Los aspectos y las características de la presente divulgación pueden ser especialmente adecuados para cualquier producto de metal que tenga superficies opuestas paralelas o aproximadamente paralelas (por ejemplo, superficies superiores e inferiores). Aproximadamente paralelo puede incluir paralelo o dentro de 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9° o 10° de paralelo, o similar.

Los aspectos y las características de la presente divulgación se pueden usar con artículos de metal de cualquier metal adecuado. En algunos casos, el artículo de metal es aluminio, como una aleación de aluminio. En algunos casos, el artículo de metal puede ser una aleación de aluminio que contiene hierro. Ciertos aspectos y características de la presente divulgación pueden ser especialmente adecuados para su uso con las aleaciones de aluminio de las series 6xxx o 5xxx, aunque se pueden usar otras aleaciones como las aleaciones de las series 1xxx, 2xxx, 3xxx, 4xxx, 7xxx u 8xxx. Las aleaciones de aluminio de las series 6xxx y 5xxx pueden tener conductividades de aproximadamente 10,000,000 Siemens por metro (10 MS/m). En algunos casos, las aleaciones que tienen conductividades más altas, como 15 MS/m o 20 MS/m, pueden dar como resultado un calentamiento menos eficiente a través de los imanes giratorios, debido al menos en parte a la generación de un flujo magnético menos secundario (por ejemplo, el flujo magnético generado por el artículo de metal) para oponerse al flujo primario (por ejemplo, el flujo magnético generado por los imanes giratorios).

Las matrices de imanes giratorios proporcionan tanto calentamiento como levitación del artículo de metal dentro del

aparato de calentamiento. Una zona de calentamiento puede incluir una primera matriz de imanes giratorios que están configurados y posicionados para proporcionar un calentamiento rápido al artículo de metal. Una zona de flotación, y opcionalmente la zona de calentamiento, puede incluir una segunda matriz de imanes giratorios que están configurados y posicionados para hacer levitar el artículo de metal. Los imanes giratorios se pueden usar en cualquier artículo de metal adecuado capaz de generar corrientes inducidas en presencia de campos magnéticos móviles y variables en el tiempo, pero pueden ser especialmente adecuados para su uso con tiras o planchones de metal de aluminio.

Cada imán giratorio puede incluir una o más fuentes magnéticas, como imanes permanentes o electroimanes. Los imanes giratorios generalmente pueden contener solo imanes permanentes, aunque en algunos casos los imanes giratorios pueden contener electroimanes o una combinación de electroimanes e imanes permanentes. Los imanes giratorios de imanes permanentes pueden ser preferibles en algunos casos y pueden lograr resultados más eficientes que los imanes giratorios que dependen de electroimanes. Cada imán giratorio puede girar alrededor de un eje de rotación que es perpendicular a un eje longitudinal del artículo de metal que pasa adyacente al imán giratorio, aunque se pueden usar otros ejes de rotación. En otras palabras, cada rotor magnético puede girar alrededor de un eje de rotación que es perpendicular a una dirección de procesamiento (por ejemplo, una dirección de laminación) del artículo de metal, aunque se pueden usar otros ejes de rotación. En algunos casos, un eje de rotación puede ser perpendicular a una dirección de procesamiento y coplanario con respecto a un ancho lateral de la tira de metal, en cuyo caso el eje de rotación puede estar inclinado intencionalmente (por ejemplo, con un extremo del rotor magnético más cerca de la tira de metal que el otro extremo) para lograr el control deseado del perfil de temperatura en el artículo de metal. En algunos casos, un eje de rotación de un rotor magnético puede ser perpendicular a la altura de la tira de metal y puede caer dentro de un plano paralelo y separado de un plano formado por el ancho lateral de la tira de metal y la dirección de procesamiento, en cuyo caso el eje de rotación se puede inclinar intencionalmente (por ejemplo, con un extremo del rotor magnético más abajo que el otro extremo) para lograr el control deseado del perfil de temperatura en el artículo de metal. En algunos casos, el eje de rotación de un rotor magnético se puede inclinar de otra manera. El movimiento giratorio de un imán giratorio hace que sus fuentes magnéticas induzcan un campo magnético móvil o cambiante. Los imanes giratorios se pueden girar mediante cualquier método adecuado, incluso a través de un motor de rotor (por ejemplo, motor eléctrico, motor neumático, o de otra manera) o movimiento simpático de una fuente magnética cercana (por ejemplo, otro imán giratorio o campo magnético cambiante).

Como se usa en la presente, el término imán giratorio puede incluir un rotor magnético, que contiene uno o más imanes en este. Por ejemplo, un solo rotor puede incluir una sola fuente magnética y, por lo tanto, contener dos polos magnéticos, o un solo rotor puede incluir múltiples fuentes magnéticas y, por lo tanto, contener múltiples polos magnéticos. En algunos casos, las fuentes magnéticas de un solo rotor se pueden organizar para producir campos magnéticos direccionalmente asimétricos, como las fuentes magnéticas de imanes permanentes dispuestas en una matriz de Halbach para dirigir los campos magnéticos hacia afuera desde una circunferencia exterior del rotor magnético.

En algunos casos, un rotor magnético es circular en una sección transversal, con las fuentes magnéticas giratorias alrededor de un solo eje de rotación. Sin embargo, en algunos casos, un rotor magnético puede ser elíptico o no circular en una sección transversal, y las fuentes magnéticas pueden girar alrededor de más de un eje de rotación. En tales casos, el rotor magnético puede tomar la forma de una correa o banda de rodadura que tiene imanes que giran de manera secuencial alrededor de más de un eje de rotación (por ejemplo, dos ejes de rotación en el caso de una correa elipsoidal simple).

Se puede lograr un control de calentamiento preciso al utilizar imanes giratorios para calentar el artículo de metal sin que haya contacto físico con el artículo de metal. Dicho control preciso se puede lograr mediante la manipulación de diversos factores asociados con los imanes giratorios, que incluyen la potencia de las fuentes magnéticas, el número de fuentes magnéticas, la orientación de las fuentes magnéticas, el tamaño de las fuentes magnéticas, el tamaño del propio imán giratorio (por ejemplo, que incluye cualquier cubierta), la velocidad del imán giratorio (por ejemplo, la velocidad giratoria), el espacio vertical entre los imanes giratorios desplazados verticalmente (por ejemplo, los rotores desplazados verticalmente en un solo conjunto de rotores), la ubicación de los imanes giratorios desplazados verticalmente (por ejemplo, la ubicación de los rotores desplazados lateralmente en un solo conjunto de rotores), el espacio longitudinal entre los imanes giratorios adyacentes, el espesor del artículo que se está calentando, la distancia vertical entre cada imán giratorio y el artículo que se está calentando, la composición del artículo que se está calentando, la presencia de apantallamiento magnético (por ejemplo, ciertos elementos de enfoque de flujo), el espesor y/o la permeabilidad del apantallamiento magnético, la velocidad de avance del artículo que se está calentando y el número de imanes giratorios utilizados. También se pueden controlar otros factores. El control de estos y otros factores puede ser estático (por ejemplo, establecido antes de un proceso de calentamiento) o dinámico (por ejemplo, variable sobre la marcha durante un proceso de calentamiento). En algunos casos, el control de uno o más de los factores mencionados anteriormente, entre otros, se puede basar en un modelo de computadora, la retroalimentación del operador o la retroalimentación automática (por ejemplo, en función de las señales de los sensores en tiempo real). Como se usa en la presente, el término "proceso de calentamiento" puede incluir tanto calentar como flotar u homogeneizar un artículo de metal.

En algunos casos, los rotores magnéticos se pueden usar para lograr un perfil de temperatura uniforme a través de la

tira de metal (por ejemplo, a través de un ancho lateral de la tira de metal). En algunos casos, se pueden utilizar técnicas para optimizar la uniformidad del perfil de temperatura en la tira de metal. Los ejemplos de tales técnicas pueden incluir el uso de calentadores auxiliares en lugares fríos; el uso de rotores magnéticos adicionales y más pequeños adyacentes a los lugares fríos; el uso de desviadores de flujo para desviar el flujo magnético de las regiones con lugares calientes y/o a las regiones de lugares fríos; movimiento lateral de los rotores magnéticos entre sí y/o con respecto a una línea central de la tira de metal; y rotores magnéticos con perfiles de flujo magnético adaptados (por ejemplo, perfiles de flujo magnético que varían de una manera específica a lo largo de la longitud del rotor magnético).

Como se usa en la presente, los aspectos y las características de la zona de calentamiento se describen con referencia a los imanes giratorios. En algunos casos, sin embargo, se pueden usar electroimanes no giratorios en la zona de calentamiento además o en lugar de los imanes giratorios. Sin embargo, el uso de imanes giratorios, a diferencia de los electroimanes estacionarios, para generar campos magnéticos cambiantes puede proporcionar una eficiencia mejorada, así como un calentamiento más uniforme del artículo de metal. El uso de electroimanes estacionarios para variar los campos inductivos impartidos a lo ancho del artículo puede generar puntos calientes localizados en el artículo. Los campos inductivos de varias intensidades pueden ser causados por la variación natural en los bobinados de diferentes electroimanes estacionarios. Las variaciones en los bobinados del electroimán pueden dar como resultado que algunas ubicaciones generen más calor que las ubicaciones laterales adyacentes. Los puntos calientes localizados pueden deformar de manera desigual el artículo y pueden causar otros defectos de fabricación. Por el contrario, mientras que los imanes permanentes pueden incluir algún nivel de variación magnética inherente a través de las dimensiones o de un imán a otro, una parte o toda esta variación puede promediarse automáticamente debido a la rotación de las fuentes magnéticas en el imán o rotor giratorio. Ningún imán permanente se mantiene en ninguna posición estacionaria lateralmente, y por lo tanto los imanes permanentes giratorios aplican un campo magnético promedio. Por lo tanto, el rotor magnético giratorio es capaz de calentar el artículo de metal de manera uniforme de una manera más controlada. Cuando se usan electroimanes en un calentador de imán giratorio, se pueden promediar las variaciones entre diferentes electroimanes debido a la rotación del rotor. Este promedio de las variaciones no se produce con los electroimanes estacionarios.

Los imanes giratorios pueden girar en una dirección "corriente abajo" o en una dirección "corriente arriba". Como se usa en la presente, un imán giratorio que gira en una dirección corriente abajo gira de tal manera que la superficie del imán giratorio más cercano al artículo de metal en cualquier punto en el tiempo se mueve en la dirección de desplazamiento del artículo de metal (por ejemplo, generalmente hacia la dirección corriente abajo). Por ejemplo, cuando se mira un artículo de metal desde el lado con el artículo de metal moviéndose en su dirección longitudinal de desplazamiento hacia la derecha, un imán giratorio colocado sobre el artículo de metal que gira en dirección corriente abajo puede girar en el sentido contrario a las agujas del reloj, mientras que un imán giratorio colocado debajo del artículo de metal y que gira en dirección corriente abajo puede girar en el sentido de las agujas del reloj. Como se usa en la presente, un imán giratorio que gira en una dirección corriente arriba gira de manera tal que la superficie del imán giratorio más cercano al artículo de metal en cualquier punto en el tiempo se mueve en dirección opuesta a la dirección de desplazamiento del artículo de metal (por ejemplo, generalmente hacia la dirección corriente arriba). Por ejemplo, cuando se mira un artículo de metal desde el lado con el artículo de metal moviéndose en su dirección longitudinal de desplazamiento hacia la derecha, un imán giratorio colocado sobre el artículo de metal que gira en una dirección corriente arriba puede girar en el sentido de las agujas del reloj, mientras que un imán giratorio colocado debajo del artículo de metal y que gira en una dirección corriente arriba puede girar en el sentido contrario a las agujas del reloj.

En los casos donde el aparato de calentamiento es un aparato de calentamiento no continuo, el término "corriente arriba" se puede reemplazar por "hacia un primer extremo" y el término "corriente abajo" se puede reemplazar por "hacia un segundo extremo", donde el primer extremo y el segundo extremo del aparato de calentamiento no continuo se pueden equiparar a un extremo corriente arriba y un extremo corriente abajo de un aparato de calentamiento continuo.

Los imanes giratorios se pueden colocar por encima o por debajo del artículo de metal (por ejemplo, por encima o por debajo de la línea de paso o por encima o por debajo de la cámara). Como se usa en la presente, la referencia a un elemento que se coloca con respecto al artículo de metal se puede referir a que el elemento se coloca con respecto a una línea de paso (por ejemplo, la línea de paso deseada a lo largo de la cual se desea que el artículo de metal se desplace), según corresponda. En algunos casos, la matriz de imanes giratorios para calentar el artículo de metal se puede colocar por debajo y por encima del artículo de metal. En algunos casos, estos imanes giratorios se colocan en pares combinados, con imanes giratorios similares (por ejemplo, similar o del mismo tamaño, fuerza, velocidad giratoria y/o dirección de giro corriente arriba o corriente abajo) colocados directamente opuestos a la línea de paso entre sí. Cuando los imanes giratorios opuestos se colocan en lados opuestos del artículo de metal y giran en la misma dirección corriente arriba o abajo, uno de los dos imanes giratorios puede girar en el sentido de las agujas del reloj mientras que el otro de los dos imanes giratorios puede girar en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Los imanes giratorios para el calentamiento pueden tener una longitud que sea aproximadamente igual o mayor que el ancho del artículo de metal. En algunos casos, los imanes giratorios para el calentamiento se pueden desplazar lateralmente para ocupar menos del 100 % del ancho lateral de la tira de metal. Los imanes giratorios para la levitación (p. ej., los imanes giratorios en la zona de flotación) pueden ocupar menos del 100 % del ancho lateral de la tira de

metal, tal como o menos de aproximadamente el 95 %, 90 %, 85 %, 80 %, 75 %, 70 %, 65 %, 60 %, 55 %, 50 %, 45 %, 40 %, 35 % o 30 % del ancho lateral de la tira de metal. En algunos casos, un solo rotor en la zona de flotación puede alojar dos o más imanes giratorios separados lateralmente entre sí. En algunos casos, la posición lateral de los imanes giratorios dentro de los rotores secuenciales (p. ej., los rotores separados longitudinalmente y los secuenciales) en la zona de flotación se puede desplazar uno con respecto a otro, dando como resultado una serie escalonada de imanes giratorios en la zona de flotación. La naturaleza escalonada de los imanes giratorios puede ayudar a minimizar el calentamiento no deseado y desigual en la zona de flotación.

En algunos casos, la matriz de imanes giratorios para hacer levitar el artículo de metal se puede colocar solo debajo del artículo de metal, aunque ese no tiene que ser el caso. En algunos casos, los imanes giratorios se pueden colocar sobre el artículo de metal para ayudar a dirigir o guiar el artículo de metal. Por ejemplo, los imanes giratorios se pueden colocar en o cerca de los bordes del artículo de metal, incluso justo después de los bordes del artículo de metal, y se pueden girar a lo largo de un eje de rotación paralelo al eje longitudinal del artículo de metal para inducir fuerzas hacia una línea central longitudinal de la trayectoria deseada a través del aparato de calentamiento. Estos imanes giratorios pueden facilitar el centrado del artículo de metal. Estos imanes giratorios de centrado se pueden colocar en cualquier ubicación adecuada, como en o junto a la entrada o salida del aparato de calentamiento. En algunos casos, los imanes giratorios de centrado se pueden usar para estabilizar el artículo de metal en aparatos de calentamiento más largos, cuando el artículo de metal se soporta bajo tensiones bajas o cuando el artículo de metal se soporta bajo compresión.

En algunos casos, uno o más rodillos de contacto se pueden colocar adyacentes a la tira de metal para sostener la tira de metal en los casos en que se pierde la levitación. Estos rodillos de contacto pueden no hacer contacto durante el funcionamiento normal de la zona de flotación.

En algunos casos, las matrices de imanes giratorios (por ejemplo, matrices de calentamiento y/o levitación) solo debajo del artículo de metal pueden ser especialmente adecuadas para los artículos de metal más gruesos (por ejemplo, más gruesos que aproximadamente 10 mm). En algunos casos, las matrices de imanes giratorios (por ejemplo, matrices de calentamiento y/o levitación) por encima y por debajo del artículo de metal pueden ser especialmente adecuadas para los artículos de metal más delgados (por ejemplo, de o más delgados que aproximadamente 10 mm).

En algunos casos, cuando los imanes giratorios se utilizan por debajo y por encima del artículo de metal, los imanes giratorios colocados sobre el artículo de metal se pueden accionar entre una posición cerrada y una posición abierta. En la posición cerrada, los imanes giratorios, y opcionalmente cualquier pared superior de la cámara, pueden estar en posición para el funcionamiento normal. En la posición abierta, los imanes giratorios superiores y, opcionalmente, cualquier pared superior de la cámara, se pueden alejar de una posición de funcionamiento normal para proporcionar más espacio para que un artículo de metal se cargue o se enhebre en el aparato de calentamiento. Una vez que se ha cargado el artículo de metal, los imanes giratorios superiores y, opcionalmente, cualquier pared superior de la cámara, se pueden mover hacia la posición cerrada para el funcionamiento normal.

En algunos casos, los elementos de enfoque de flujo magnético se pueden usar adyacentes a los imanes giratorios para redirigir el flujo magnético desde o hacia ciertas regiones. Un elemento de enfoque de flujo magnético puede ser cualquier material adecuado capaz de redireccionar el flujo magnético, incluido el flujo magnético de concentración. Los elementos de enfoque de flujo magnético pueden recibir flujo magnético de fuentes magnéticas en los imanes giratorios que no están cerca o directamente frente al artículo y redirigir ese flujo magnético hacia el artículo (por ejemplo, en una dirección perpendicular a una superficie superior o inferior del artículo). Los elementos de enfoque de flujo magnético también pueden proporcionar beneficios al proporcionar apantallamiento magnético entre el imán giratorio y el equipo adyacente que no sea el artículo de metal que se está calentando. Por ejemplo, los elementos de enfoque de flujo magnético pueden permitir que los imanes giratorios adyacentes, desplazados longitudinalmente, se coloquen uno cerca del otro con menos interacción magnética entre los dos. Los elementos de enfoque de flujo magnético pueden estar hechos de cualquier material adecuado, incluido el acero con aleación de silicio (por ejemplo, acero eléctrico). Un elemento de enfoque de flujo magnético puede comprender múltiples laminaciones. Los elementos de enfoque de flujo magnético pueden ser desviadores de flujo o controladores de flujo. Cuando se usan elementos de enfoque de flujo magnético, los imanes giratorios pueden ser capaces de lograr resultados eficientes a velocidades de giro más bajas y los imanes se pueden colocar más lejos del artículo de metal.

Los imanes giratorios también se pueden usar para controlar la tensión en el artículo de metal. Un imán giratorio que gira en una dirección corriente abajo puede aplicar una fuerza corriente abajo sobre el artículo de metal, mientras que un imán giratorio que gira en una dirección corriente arriba puede aplicar una fuerza corriente arriba sobre el artículo de metal. Múltiples imanes giratorios separados longitudinalmente pueden contrarrestar parte o la totalidad de cualquier tensión inducida en el artículo de metal entre sí. Por ejemplo, un primer imán giratorio que gira para inducir la tensión longitudinal en un artículo de metal puede estar separado de un segundo imán giratorio que gira en una dirección opuesta de modo que la tensión longitudinal se puede reducir o eliminar. Por lo tanto, la tensión en el artículo de metal se puede controlar mediante el control de los imanes giratorios, como se describe en la presente (por ejemplo, la posición, la velocidad, la dirección, la fuerza, la separación entre los rodillos opuestos y otros parámetros similares).

En algunos casos, el aparato de calentamiento puede mantener una atmósfera inerte alrededor del artículo de metal durante el calentamiento en la zona de calentamiento y/o la homogeneización en la zona de flotación. La atmósfera

inerte puede contener gases inertes, como nitrógeno o argón, o puede contener gases mínimamente reactivos, como aire seco. La atmósfera inerte puede estar contenida dentro de las paredes del propio aparato de calentamiento, o dentro de una cámara separada. En los casos donde el aparato de calentamiento es un aparato de calentamiento no continuo, la cámara puede estar completamente cerrada, aunque no es necesario que sea así. En los casos donde el aparato de calentamiento es un aparato de calentamiento continuo, la cámara puede permanecer abierta en un extremo corriente arriba y en un extremo corriente abajo, permitiendo que el artículo de metal entre y salga de la cámara de manera continua. Las paredes superior e inferior de la cámara (p. ej., las paredes adyacentes y paralelas a las superficies superior e inferior del artículo de metal, o las paredes perpendiculares al espesor del artículo de metal), y opcionalmente las paredes laterales (p. ej., las paredes perpendiculares al ancho lateral del artículo de metal), y opcionalmente las paredes de extremo (por ejemplo, las paredes perpendiculares a un eje longitudinal del artículo de metal), si están presentes, pueden estar hechas de materiales no conductores y resistentes al calor, tales como Kevlar® u otras para-aramidas. Los imanes giratorios se pueden colocar fuera de la cámara y los campos magnéticos cambiantes inducidos por los imanes giratorios pueden pasar a través de las paredes de la cámara para proporcionar calentamiento y/o levitación al artículo de metal que se encuentra dentro. Se pueden introducir gases inertes o gases mínimamente reactivos en la cámara en los extremos y/o en los puntos de inserción a lo largo de la cámara. Estos gases se pueden dispensar en la cámara a través de boquillas. En algunos casos, estas boquillas se pueden colocar para suministrar los gases de una manera diseñada para facilitar la flotación del artículo de metal dentro de la cámara.

En algunos casos, se pueden suministrar gases calientes para complementar el calentamiento de los imanes giratorios. Dichos gases calientes pueden ser gases inertes o mínimamente reactivos. Los gases calientes se pueden suministrar a través de puertos dirigidos que apuntan a las regiones donde el calentamiento magnético no calienta completamente el artículo de metal. Los gases calientes pueden facilitar la igualación de temperatura en el artículo de metal, así como proporcionar la atmósfera inerte o mínimamente reactiva dentro del aparato de calentamiento o dentro de la cámara.

En algunos casos, se puede acoplar una fuente de vacío a la cámara para establecer un vacío total o parcial en la cámara. En algunos casos, los rodillos de sellado se pueden usar para establecer un sello en los extremos corriente arriba y corriente abajo de la cámara. En algunos casos, los rodillos de sellado se pueden ubicar corriente arriba de la zona de calentamiento y corriente abajo de la zona de enfriamiento.

En algunos casos, se pueden usar otras técnicas para complementar o reemplazar el calentamiento de los imanes giratorios en la zona de calentamiento. En algunos casos, el calentamiento en la zona de calentamiento se puede proporcionar mediante el uso de calentamiento por inducción para complementar o reemplazar el calentamiento mediante imanes giratorios.

Opcionalmente, las boquillas de refrigerante se pueden colocar dentro del aparato de calentamiento para dispensar refrigerante sobre el artículo de metal. El refrigerante dispensado puede ayudar a mantener una temperatura deseada en el artículo de metal. Por ejemplo, la segunda matriz de imanes giratorios responsables de la levitación del artículo de metal puede proporcionar cierta cantidad de calor al artículo de metal, que se puede contrarrestar mediante la aplicación de refrigerante. Como otro ejemplo, el refrigerante dispensado se puede dirigir a partes del artículo de metal que pueden experimentar temperaturas elevadas durante el calentamiento magnético, tales como los bordes del artículo de metal. En algunos casos, las boquillas de refrigerante se pueden colocar solo dentro de la zona de flotación del aparato de calentamiento, aunque en otros casos las boquillas de refrigerante se pueden colocar en todo el aparato de calentamiento, como en la zona de calentamiento. En algunos casos, la aplicación de refrigerante se puede preestablecer antes de que comience un proceso de calentamiento. En algunos casos, la aplicación de refrigerante se puede controlar dinámicamente en función de la retroalimentación que proviene de un sensor, como un sensor de temperatura. El refrigerante puede ser cualquier fluido adecuado para enfriar el artículo de metal, que incluye un gas refrigerante (por ejemplo, una porción refrigerada del gas inerte) o un líquido refrigerante (por ejemplo, agua).

Opcionalmente, se pueden suministrar gases de tratamiento (por ejemplo, a la cámara) además de los gases de atmósfera inerte. Por ejemplo, se pueden suministrar gases de tratamiento, tales como metano o un gas silano, para inducir la pasivación de la superficie del artículo de metal dentro del aparato de calentamiento.

En algunos casos, una zona de calentamiento con uno o más rotores magnéticos se puede emparejar con una zona de flotación tradicional, como una zona de flotación que utiliza boquillas de aire caliente para hacer levitar el artículo de metal. En tales casos, los rotores magnéticos pueden ser adecuados para calentar rápidamente la tira de metal y se pueden usar para lograr una tensión deseada en la tira de metal adecuada para la flotación mediante el uso de boquillas de aire caliente u otras técnicas tradicionales.

Durante un proceso de calentamiento, la dirección de giro de los imanes y/o la velocidad giratoria se puede alterar para proporcionar fuerza para ayudar al avance del artículo de metal a través del aparato de calentamiento, o para alterar la tensión o las fuerzas de compresión en el artículo de metal. Por ejemplo, una ligera tensión puede ser deseable para los artículos de metal delgados (por ejemplo, de 0,5 mm a 10 mm), pero una ligera fuerza de compresión puede ser deseable para los artículos de metal más gruesos (por ejemplo, más de 10 mm) para evitar la rotura del artículo del metal a temperaturas extremadamente altas.

Ciertos aspectos y características de la presente divulgación proporcionan un aparato de calentamiento capaz de proporcionar un calentamiento más rápido que los hornos de convección, tal como aproximadamente cinco veces más rápido que los hornos de convección, y con alta eficiencia energética (por ejemplo, aproximadamente 80 % de eficiencia). Además, los imanes giratorios pueden proporcionar un control de encendido/apagado casi instantáneo del calor. Además, ciertos aspectos y características de la presente divulgación proporcionan la capacidad de hacer flotar el artículo de metal durante el calentamiento y/o la homogeneización del artículo de metal, optimizando así la calidad de la superficie, y opcionalmente dentro de una atmósfera inerte. Ciertos aspectos y características de la presente divulgación también son capaces de proporcionar diversos beneficios en un tamaño muy compacto. No solo se puede minimizar la longitud longitudinal del aparato de calentamiento debido al rápido calentamiento magnético, sino que el calentamiento magnético y la levitación pueden permitir que una cámara que contiene la atmósfera inerte sea muy pequeña, lo que mejora la eficiencia del uso del gas. En algunos casos, ciertos aspectos y características de la presente divulgación son capaces de proporcionar otros beneficios metalúrgicos al artículo de metal, tales como una oxidación superficial reducida y una disolución o redistribución más rápida de las fases intermetálicas. En algunos casos, ciertos aspectos y características de la presente divulgación son capaces de minimizar la migración de magnesio no deseada durante ciertos procesos de calentamiento, lo que podría ocurrir si el artículo de metal se sobrecalienta. Por ejemplo, como el calentamiento de un artículo de metal con rotores magnéticos induce la generación de calor desde el propio artículo de metal (por ejemplo, debido a las corrientes inducidas), se puede minimizar o evitar la dependencia del calentamiento externo (por ejemplo, el calentamiento del aire en la superficie del artículo de metal). El calentamiento externo puede conllevar un riesgo sustancial de sobrecalentamiento del artículo de metal, especialmente cuando se prioriza la velocidad, ya que el calor se debe transferir desde la superficie del artículo de metal al centro del artículo de metal para un calentamiento uniforme. Al evitar o minimizar el uso de calentamiento externo, ciertos aspectos y características de la presente divulgación permiten que un artículo de metal se caliente con un riesgo mínimo o nulo de sobrecalentamiento, y por lo tanto una migración de magnesio no deseada mínima o nula.

Ciertos aspectos y características de la presente divulgación se pueden usar con varias líneas de procesamiento de metales, como las líneas compactas de tratamiento térmico de solución de recocido continuo (CASH). Ciertos aspectos y características de la presente divulgación se pueden usar para diversos fines, tales como para homogeneizar o recocer un artículo de metal. Los aparatos de calentamiento descritos en la presente se describen en una orientación horizontal, aunque se pueden usar igualmente en cualquier orientación adecuada, como vertical, inclinada o curvada. Los aparatos de calentamiento descritos en la presente se pueden operar a cualquier temperatura adecuada, aunque puede ser deseable operar a temperaturas de aproximadamente 560 °C, 565 °C, 570 °C, 575 °C, 580 °C, 585 °C, 590 °C, 595 °C, o 600 °C o menos al tratar aleaciones de aluminio, e incluso con mayor preferencia, a aproximadamente 565 °C.

En algunos casos, ciertos aspectos y características de la presente divulgación pueden ser especialmente útiles para tratar un artículo de metal inmediatamente o un tiempo después de salir de un dispositivo de colada continua. Un artículo de metal, como un planchón de metal (por ejemplo, un planchón de aproximadamente 16 mm de espesor) o una tira de metal, puede ingresar al aparato de calentamiento a aproximadamente 450 °C, después de salir de un dispositivo de colada continua y, opcionalmente, se puede enfriar, y se puede calentar a una temperatura de aproximadamente 560 °C a aproximadamente 570 °C. Después del proceso de calentamiento posterior a la colada, el artículo de metal puede sufrir una reducción de espesor, como por laminación en caliente. En algunos casos, la reducción de espesor puede ser de aproximadamente 70 % de reducción de espesor, aunque se pueden usar reducciones de espesor mayores o menores.

En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones identificadas con los números AA y otras denominaciones relacionadas, tales como "serie" o "7xxx." Para comprender el sistema de designación numérica más comúnmente usado para la denominación e identificación del aluminio y sus aleaciones, véase "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys" o "Registration Record of Aluminum Association Alloy Designations and Chemical Compositions Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot", ambos publicados por The Aluminum Association.

Como se usa en la presente, una placa generalmente tiene un espesor en un intervalo de 5 mm a 50 mm. Por ejemplo, una placa se puede referir a un producto de aluminio con un espesor de alrededor de 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 35 mm, 40 mm, 45 mm o 50 mm.

Como se usa en la presente, una plancha (también denominada plancha de chapa) generalmente tiene un espesor de alrededor de 4 mm a alrededor de 15 mm. Por ejemplo, una plancha puede tener un espesor de 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm, 11 mm, 12 mm, 13 mm, 14 mm, o 15 mm.

Como se usa en la presente, una lámina generalmente se refiere a un producto de aluminio que tiene un espesor inferior a alrededor de 4 mm. Por ejemplo, una lámina puede tener un espesor inferior a 4 mm, inferior a 3 mm, inferior a 2 mm, inferior a 1 mm, inferior a 0,5 mm, inferior a 0,3 mm, o inferior a 0,1 mm.

Como se usa en la presente, el significado de "temperatura ambiente" puede incluir una temperatura de alrededor de 15°C a alrededor de 30°C, por ejemplo alrededor de 15 °C, alrededor de 16 °C, alrededor de 17 °C, alrededor de

18 °C, alrededor de 19 °C, alrededor de 20 °C, alrededor de 21 °C, alrededor de 22 °C, alrededor de 23 °C, alrededor de 24 °C, alrededor de 25 °C, alrededor de 26 °C, alrededor de 27 °C, alrededor de 28 °C, alrededor de 29 °C, o alrededor de 30 °C. Como se usa en la presente, el significado de "condiciones ambientales" puede incluir temperaturas alrededor de la temperatura ambiente, una humedad relativa de alrededor de 20 % a alrededor de 100 %

y una presión barométrica de alrededor de 975 milibares (mbar) a alrededor de 1050 mbar. Por ejemplo, la humedad relativa puede ser de alrededor de 20 %, alrededor de 21 %, alrededor de 22 %, alrededor de 23 %, alrededor de 24 %, alrededor de 25 %, alrededor de 26 %, alrededor de 27 %, alrededor de 28 %, alrededor de 29 %, alrededor de 30 %, alrededor de 31 %, alrededor de 32 %, alrededor de 33 %, alrededor de 34 %, alrededor de 35 %, alrededor de 36 %, alrededor de 37 %, alrededor de 38 %, alrededor de 39 %, alrededor de 40 %, alrededor de 41 %, alrededor de 42 %, alrededor de 43 %, alrededor de 44 %, alrededor de 45 %, alrededor de 46 %, alrededor de 47 %, alrededor de 48 %, alrededor de 49 %, alrededor de 50 %, alrededor de 51 %, alrededor de 52 %, alrededor de 53 %, alrededor de 54 %, alrededor de 55 %, alrededor de 56 %, alrededor de 57 %, alrededor de 58 %, alrededor de 59 %, alrededor de 60 %, alrededor de 61 %, alrededor de 62 %, alrededor de 63 %, alrededor de 64 %, alrededor de 65 %, alrededor de 66 %, alrededor de 67 %, alrededor de 68 %, alrededor de 69 %, alrededor de 70 %, alrededor de 71 %, alrededor de 72 %, alrededor de 73 %, alrededor de 74 %, alrededor de 75 %, alrededor de 76 %, alrededor de 77 %, alrededor de 78 %, alrededor de 79 %, alrededor de 80 %, alrededor de 81 %, alrededor de 82 %, alrededor de 83 %, alrededor de 84 %, alrededor de 85 %, alrededor de 86 %, alrededor de 87 %, alrededor de 88 %, alrededor de 89 %, alrededor de 90 %, alrededor de 91 %, alrededor de 92 %, alrededor de 93 %, alrededor de 94 %, alrededor de 95 %, alrededor de 96 %, alrededor de 97 %, alrededor de 98 %, alrededor de 99 %, alrededor de 100 %, o cualquier punto intermedio. Por ejemplo, la presión barométrica puede ser de alrededor de 975 mbar, alrededor de 980 mbar, alrededor de 985 mbar, alrededor de 990 mbar, alrededor de 995 mbar, alrededor de 1000 mbar, alrededor de 1005 mbar, alrededor de 1010 mbar, alrededor de 1015 mbar, alrededor de 1020 mbar, alrededor de 1025 mbar, alrededor de 1030 mbar, alrededor de 1035 mbar, alrededor de 1040 mbar, alrededor de 1045 mbar, alrededor de 1050 mbar, o cualquier punto intermedio.

Debe entenderse que todos los intervalos descritos en la presente abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en estos. Por ejemplo, debe considerarse que un intervalo declarado de "1 a 10" incluye cualquiera y todos los subintervalos entre (e inclusive) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subintervalos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más, por ejemplo, 1 a 6,1, y que finalizan con un valor máximo de 10 o menos, por ejemplo, 5,5 a 10. A menos que se indique lo contrario, la expresión "hasta" cuando se refiere a la cantidad de composición de un elemento significa que el elemento es opcional e incluye una composición de porcentaje cero de ese elemento en particular. A menos que se indique lo contrario, todos los porcentajes de composición están en porcentaje en peso (% en peso).

Como se usa en la presente, el significado de "un", "una" y "el/la" incluye referencias en singular y plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

En los siguientes ejemplos, los productos de aleaciones de aluminio y sus componentes se describen en términos de su composición elemental en porcentaje en peso (% en peso). En cada aleación, el resto es aluminio, con un porcentaje en peso máximo de 0,15 % para la suma de todas las impurezas.

Los elementos incidentales, tales como refinadores de granos y desoxidantes, u otros aditivos pueden estar presentes en la invención y pueden agregar otras características por sí mismos sin apartarse o alterar significativamente la aleación descrita en la presente o las características de la aleación descritas en la presente.

Las impurezas inevitables, incluidos los materiales o elementos, pueden estar presentes en la aleación en pequeñas cantidades debido a las propiedades inherentes del aluminio o la lixiviación del contacto con el equipo de procesamiento. Algunas impurezas que se encuentran típicamente en el aluminio incluyen el hierro y el silicio. La aleación, como se describe, no puede contener más de alrededor de 0,25 % en peso de cualquier elemento además de los elementos de aleación, los elementos incidentales y las impurezas inevitables.

Las aleaciones descritas en la presente se pueden fundir mediante el uso de cualquier método de colada adecuado conocido por las personas del oficio de nivel medio. Como algunos ejemplos no limitativos, el proceso de colada puede incluir un proceso de colada semi-continuo (DC) o un proceso de colada continuo (CC). El sistema de colada continua puede incluir un par de superficies de colada opuestas móviles (por ejemplo, cintas, rollos o bloques opuestos móviles), una cavidad de colada entre el par de superficies de colada opuestas móviles y un inyector de metal fundido. El inyector de metal fundido puede tener una abertura de extremo desde donde el metal fundido puede salir del inyector de metal fundido y ser inyectado en la cavidad de colada. En algunos casos, los aspectos de la presente divulgación pueden ser especialmente adecuados para su uso con un artículo de metal de colada continua.

Los productos de aleación de aluminio descritos en la presente se pueden usar en aplicaciones automotrices y otras aplicaciones de transporte, incluidas las aplicaciones de aviones y ferrocarriles. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio descritos se pueden usar para preparar piezas estructurales automotrices, como para choques, vigas laterales, vigas de techo, vigas transversales, refuerzos de pilares (por ejemplo, pilares A, pilares B y pilares C), paneles interiores, paneles exteriores, paneles laterales, capós interiores, capós exteriores o paneles de la tapa del maletero. Las aleaciones y los métodos de aluminio descritos en la presente también se pueden usar en aplicaciones

de vehículos ferroviarios o aviones, para preparar, por ejemplo, paneles externos e internos. Ciertos aspectos y características de la presente divulgación pueden proporcionar artículos de metal con cualidades superficiales y metalúrgicas mejoradas, que pueden dar como resultado una capacidad de unión y una conformabilidad mejoradas, que pueden ser especialmente deseables para cualquiera de las aplicaciones mencionadas en la presente, así como otras.

Los productos y los métodos de aleación de aluminio descritos en la presente también se pueden utilizar en aplicaciones electrónicas. Por ejemplo, los productos y los métodos de aleación de aluminio descritos en la presente se pueden usar para preparar carcasas para dispositivos electrónicos, que incluyen teléfonos móviles y tabletas. En algunos ejemplos, los productos de aleación de aluminio se pueden usar para preparar carcasas para la carcasa exterior de teléfonos móviles (por ejemplo, teléfonos inteligentes), carcasas inferiores de tabletas y otros dispositivos electrónicos portátiles.

Estos ejemplos ilustrativos se dan para presentar al lector el objeto general en cuestión que se analiza en la presente y no pretenden limitar el alcance de los conceptos descritos. Las siguientes secciones describen diversas características adicionales y ejemplos con referencia a los dibujos en los que los números similares indican elementos similares, y las descripciones direccionales se usan para describir las formas de realización ilustrativas, pero, al igual que las formas de realización ilustrativas, no deben usarse para limitar la presente divulgación. Es posible que los elementos incluidos en las ilustraciones de la presente no estén dibujados a escala y que ciertas dimensiones se hayan exagerado para fines ilustrativos.

La Figura 1 es un diagrama esquemático que representa una vista lateral de un aparato de calentamiento continuo sin contacto 100, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El aparato de calentamiento 100 puede incluir una zona de calentamiento 102 y una zona de flotación 104. Un artículo de metal 110 (por ejemplo, un planchón de metal o una tira de metal) puede pasar a través del aparato de calentamiento 100 en una dirección corriente abajo 112 (por ejemplo, una dirección de procesamiento). El artículo de metal 110 puede entrar por una entrada 106 en un extremo corriente arriba del aparato de calentamiento 100 y salir por la salida 108 por un extremo corriente abajo del aparato de calentamiento 100.

El artículo de metal 110 puede pasar a través de una zona de calentamiento 102 y una zona de flotación 104 sin entrar en contacto físico con ninguna estructura de soporte dentro de la zona de calentamiento 102 o la zona de flotación 104. En la zona de calentamiento 102, el artículo de metal 110 se puede calentar a una temperatura predeterminada deseada. En la zona de flotación 104, el artículo de metal 110 se puede mantener a la temperatura predeterminada deseada (por ejemplo, en o dentro de 0,5 %, 0,6 %, 0,7 %, 0,8 %, 0,9 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 10 % o 15 % de la temperatura predeterminada deseada). La longitud de la zona de flotación 104 y la velocidad a la que se desplaza el artículo de metal 110 en la dirección corriente abajo 112 puede dictar la duración del tiempo (por ejemplo, el tiempo de homogeneización) que una sección transversal particular del artículo de metal 110 pasa a la temperatura predeterminada deseada. Por ejemplo, una zona de flotación de 30 metros 104 puede proporcionar 3 minutos de tiempo de homogeneización para un planchón de metal que se desplaza a 10 metros por minuto.

En algunos casos, antes de entrar en la zona de calentamiento 102, el artículo de metal 110 se puede enfriar para facilitar el suministro de un perfil de temperatura uniforme (por ejemplo, homogéneo) a través del ancho lateral del artículo de metal 110. Sin embargo, no es necesario que se enfríe antes de ingresar a la zona de calentamiento 102.

La zona de calentamiento 102 puede contener cualquier dispositivo de calentamiento adecuado. Como se muestra en la Figura 1, la zona de calentamiento 102 incluye una matriz de imanes giratorios 114 configurados para calentar el artículo de metal 110. Opcionalmente, un bucle de inducción 118 puede rodear el artículo de metal 110 dentro de la zona de calentamiento 102 para proporcionar calor complementario al artículo de metal 110. En algunos casos, la zona de calentamiento 102 incluye el bucle de inducción 118 y no incluye la matriz de imanes giratorios 114 para el calentamiento. En tales casos, la zona de calentamiento 102 puede incluir imanes giratorios adicionales para fines de levitación, como se describe con más detalle con respecto a la zona de flotación 104. En algunos casos, uno o más bucles de inducción 118 pueden proporcionar un calentamiento adicional para mejorar la homogeneidad de la temperatura lateral en la tira de metal, como para corregir cualquier punto frío que se forme durante el calentamiento magnético.

La zona de flotación 104 puede incluir una matriz de imanes giratorios 116 configurados para hacer levitar el artículo de metal 110. La matriz de imanes giratorios 116 para la levitación se puede ubicar únicamente dentro de la zona de flotación 104, u opcionalmente también se puede ubicar dentro de la zona de calentamiento 102. En algunos casos, las boquillas de refrigerante opcionales 122 se pueden ubicar dentro de la zona de flotación 104 para proporcionar un control de temperatura adicional para mantener el artículo de metal 110 a la temperatura predeterminada deseada, a pesar del calor agregado por la matriz de imanes giratorios 116. Cada una de las boquillas de refrigerante 122 puede tener controles individuales (por ejemplo, válvulas) para controlar la aplicación de refrigerante al artículo de metal 110.

En algunos casos, una zona de flotación 104 puede incluir elementos de flotación tradicionales, tales como boquillas de aire u otros elementos para hacer levitar una tira de metal mediante técnicas no magnéticas. Estos elementos se pueden utilizar en lugar de o además de la levitación magnética.

Una matriz de imanes giratorios configurados para calentar el artículo de metal 110 puede incluir imanes dimensionados y posicionados para elevar eficientemente la temperatura del artículo de metal 110, tales como rotores magnéticos que se extienden a través de aproximadamente el ancho completo del artículo de metal 110 o más. Una matriz de imanes giratorios configurados para hacer levitar el artículo de metal 110 puede incluir imanes de tamaño y posicionados para hacer levitar de manera eficiente el artículo de metal 110 sin proporcionar un calor sustancial al artículo de metal 110, como los rotores magnéticos que contienen uno o más imanes giratorios que ocupan menos que el ancho completo del artículo de metal 110 (por ejemplo, el o menos de aproximadamente el 95 %, 90 %, 85 %, 80 %, 75 %, 70 %, 65 %, 60 %, 55 %, 50 %, 45 %, 40 %, 35 %, 30 %, 25 %, 20 %, 15 % o 10 % del ancho lateral del artículo de metal 110).

Se pueden colocar uno o más sensores 124 dentro del aparato de calentamiento 100, tal como dentro de la zona de calentamiento 102 y/o la zona de flotación 104 para medir las características del artículo de metal 110, tal como una temperatura del artículo de metal 110, o las características de la atmósfera dentro del aparato de calentamiento 100. Las mediciones de los sensores 124 se pueden proporcionar a un controlador 126. En algunos casos, el controlador 126 puede usar las mediciones de los sensores 124 para proporcionar un control dinámico a aspectos del aparato de calentamiento 100, como la matriz de imanes giratorios 114 o el bucle de inducción 118 en la zona de calentamiento 102, y/o las boquillas de refrigerante 122 en la zona de flotación 104. El controlador 126 puede usar la forma de realimentación de los sensores 124 para garantizar que la temperatura predeterminada deseada se alcance en la zona de calentamiento 102 y se mantenga en la zona de flotación 104.

En algunos casos, el aparato de calentamiento 100 puede incluir una cámara opcional 120 que contiene una atmósfera inerte. Los puertos de gas 128 pueden suministrar gas inerte o gas mínimamente reactivo a la cámara 120 desde un suministro de gas, manteniendo así una atmósfera inerte que rodea el artículo de metal 110. La cámara 120 se puede extender desde la entrada 106 hasta la salida 108. La cámara 120 puede estar hecha de cualquier material adecuado, tal como un material eléctricamente no conductor y/o aislante térmico. En algunos casos, la cámara 120 se puede hacer de Kevlar® o materiales similares.

La Figura 2 es un diagrama esquemático que representa una vista lateral de un aparato de calentamiento no continuo, sin contacto 200, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El aparato de calentamiento 200 puede incluir una zona combinada de calentamiento y flotación 203. Un artículo de metal 210 (por ejemplo, un planchón de metal o una tira de metal) se puede colocar dentro del aparato de calentamiento 200. La zona de calentamiento y flotación 203 puede tener una abertura en la cual se puede insertar y recuperar el artículo de metal 210, o se puede mover entre una posición abierta y cerrada para permitir que el artículo de metal 210 sea colocado dentro del aparato de calentamiento 200, calentado y homogeneizado, y luego retirado de allí. El aparato de calentamiento no continuo, sin contacto 200 puede permitir el procesamiento por lotes de artículos de metal 210 de una manera no continua.

Dentro de la zona de calentamiento y flotación 203, el artículo de metal 210 se puede levitar y calentar sin entrar en contacto físico con ninguna estructura de soporte dentro de la zona de calentamiento y flotación 203. En algunos casos, el artículo de metal 210 se puede apoyar solo en sus extremos y se puede hacer levitar mediante el uso de imanes giratorios. En la zona de calentamiento y flotación 203, el artículo de metal 210 se puede calentar a una temperatura predeterminada deseada y se puede mantener a la temperatura predeterminada deseada (por ejemplo, en o dentro de 0,5 %, 0,6 %, 0,7 %, 0,8 %, 0,9 %, 2 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 20 % o 25 % de la temperatura predeterminada deseada) durante un tiempo deseado (por ejemplo, tiempo de homogeneización).

La zona de calentamiento y flotación 202 puede contener cualquier dispositivo de calentamiento adecuado, como imanes giratorios y/o bobinas de inducción. Como se muestra en la Figura 2, la zona de calentamiento y flotación 203 incluye una serie de imanes giratorios 214 configurados para calentar el artículo de metal 210 y hacer levitar el artículo de metal 210 dentro de la zona de calentamiento y flotación 203. En algunos casos, se puede colocar una matriz adicional de imanes giratorios configurados para hacer levitar el artículo de metal 210 dentro de la zona de calentamiento y flotación 203. Una matriz de imanes giratorios configurados para calentar el artículo de metal 210 puede incluir imanes dimensionados y posicionados para elevar eficientemente la temperatura del artículo de metal 210, tales como rotores magnéticos que se extienden a través de aproximadamente el ancho total del artículo de metal 210 o más. Una serie de imanes giratorios configurados para hacer levitar el artículo de metal 210 puede incluir imanes dimensionados y posicionados para hacer levitar de manera eficiente el artículo de metal 210 sin proporcionar un calor sustancial al artículo de metal 210, tales como rotores magnéticos que contienen uno o más imanes giratorios que ocupan menos que el ancho completo del artículo de metal 210 (por ejemplo, el o menos de aproximadamente el 95 %, 90 %, 85 %, 80 %, 75 %, 70 %, 65 %, 60 %, 55 %, 50 %, 45 %, 40 %, 35 %, 30 %, 25 %, 20 %, 15 % o 10 % del ancho lateral del artículo de metal 210).

En algunos casos, las boquillas de refrigerante opcionales 222 pueden ubicarse dentro de la zona de calentamiento y flotación 203 para proporcionar un control de temperatura adicional para mantener el artículo de metal 210 a la temperatura predeterminada deseada. Cada una de las boquillas de refrigerante 222 puede tener controles individuales (por ejemplo, válvulas) para controlar la aplicación de refrigerante al artículo de metal 210.

Se pueden colocar uno o más sensores 224 dentro de la zona de calentamiento y flotación 203 para medir las

características del artículo de metal 210, como una temperatura del artículo de metal 210, y/o las características de la atmósfera dentro del aparato de calentamiento 200. Las mediciones de los sensores 224 se pueden proporcionar a un controlador 226. En algunos casos, el controlador 226 puede usar las mediciones de los sensores 224 para proporcionar un control dinámico a aspectos del aparato de calentamiento 200, como la matriz de imanes giratorios 214 u otro dispositivo de calentamiento, o las boquillas de refrigerante 222. El controlador 226 puede usar la forma de retroalimentación de los sensores 224 para garantizar que se alcance y se mantenga la temperatura predeterminada deseada durante un proceso de calentamiento.

En algunos casos, el aparato de calentamiento 200 puede incluir una cámara opcional 220 que contiene una atmósfera inerte. Los puertos de gas 228 pueden suministrar gas inerte o gas mínimamente reactivo a la cámara 220 desde un suministro de gas, manteniendo así una atmósfera inerte que rodea el artículo de metal 210. La cámara 220 puede estar hecha de cualquier material adecuado, tal como un material eléctricamente no conductor y/o aislante térmico. En algunos casos, la cámara 220 se puede hacer de Kevlar® o materiales similares.

La Figura 3 es una combinación de un diagrama esquemático y un gráfico de temperatura 340 que representa un aparato de calentamiento continuo 300 que usa imanes giratorios, de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El gráfico de temperatura 340 está alineado con el aparato de calentamiento 300 para mostrar una temperatura aproximada 342 del artículo de metal 310 a diferentes distancias a lo largo del aparato de calentamiento 300. El círculo punteado es un indicador para una vista en primer plano representada en la Figura 4. El aparato de calentamiento 300 de la Figura 3 puede ser el aparato de calentamiento 100 de la Figura 1. Un artículo de metal 310, tal como una tira de metal o un planchón de metal, puede desplazarse a través del aparato de calentamiento 300 en una dirección corriente abajo 312.

El aparato de calentamiento 300 incluye una zona de calentamiento 302 y una zona de flotación 304. En la zona de calentamiento 302, una matriz de imanes giratorios 314 puede calentar el artículo de metal 310 para elevar una temperatura del artículo de metal 310. La matriz de imanes giratorios 314 incluye seis pares de rotores magnéticos 336 separados longitudinalmente entre sí, y cada par de rotores magnéticos 336 incluye un rotor superior y un rotor inferior opuestos en los lados opuestos del artículo de metal 310. En algunos casos, la matriz de imanes giratorios 314 puede incluir otros números de imanes giratorios (por ejemplo, otros números de rotores) en otras configuraciones y/u orientaciones. El gráfico de temperatura 340 muestra que la temperatura 342 del artículo de metal 310 aumenta a medida que el artículo de metal 310 pasa por cada uno de los pares de rotores magnéticos 336. La temperatura 342 del artículo de metal 310 aumenta desde una temperatura de entrada 346 hasta una temperatura predeterminada deseada 344 dentro de la zona de calentamiento 302.

En la zona de flotación, 304, una matriz de imanes giratorios 316 hace levitar el artículo de metal 310, permitiendo que el artículo de metal 310 se homogeneice a la temperatura predeterminada deseada 344 durante un tiempo deseado. Los dispensadores de refrigerante opcionales (como las boquillas de refrigerante 122 de la Figura 1) se pueden usar para ayudar a mantener la temperatura 342 a la temperatura predeterminada deseada 344, a pesar de los efectos de calentamiento de la matriz de imanes giratorios 316. La matriz de imanes giratorios 316 puede incluir varios rotores 334, tales como 31 rotores 334. Cada rotor 334 puede incluir uno o más imanes giratorios separados lateralmente que ocupan menos del ancho total del artículo de metal 310 (por ejemplo, el o menos de aproximadamente el 95 %, 90 %, 85 %, 80 %, 75 %, 70 %, 65 %, 60 %, 55 %, 50 %, 45 %, 40 %, 35 %, 30 %, 25 %, 20 %, 15 % o 10 % del ancho lateral del artículo de metal 310).

Una cámara para contener una atmósfera inerte se puede definir en parte por una pared superior 330 y una pared inferior 332, así como paredes laterales (no se muestran). Cada una de la pared superior 330 y la pared inferior 332, así como opcionalmente las paredes laterales, pueden estar hechas de un material eléctricamente no conductor y térmicamente aislante. En algunos casos, una parte o la totalidad de una o ambas de la pared superior 330, la pared inferior 332 y las paredes laterales pueden estar hechas de un material conductor y/o magnético o pueden tener un material conductor y/o magnético acoplado a estas. Este material conductor y/o magnético puede ayudar a desviar el flujo magnético (por ejemplo, como un conductor de flujo) desde uno o más rotores magnéticos, como los rotores magnéticos 336 de la zona de calentamiento 302, de una manera deseada. Si no hay paredes, el flujo magnético se puede desviar desde uno o más rotores magnéticos, como los rotores magnéticos 336 de la zona de calentamiento 302, de otra manera.

El artículo de metal 310 puede pasar entre la pared superior 330 y la pared inferior 332 a medida que se desplaza a través del aparato de calentamiento 300. Los rotores 336 de la matriz de imanes giratorios 314 en la zona de calentamiento 302 y los rotores 334 de la matriz de imanes giratorios 316 en la zona de flotación 304 se pueden colocar fuera de la cámara, opuestos a la pared superior 330 y/o la pared inferior 332 desde el artículo de metal 310.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una vista lateral en primer plano que representa una parte 400 del aparato de calentamiento 300 de la Figura 3 de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. La parte 400 de la Figura 4 se identifica mediante un círculo punteado en la Figura 3. Los rotores 336 de la zona de calentamiento se colocan por encima y por debajo del artículo de metal 310 y se posicionan fuera de la cámara 420 formada por la pared superior 330 y la pared inferior 332. Los rotores 334 de la zona de flotación están posicionados únicamente debajo del artículo de metal 310 y colocados fuera de la cámara 420, debajo de la pared inferior 332.

La Figura 5 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente 500 de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El rotor magnético permanente 500 es un ejemplo de un rotor adecuado para ser un rotor de cualquiera de las matrices de imanes giratorios 114, 116 de la Figura 1 o de la matriz de imanes giratorios 214 de la Figura 2. El rotor magnético 500 puede incluir una o más fuentes magnéticas 550. Como se ve en la Figura 5, el rotor magnético 500 incluye ocho fuentes magnéticas 550 que son imanes permanentes. Los imanes pueden estar dispuestos en cualquier orientación adecuada. Las fuentes magnéticas 550 se pueden disponer de modo que los imanes permanentes adyacentes proporcionen diferentes polos orientados radialmente hacia afuera (por ejemplo, alternando N, S, N, S, N, S, N, S). Se puede usar cualquier imán permanente adecuado, como samario-cobalto, neodimio u otros imanes. En algunos casos, los imanes de samario-cobalto pueden ser más preferibles que los imanes de neodimio, ya que los imanes de samario-cobalto pueden disminuir la intensidad del campo magnético más lentamente a temperaturas más altas. Sin embargo, en algunos casos, los imanes de neodimio pueden ser más preferibles que los imanes de samario-cobalto, ya que los imanes de neodimio tienen una mayor intensidad de campo a temperaturas más bajas.

Las fuentes magnéticas 550 pueden estar encerradas por una cubierta 552. La cubierta 552 puede ser cualquier material adecuado capaz de permitir que el flujo magnético pase a través de ella. En algunos casos, la cubierta 552 puede estar hecha o puede incluir además un recubrimiento no metálico. En algunos casos, la cubierta 552 puede incluir un recubrimiento de Kevlar®.

En algunos casos, el rotor magnético 500 puede incluir un núcleo ferromagnético 554 que tiene un eje central 556. El rotor magnético 500 puede incluir otras disposiciones internas adecuadas para soportar las fuentes magnéticas 550. Se puede usar cualquier número adecuado de fuentes magnéticas 550, sin embargo, se ha descubierto que se pueden lograr resultados eficientes con un número par de fuentes magnéticas 550, como seis u ocho fuentes magnéticas 550.

Las fuentes magnéticas 550 se pueden dimensionar para cubrir cualquier porcentaje de la circunferencia del rotor magnético 500. Se pueden lograr resultados eficientes con fuentes magnéticas 550 dimensionadas para ocupar aproximadamente el 40 %-95 %, 50 %-90 %, o 70 %-80 % de la circunferencia del rotor magnético 500.

El rotor magnético 500 se puede formar en cualquier tamaño adecuado, sin embargo, se ha descubierto que se pueden lograr resultados eficientes con un rotor que tenga 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 espesor de cada fuente magnética 550 puede ser cualquier espesor adecuado capaz de encajar dentro del rotor magnético 500, sin embargo, se ha descubierto que se pueden lograr resultados eficientes con espesores de imán permanentes de al menos 15 mm, 15-100 mm, 15-40 mm, 20-40 mm, 25-35 mm, 30 mm o 50 mm. Se pueden utilizar otros espesores.

A través de la prueba y la 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 solo rotor, aunque se pueden usar otros números de imanes. Cuando se usan demasiados imanes, la potencia de calentamiento puede disminuir. En algunos casos, se puede seleccionar el número de imanes para minimizar el costo de instalación y/o mantenimiento (por ejemplo, la cantidad de imanes que se deben comprar). En algunos casos, se puede seleccionar el número de imanes para minimizar las fluctuaciones de tensión que se producen 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 la prueba y la 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, el 50 %-90 % o el 70 %-80 % de la circunferencia del rotor. A través de la prueba y la experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente cuando el diámetro del rotor es grande, por ejemplo, de o mayor de 200, 300, 400, 500 o 600 mm. Además, el uso de rotores más grandes puede ayudar a minimizar los costos de los imanes. A través de la prueba y la experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente cuando el diámetro del rotor es grande, por ejemplo, de o mayor de 200, 300, 400, 500 o 600 mm. Además, el uso de rotores más grandes puede ayudar a minimizar los costos de los imanes. En algunos casos, los rotores más pequeños (por ejemplo, de 600, 500, 400, 300 o 200 mm de diámetro) pueden ser especialmente adecuados para hacer levitar el artículo de metal, mientras que los rotores más grandes pueden ser especialmente adecuados para calentar el artículo de metal.

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, los aumentos adicionales en la velocidad impactarán negativamente en la eficiencia de calentamiento debido a las características inherentes de inductancia y resistividad de la tira de metal. Se ha determinado que a o aproximadamente a 1800 revoluciones por minuto (por ejemplo, dentro de 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 los motores de rotor a la frecuencia de 60 Hz que se encuentra en la alimentación de red en diversos lugares. En algunos casos, se pueden seleccionar otras frecuencias en función del motor del rotor utilizado y/o la alimentación 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 constante del rotor y utilizar el control de separación vertical y otros controles para ajustar la cantidad de energía térmica aplicada a la tira de metal.

A través de la prueba y la experimentación, se ha determinado que se puede obtener una potencia de calentamiento altamente eficiente cuando los espesores de los imanes permanentes en el rotor están entre 15-40 mm, 20-40 mm, o 25-35 mm, o aproximadamente 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 mismo tiempo que mantiene bajos los costos de instalación/mantenimiento de los imanes.

La Figura 6 es una combinación de un diagrama esquemático y un gráfico que representa una matriz de imanes giratorios 600 para el calentamiento magnético y el control de tensión de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. La matriz de imanes giratorios 600 puede incluir múltiples rotores 608, 610 capaces de calentar el artículo de metal 602 así como inducir cambios de tensión en el artículo de metal 602. El calentamiento magnético y el control de tensión como se describe con referencia a la Figura 6 se pueden utilizar con cualquier rotor adecuado, incluidos los rotores para calentamiento y los rotores para levitación. El calentamiento magnético puede ocurrir en la zona de calentamiento de un aparato de calentamiento, tal como el aparato de calentamiento 100 de la Figura 1, y el control de tensión puede ocurrir en cualquier lugar dentro del aparato de calentamiento.

La parte izquierda de la Figura 6 representa rotores 608 posicionados inmediatamente en lados opuestos de un artículo de metal 602. Cuando el artículo de metal 602 entra en el espacio entre el primer par de rotores 608, la tensión inicialmente puede ser relativamente alta, como se ve en la línea de tensión 609 de la Figura 6. Al girar cada uno de los rotores 608 en una dirección corriente arriba, los rotores 608 pueden impartir ajustes de tensión mientras simultáneamente aumentan la temperatura del artículo de metal 602, como se ve en la línea de temperatura 601 de la Figura 6. Cada rotor sucesivo 608 operado en la dirección corriente arriba puede disminuir la tensión de la tira de metal mientras aumenta la temperatura de la tira de metal. Esta técnica puede ser especialmente beneficiosa porque a medida que aumenta la temperatura del artículo de metal 602, la tensión y/o el contacto físico excesivos pueden ser no deseados y pueden causar defectos en el artículo de metal 602. El uso de un rotor magnético 608 para aumentar la temperatura y disminuir la tensión en el artículo de metal 602 se puede lograr sin que haya contacto físico entre el artículo de metal 602 y el rotor 608.

La parte derecha de la Figura 6 muestra los rotores 610 en funcionamiento para aumentar la tensión al mismo tiempo que proporcionan calentamiento. A medida que el artículo de metal 602 pasa a través de los espacios de los rotores 610, la tensión inicialmente puede ser relativamente baja y puede aumentar. Por lo tanto, un rotor magnético 610 como se describe en la presente puede ser especialmente útil tanto para aumentar la temperatura del artículo de metal 602 como para aumentar la tensión en el artículo de metal 602 sin necesidad de que entre en contacto con el artículo de metal 602. Al girar los rotores magnéticos 610 en una dirección corriente abajo, los rotores 610 pueden aumentar la tensión en el artículo de metal 602 al mismo tiempo que aumentan la temperatura del artículo de metal 602.

Cuando se utilizan rotores de levitación en lugar de rotores de calentamiento, los rotores de levitación pueden aumentar o disminuir la tensión sin proporcionar un calentamiento significativo al artículo de metal.

La Figura 7 es un diagrama esquemático que representa un sistema de colada continua parcialmente desacoplado 700 que usa un aparato de calentamiento 717 de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. Un aparato de calentamiento 717, tal como el aparato de calentamiento 100 de la Figura 1, puede ser especialmente útil en un sistema de colada continua total o parcialmente desacoplado.

El sistema de colada continua parcialmente desacoplado 700 incluye un dispositivo de colada continua, como una máquina de colada continua de doble correa 708, aunque se pueden usar otros dispositivos de colada continua, como las máquinas de colada continua de rodillos gemelos. La máquina de colada continua de correa 708 incluye correas opuestas capaces de extraer el calor del metal líquido 736 a una velocidad de enfriamiento suficiente para solidificar el metal líquido 736, que una vez que está sólido, sale de la máquina de colada continua de correa 708 como un artículo de metal 710. El espesor del artículo de metal 710 cuando sale de la máquina de colada continua de correa 708 puede ser de aproximadamente 16 mm, aunque se pueden usar otros espesores. La máquina de colada continua de correa 708 puede operar a una velocidad de colada continua deseada. Las correas opuestas pueden estar hechas de cualquier material adecuado, sin embargo, en algunos casos las correas están hechas de cobre o aluminio. Los sistemas de enfriamiento dentro de la máquina de colada continua de correa 708 pueden extraer suficiente calor del metal líquido 736, de manera que el artículo de metal 710 que sale de la máquina de colada continua de correa 708 tiene una temperatura entre 200°C y 530°C, aunque se pueden usar otros intervalos.

En algunos casos, un aparato de calentamiento 717 (por ejemplo, un aparato de calentamiento 100 de la Figura 1) se puede colocar corriente abajo de la máquina de colada continua de correa 708 cerca de la salida de la máquina de colada continua de correa 708. En algunos casos, se puede colocar un rodillo transportador opcional 715 entre la máquina de colada continua de correa 708 y el aparato de calentamiento 717. El aparato de calentamiento 717 puede aumentar la temperatura del artículo de metal 710 a una temperatura predeterminada deseada, que puede ser de aproximadamente 570 °C (por ejemplo, 500-570 °C, 520-560 °C, o de o aproximadamente 560 °C o 570 °C), y puede

mantener esa temperatura durante un tiempo deseado. El aparato de calentamiento 717 puede ser de longitud suficiente para permitir que el artículo de metal 710 pase a través del aparato de calentamiento 717 en o aproximadamente 1 minuto a 10 minutos, o, con mayor preferencia, en o entre 1 minuto y 7 minutos, mientras se mueve a la velocidad de salida de la máquina de colada continua 708.

5 En algunos casos, una caja de laminación en caliente 784 se puede posicionar opcionalmente corriente abajo del aparato de calentamiento 717 y corriente arriba de un aparato de bobinado. La caja de laminación en caliente 784 puede reducir el espesor del artículo de metal 710 en al menos un 70 %, o con mayor preferencia, entre un 50 % y un 75 %. En algunos casos, se puede utilizar un tren desbastador en lugar de una caja de laminación en caliente 784. Un
10 enfriamiento posterior a la laminación 719 puede reducir la temperatura del artículo de metal 710 después de que sale de la caja de laminación en caliente 784. El enfriamiento posterior a la laminación 719 puede proporcionar características metalúrgicas beneficiosas. En algunos casos, un enfriamiento anterior a la laminación opcional 713 puede reducir la temperatura del artículo de metal 710 entre el aparato de calentamiento 717 y la caja de laminación en caliente 784, lo que puede conferir características metalúrgicas beneficiosas al artículo de metal 710. El
15 enfriamiento anterior a la laminación 713 y/o el enfriamiento posterior a la laminación 719 pueden reducir la temperatura del artículo de metal 710 a una velocidad de aproximadamente 200 °C/s. Antes de bobinarse, el artículo de metal 710 se puede someter a un corte de los bordes mediante una cizalla rebordeadora 721. Durante el bobinado, el artículo de metal 710 se puede bobinar en una bobina intermedia 712 (por ejemplo, una banda caliente) y una cizalla 723 puede dividir el artículo de metal 710 cuando la bobina intermedia 712 ha alcanzado una longitud o un tamaño
20 deseado. Esta bobina intermedia 712 se puede procesar posteriormente en un laminador a la velocidad más conveniente para el laminador. Por lo tanto, la velocidad del laminador y la velocidad de la máquina de colada continua se pueden desacoplar y no necesitan estar limitadas entre sí.

25 En otros casos, sin embargo, el artículo de metal 710 se puede procesar adicionalmente sin bobinarse primero en una bobina intermedia 712.

Las Figuras 8 a 11 son diagramas esquemáticos de vista lateral que representan un procedimiento de carga o enhebrado.

30 La Figura 8 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento 800 en una configuración abierta antes de enhebrar un artículo de metal de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El aparato de calentamiento 800 puede ser similar al aparato de calentamiento 300 de la Figura 3. El aparato de calentamiento 800 puede incluir una matriz de imanes giratorios 814 en una zona de calentamiento y una matriz de imanes giratorios 816 en una zona de flotación. Cuando está en la posición abierta, una pared superior 830 de la cámara para la atmósfera
35 inerte se puede levantar alejándola de la pared inferior 832. Los rotores superiores 836 de la matriz de imanes giratorios 814 se pueden elevar junto con la pared superior 830. En algunos casos, en lugar de levantar la pared superior 830 y los rotores 836, la pared superior 830 y los rotores 836 se pueden alejar de la pared inferior 832. El enhebrado del artículo de metal puede comenzar cuando el artículo de metal se inserta desde el extremo corriente arriba del aparato de calentamiento 800 mientras que los imanes giratorios de las matrices de imanes giratorios 814, 816 giran para enhebrar el artículo de metal mientras hacen levitar el artículo de metal.

La Figura 9 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento 900 en una configuración abierta mientras un artículo de metal 910 se está enhebrando en el aparato de calentamiento 900 de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El aparato de calentamiento 900 puede ser un aparato de calentamiento 800 de la Figura 8 mientras se está enhebrando un artículo de metal 810. El enhebrado del artículo de metal 910 ocurre
45 cuando el artículo de metal 910 se inserta desde el extremo corriente arriba del aparato de calentamiento 900 mientras que los imanes giratorios de las matrices de los imanes giratorios 914, 916 giran, y de esta manera, enhebran el artículo de metal 910 mientras hacen levitar el artículo de metal 910.

50 La Figura 10 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento 1000 en una configuración abierta después de que un artículo de metal 1010 se ha enhebrado en el aparato de calentamiento 1000 de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El aparato de calentamiento 1000 puede ser un aparato de calentamiento 800 de la Figura 8 cuando el artículo de metal 1010 se ha enhebrado, pero antes de colocar el aparato de calentamiento 800 en la posición cerrada. Después de que el artículo de metal 1010 se haya enhebrado
55 completamente, el artículo de metal 1010 puede continuar levitando mediante las matrices de imanes giratorios 1014, 1016.

La Figura 11 es un diagrama esquemático que representa un aparato de calentamiento 1100 en una configuración cerrada con un artículo de metal 1110 enhebrado en su lugar de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El aparato de calentamiento 1100 puede ser un aparato de calentamiento 800 de la Figura 8 después de
60 que un artículo de metal 1110 se haya enhebrado y el aparato de calentamiento 800 se haya movido a una posición cerrada. Después de que se haya enhebrado el artículo de metal 1110, tal como se representa con respecto a la Figura 10, la pared superior 1130 de la cámara para la atmósfera inerte se puede mover de nuevo a su posición de funcionamiento normal, adyacente a la pared inferior 1132 para formar la cámara. Los rotores superiores 1136 de la matriz de imanes giratorios 1114 se pueden bajar o, de lo contrario, volver a colocar en posición junto con la pared superior 1130. Una vez en la configuración cerrada con un artículo de metal 1110 enhebrado, el aparato de
65

calentamiento 1100 puede funcionar como se describe en la presente.

La Figura 12 es un diagrama de flujo que representa un proceso 1200 para calentar un artículo de metal de acuerdo con ciertos aspectos de la presente divulgación. El proceso 1200 se puede llevar a cabo mediante el uso de los aparatos de calentamiento descritos en la presente, tales como el aparato de calentamiento 100 de la Figura 1 o el aparato de calentamiento 200 de la Figura 2.

En el bloque 1202, un artículo de metal se coloca dentro de una zona de calentamiento. En el caso de un aparato de calentamiento no continuo, colocar el artículo de metal en la zona de calentamiento puede incluir insertar el artículo de metal en una abertura permanente o temporal en la zona de calentamiento. En el caso de un aparato de calentamiento continuo, colocar el artículo de metal en la zona de calentamiento puede incluir insertar de manera continua el artículo de metal en una entrada de la zona de calentamiento.

En el bloque 1204, el artículo de metal se calienta en la zona de calentamiento. El calentamiento puede ocurrir rápidamente. El calentamiento puede ocurrir en función de un dispositivo de calentamiento, que puede ser o no controlable dinámicamente a través de la retroalimentación del sensor de temperatura. Los ejemplos de dispositivos de calentamiento adecuados incluyen calentadores por inducción y/o matrices de imanes giratorios. El uso de una matriz de imanes giratorios para calentar el artículo de metal puede tener resultados beneficiosos.

En el bloque 1206, el artículo de metal se hace levitar en una zona de flotación mediante el uso de una matriz de imanes giratorios. En el caso de un aparato de calentamiento no continuo, la zona de flotación puede ser la misma que la zona de calentamiento y, por lo tanto, puede ocupar el mismo espacio. En tales casos, parte o toda la matriz de imanes giratorios utilizados para la levitación también pueden proporcionar calor como el dispositivo de calentamiento del bloque 1204. En el caso de un aparato de calentamiento continuo, la zona de flotación se puede ubicar inmediatamente después de la zona de calentamiento y el artículo de metal se puede dirigir hacia la zona de flotación desde la zona de calentamiento.

En el bloque 1208, la temperatura predeterminada se mantiene durante un tiempo deseado en la zona de flotación. En el caso de un aparato de calentamiento no continuo, la duración se puede establecer por tiempo u otras técnicas similares. En el caso de un aparato de calentamiento continuo, la duración se puede establecer mediante una combinación de la velocidad de desplazamiento del artículo de metal y la longitud de la zona de flotación.

En el bloque 1210, el artículo de metal se enhebra en una cámara (por ejemplo, una cámara llena de gas o una cámara llena de gas inerte). Enhebrar el artículo de metal incluye separar una pared superior y una pared inferior de la cámara, insertar el artículo de metal entre estas y volver a colocar la pared superior y la pared inferior en posición para formar la cámara.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la presente invención sin que, al mismo tiempo, constituyan una limitación de esta. Por el contrario, debe entenderse claramente que se puede recurrir a diversos ejemplos, modificaciones y equivalentes de esta que, después de leer la descripción de la presente, les pueden surgir a los expertos en la materia sin apartarse del espíritu de la invención. Durante los estudios descritos en los siguientes ejemplos, se siguieron los procedimientos convencionales, a menos que se indique lo contrario. Algunos de los procedimientos se describen a continuación con fines ilustrativos.

En una primera prueba de ejemplo, se envió una tira de 1 mm de espesor de aluminio de la serie 6xxx a través de una matriz de imanes giratorios para el calentamiento, incluidos cuatro rotores dispuestos en dos pares de rotores opuestos separados longitudinalmente (por ejemplo, rotores colocados por encima y por debajo de la tira de metal). La tira de metal se pasó a través de la matriz de imanes giratorios a una velocidad de 60 m/min. La tira entró en la matriz de imanes giratorios a aproximadamente 30 °C y salió a aproximadamente 170 °C. La matriz de imanes giratorios funcionó con una eficiencia de aproximadamente 75 % a aproximadamente 80 % y ocupó menos de 1 metro de espacio longitudinal. En comparación, un aparato de calentamiento similar en una línea de procesamiento CASH estándar ocuparía más de 5 metros y podría funcionar con aproximadamente el 50 % de eficiencia, si se calienta mediante calentamiento por inducción. La matriz de imanes giratorios de la primera prueba de ejemplo puede ser adecuada para su implementación como parte de una zona de calentamiento de un aparato de calentamiento como se describe en la presente.

En una segunda prueba de ejemplo, se pasó un planchón de aluminio de 16 mm de espesor a través de un aparato de calentamiento sin contacto a 10 m/min. El aparato de calentamiento incluía una zona de calentamiento de 3 o 4 metros de largo, seguida de una zona de flotación de aproximadamente 30 metros. La zona de calentamiento incluía seis pares de rotores opuestos separados longitudinalmente, capaces de impartir un aumento de temperatura de 80 °C en el planchón de metal. La temperatura predeterminada deseada se alcanzó en la zona de calentamiento y se mantuvo durante 30 minutos en la zona de flotación, todo dentro de un aparato de calentamiento de aproximadamente 33 a aproximadamente 34 metros de longitud. La zona de flotación incluía 31 rotores separados longitudinalmente colocados únicamente debajo del planchón de metal. Cada uno de los rotores contenía seis o siete imanes giratorios separados lateralmente, con rotores secuenciales que tienen imanes giratorios desplazados entre sí, formando una serie escalonada de imanes giratorios dentro de la zona de flotación. Se utilizaron dispositivos de enfriamiento

auxiliares (por ejemplo, dispensadores de refrigerante) en la zona de flotación para mantener la temperatura del planchón de metal dentro de los 5 °C de la temperatura predeterminada.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100), que comprende:
una zona de calentamiento (302) para aceptar un artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110), en donde la zona de
5 calentamiento (302) comprende al menos un dispositivo de calentamiento para aumentar una temperatura del artículo
de metal (310; 810; 910; 1010; 1110); y
una zona de flotación (304) acoplada a la zona de calentamiento (302) para mantener la temperatura del artículo de
metal (310; 810; 910; 1010; 1110), en donde la zona de flotación (304) comprende una matriz de dispositivos de
flotación para hacer levitar el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110), en donde al menos uno del al menos un
10 dispositivo de calentamiento y la matriz de los dispositivos de flotación comprenden una matriz (314, 316; 814, 816;
914, 916; 1014, 1016; 1114, 1116) de rotores magnéticos (334, 336) colocados adyacentes al artículo de metal (310;
810; 910; 1010; 1110);
comprendiendo además el aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) una cámara (420) que comprende
una pared superior (330; 830; 1130) y una pared inferior (332; 832; 1132), en donde el artículo de metal (310; 810;
15 910; 1010; 1110) se coloca dentro de la cámara (420) en al menos una de la zona de flotación (304) y la zona de
calentamiento (302),
caracterizado por que el aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) se adapta para ajustarse entre una
configuración abierta y una configuración cerrada, por lo que, en la configuración abierta, la pared superior (330; 830;
1130) se separa de la pared inferior (332; 832; 1132) en una distancia mayor que en la configuración cerrada para
20 facilitar el enhebrado del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) en la al menos una de la zona de flotación
(304) y la zona de calentamiento (302).
2. El aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) de la reivindicación 1, en donde cada rotor magnético (334,
336) de la matriz (314, 316; 814, 816; 914, 916; 1014, 1016; 1114, 1116) de rotores magnéticos comprende al menos
25 un imán permanente (550).
3. El aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) de la reivindicación 1, en donde la zona de calentamiento
(302) y la zona de flotación (304) se superponen entre sí, en donde tanto el al menos un dispositivo de calentamiento
como la matriz de dispositivos de flotación comprenden preferentemente la matriz (314, 316; 814, 816; 914, 916; 1014,
30 1016; 1114, 1116) de rotores magnéticos (334, 336).
4. El aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) de la reivindicación 1, en donde la zona de flotación (304)
está ubicada inmediatamente después de la zona de calentamiento (302) en una dirección corriente abajo, en donde
la zona de calentamiento (302) incluye una entrada para aceptar de manera continua el artículo de metal (310; 810;
35 910; 1010; 1110), y en donde la zona de flotación (304) incluye una salida para que el artículo de metal (310; 810;
910; 1010; 1110) salga de manera continua, o
en donde el al menos un dispositivo de calentamiento comprende la matriz (314; 814; 914; 1014; 1114) de rotores
magnéticos (336).
5. El aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) de la reivindicación 1, en donde la matriz de dispositivos
de flotación comprende la matriz (316; 816; 916; 1016; 1116) de rotores magnéticos (334), en donde la matriz (316;
816; 916; 1016; 1116) de rotores magnéticos (334) comprende preferentemente una pluralidad de rotores que
comprenden una pluralidad de imanes separados lateralmente.
6. El aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) de la reivindicación 1, que comprende además al menos
45 uno de:
(1) una o más boquillas de enfriamiento acopladas a una fuente de fluido refrigerante y posicionadas para dispensar
el fluido refrigerante sobre el artículo de metal; y
50 (2) una o más boquillas de calentamiento para calentar el artículo de metal.
7. El aparato de calentamiento (300; 800; 900; 1000; 1100) de la reivindicación 1, en donde la matriz (314, 316; 814,
816; 914, 916; 1014, 1016; 1114, 1116) de rotores magnéticos (334, 336) gira alrededor de un eje de rotación que es
paralelo a un ancho lateral del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) y perpendicular a una dirección corriente
55 abajo (312).
8. El aparato de calentamiento (300) de la reivindicación 1, en donde la cámara (420) comprende uno o más puertos
que conectan la cámara (420) a un suministro de gas inerte.
9. Un método (1200) que comprende
60 colocar (1202) un artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) en una zona de calentamiento (302) de un aparato
de calentamiento (300);
calentar (1204) el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) a una temperatura predeterminada en la zona de
65 calentamiento (302);
hacer levitar (1206) el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) en una zona de flotación (304), en donde al

- menos uno de calentar (1204) el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) y hacer levitar (1206) el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) comprende girar al menos un rotor magnético (334, 336) para generar campos magnéticos cambiantes adyacentes al artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110); y
- 5 mantener (1208) la temperatura predeterminada durante un tiempo mientras el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) se hace levitar en la zona de flotación (304); en donde hacer levitar (1206) el artículo de metal comprende hacer levitar el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) dentro de una cámara (420) y generar los campos magnéticos cambiantes a través de la cámara (420),
- 10 en donde el método comprende además enhebrar (1210) el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) en la cámara (420),
caracterizado por que enhebrar (1210) el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) en la cámara (420) comprende:
- 15 separar una pared superior (330; 830; 1130) y una pared inferior (332; 832; 1132) de la cámara (420);
 insertar el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) entre la pared superior (330; 830; 1130) y la pared inferior (332; 832; 1132); y
 reajustar la pared superior (330; 830; 1130) y la pared inferior (332; 832; 1132) juntas.
- 20 10. El método (1200) de la reivindicación 9, en donde cada uno del al menos un rotor magnético (334, 336) comprende uno o más imanes permanentes (550) que giran alrededor de un eje de rotación (556) común, o en donde la zona de calentamiento (302) y la zona de flotación (304) se superponen entre sí, o en donde tanto el calentamiento (1204) del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) como la levitación (1206) del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) comprenden girar el al menos un rotor magnético (334, 336).
- 25 11. El método (1200) de la reivindicación 9, que comprende además dirigir el artículo de metal desde la zona de calentamiento (302) hasta la zona de flotación (304), en donde la zona de flotación (304) está ubicada inmediatamente después de la zona de calentamiento (302) en una dirección corriente abajo (312), en donde colocar el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) en la zona de calentamiento (302) comprende aceptar de manera continua el artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) en la zona de calentamiento (302).
- 30 12. El método (1200) de la reivindicación 9, en donde cada uno del al menos uno de los rotores magnéticos (334, 336) comprende una pluralidad de imanes separados lateralmente que giran alrededor de un eje de rotación común, o: en donde el método (1200) comprende además:
- 35 proporcionar fluido refrigerante al artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) usando una o más boquillas de enfriamiento, en donde el método (1200) comprende preferentemente además:
- 40 medir una temperatura del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) usando un sensor de temperatura; y controlar, en función de la temperatura medida, la zona de calentamiento (302) o la dispensación del fluido refrigerante.
13. El método (1200) de la reivindicación 9, que comprende además:
- 45 proporcionar calor al artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) mediante una o más boquillas de calentamiento; medir una temperatura del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) mediante un sensor de temperatura; y controlar el calor proporcionado al artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) por la una o más boquillas de calentamiento en función de la temperatura medida.
- 50 14. El método (1200) de la reivindicación 9, en donde cada uno del al menos uno de los rotores magnéticos (334, 336) gira alrededor de un eje de rotación que es paralelo a un ancho lateral del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110) y perpendicular a la dirección corriente abajo (312) del artículo de metal (310; 810; 910; 1010; 1110).
- 55 15. El método (1200) de la reivindicación 9, en donde el método comprende además suministrar gas inerte a la cámara (420).

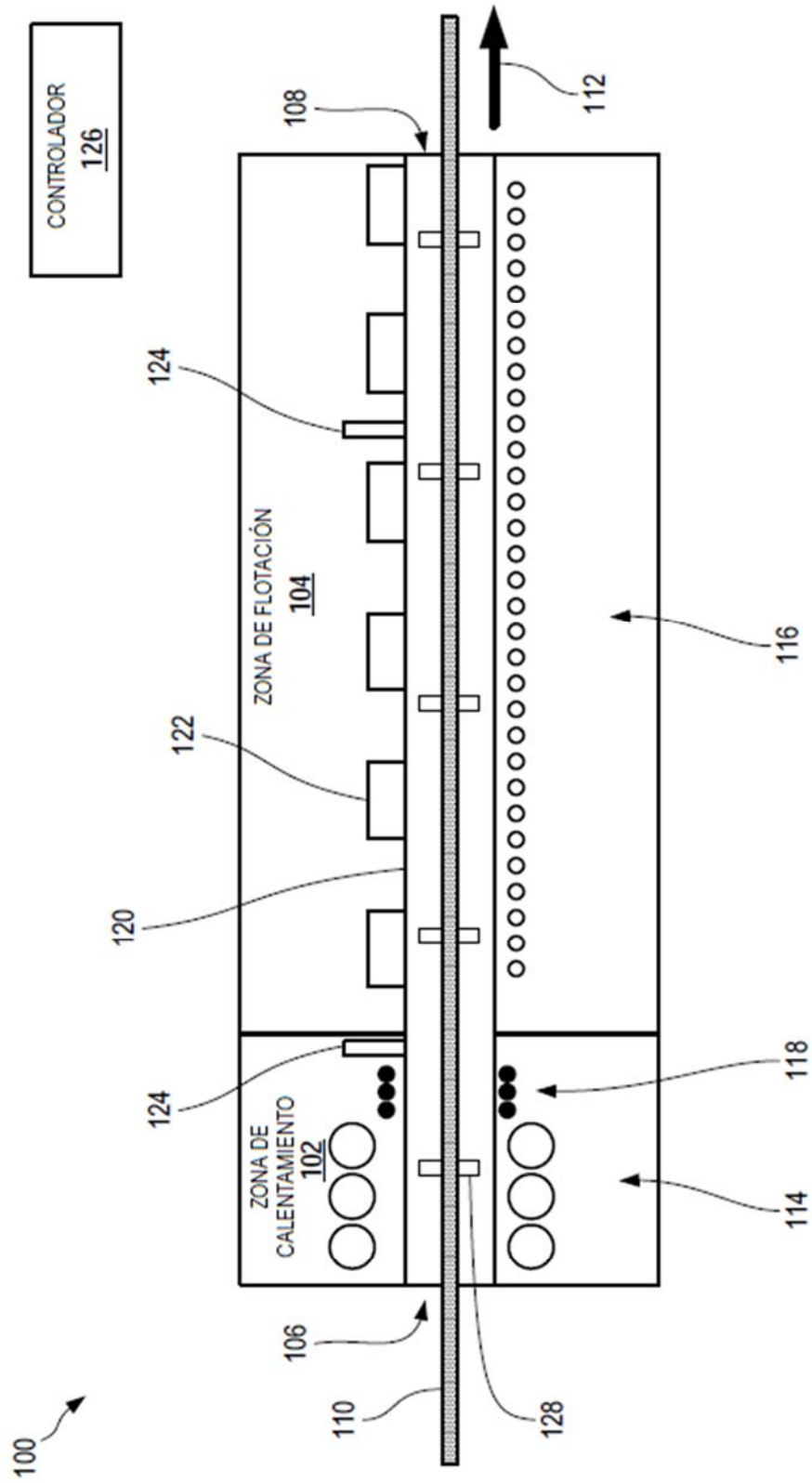


FIG. 1

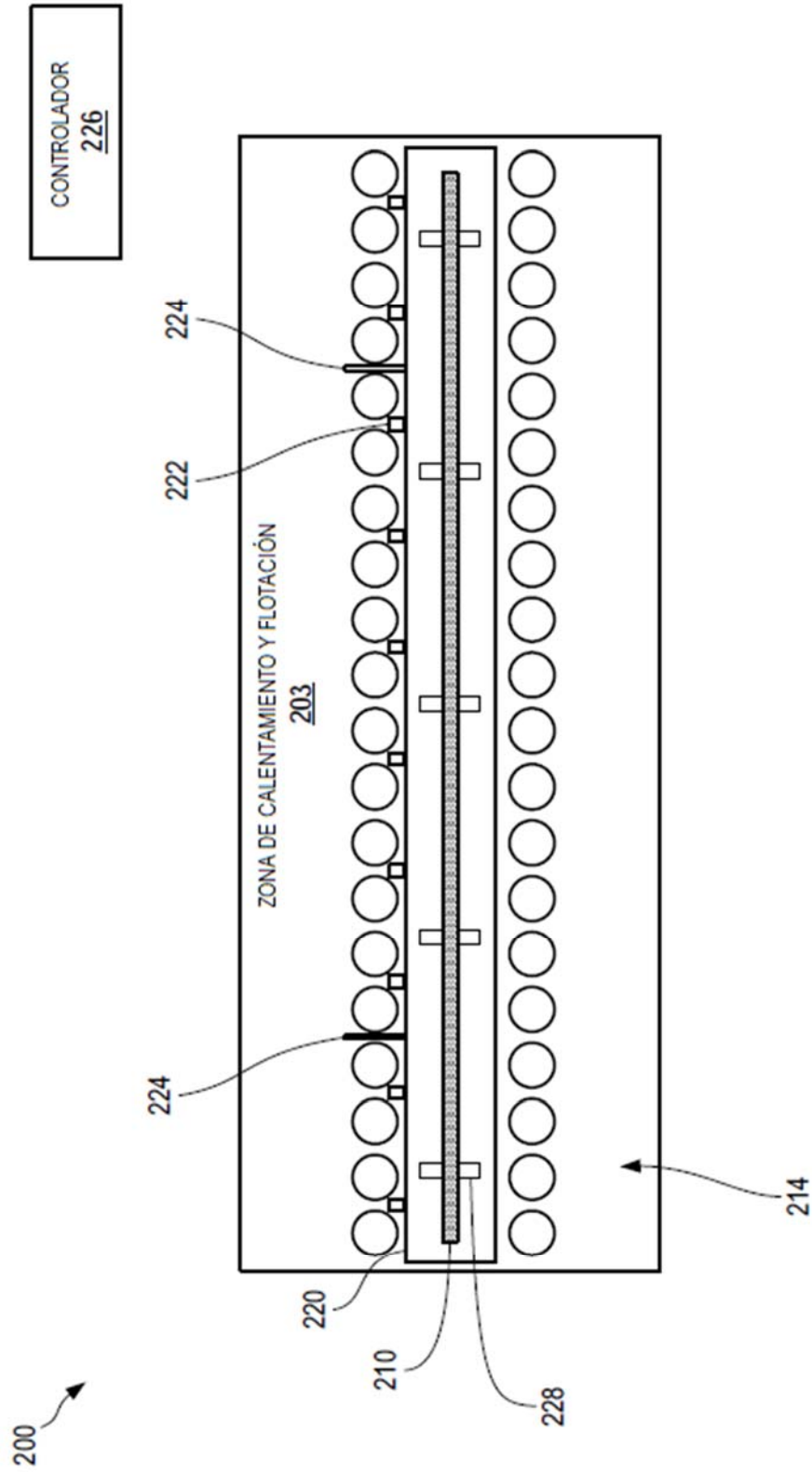


FIG. 2

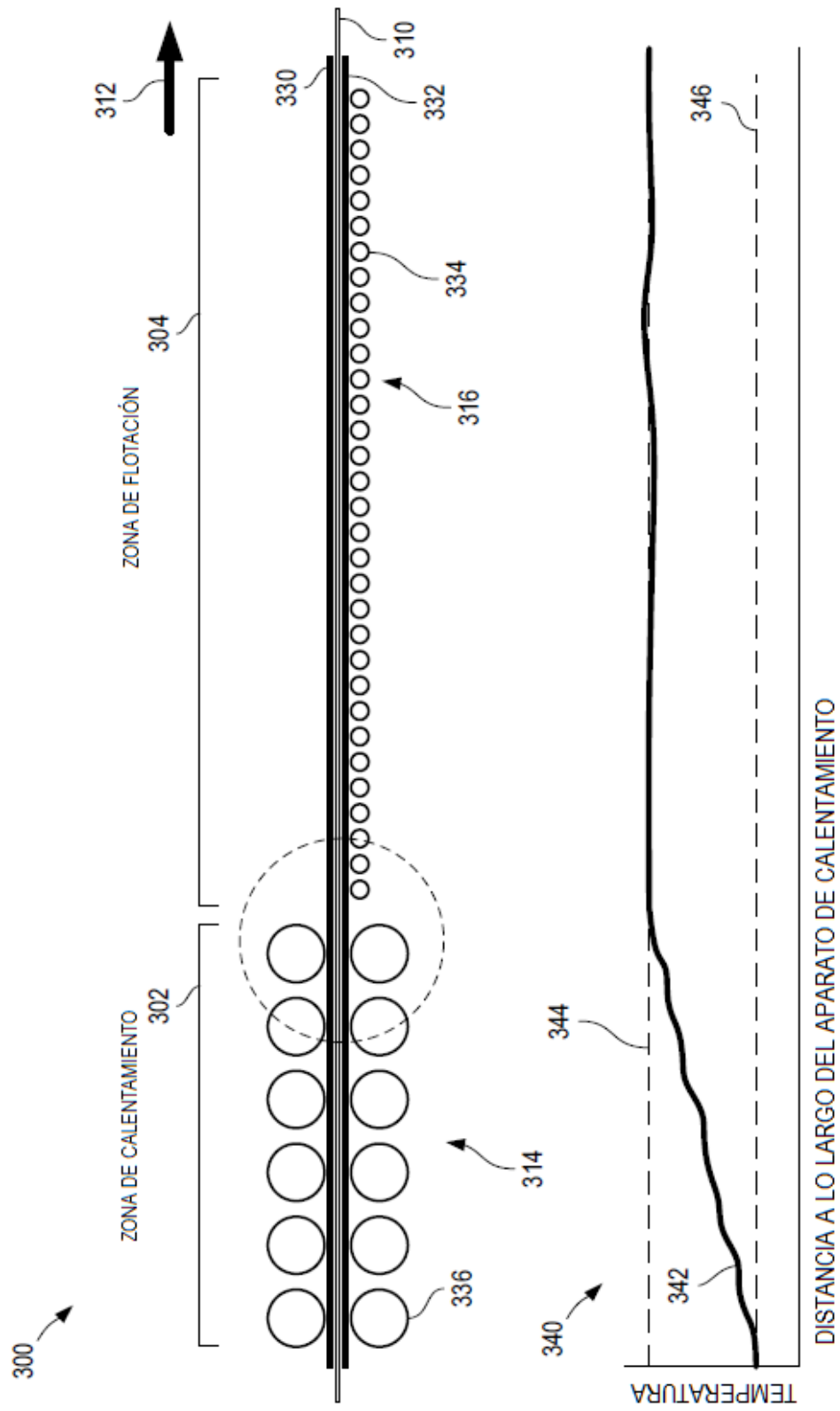


FIG. 3

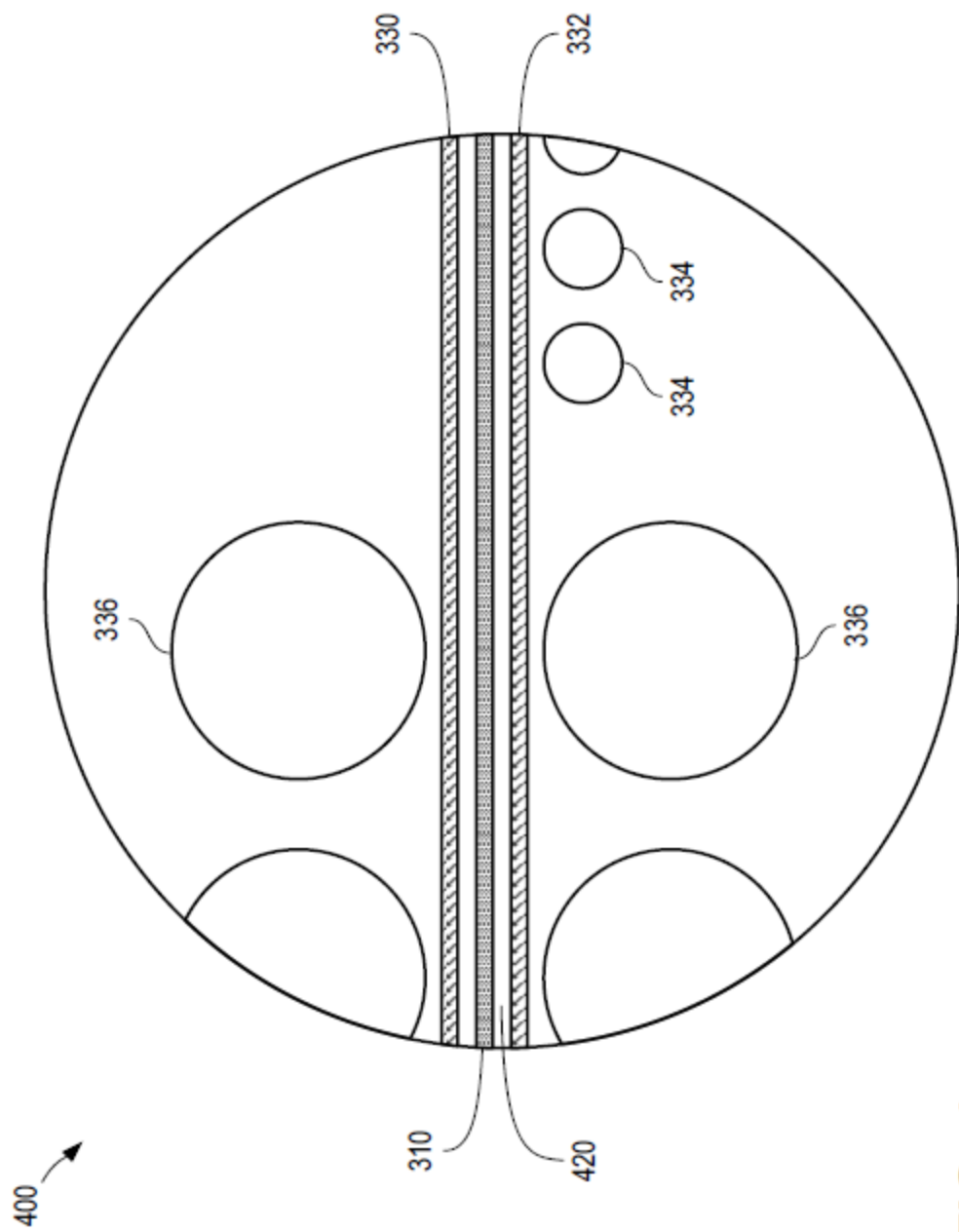


FIG. 4

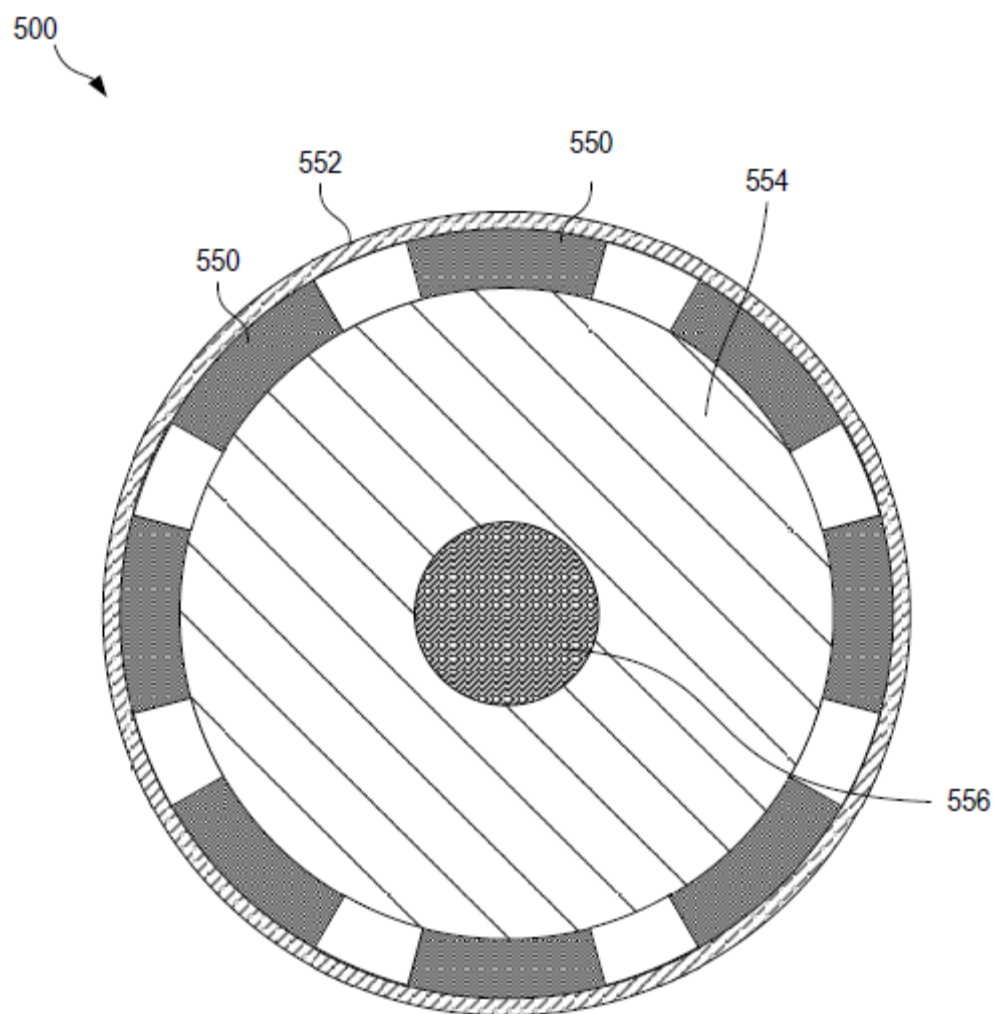


FIG. 5

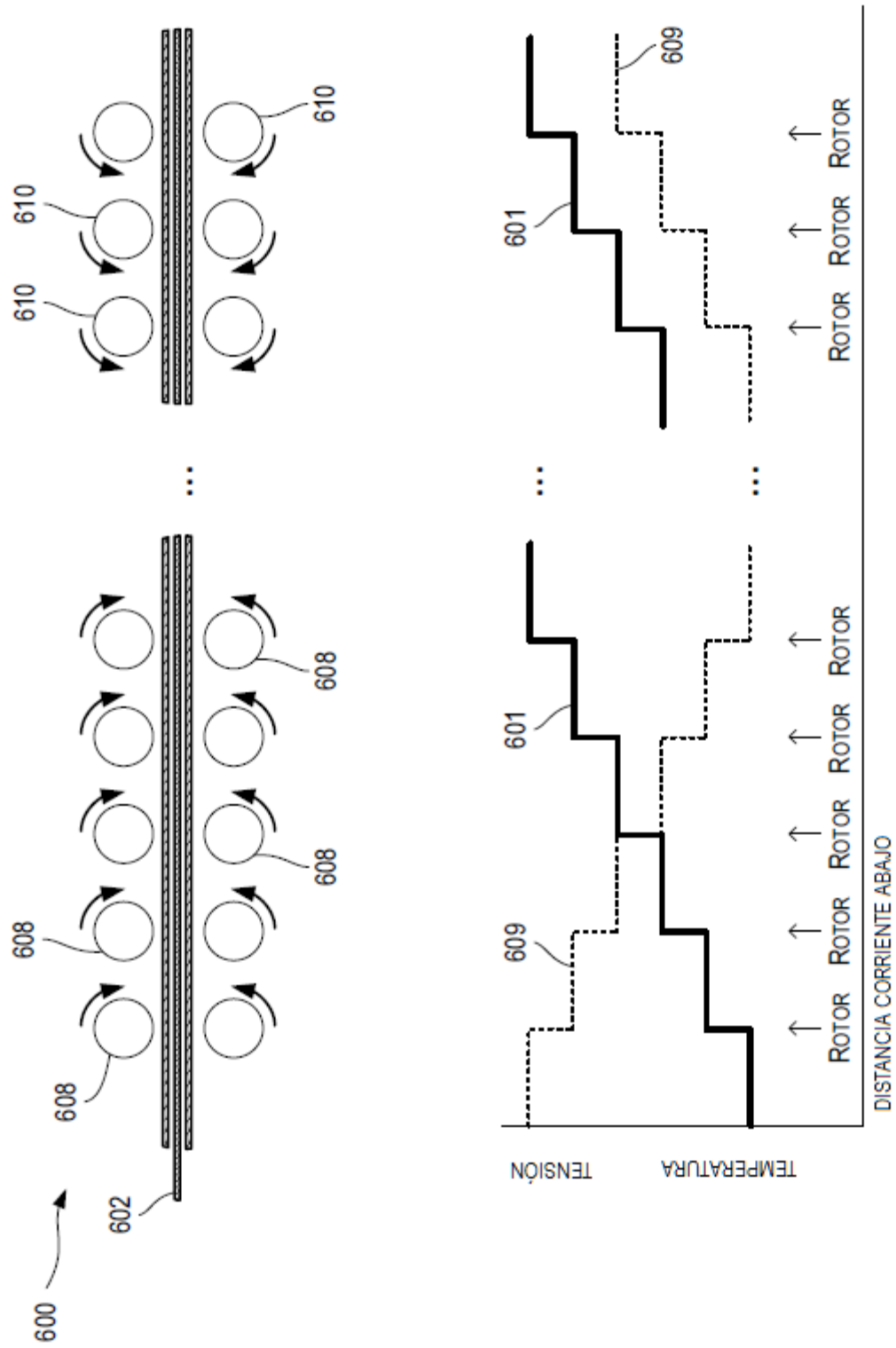


FIG. 6

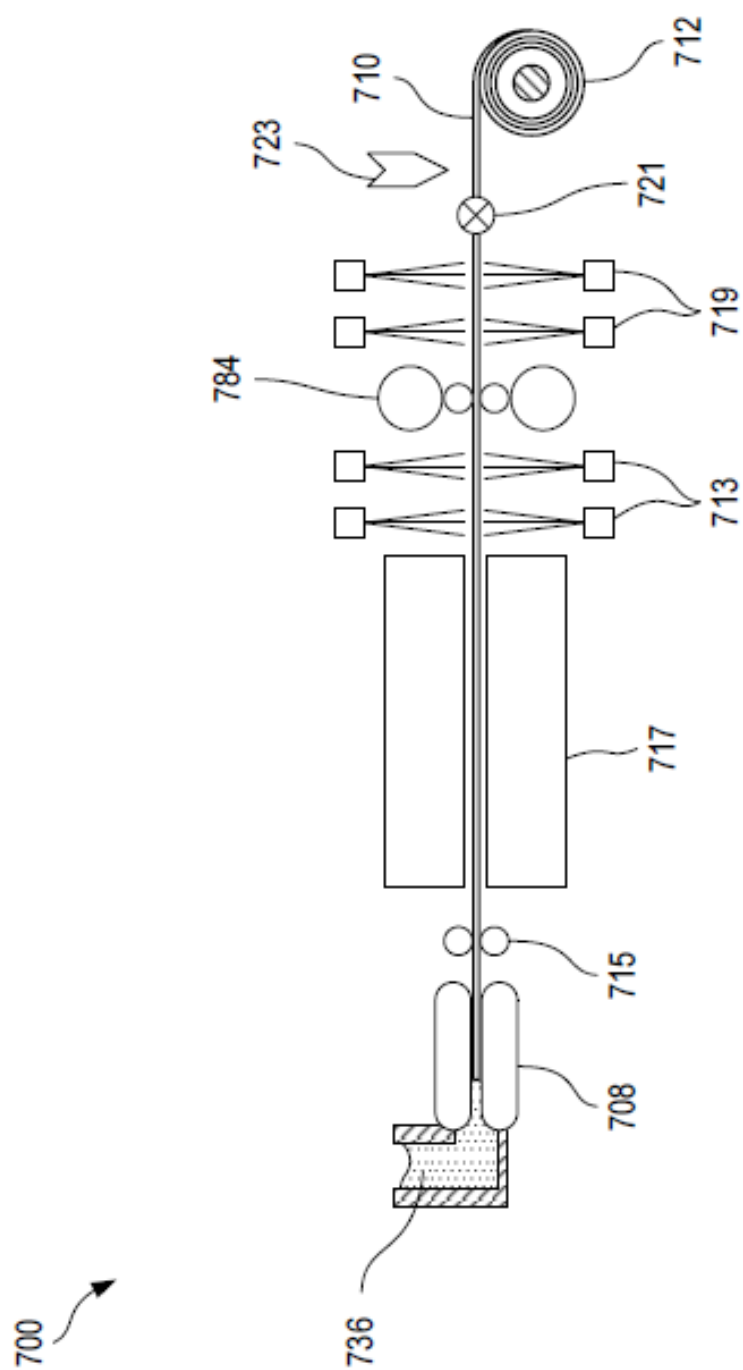
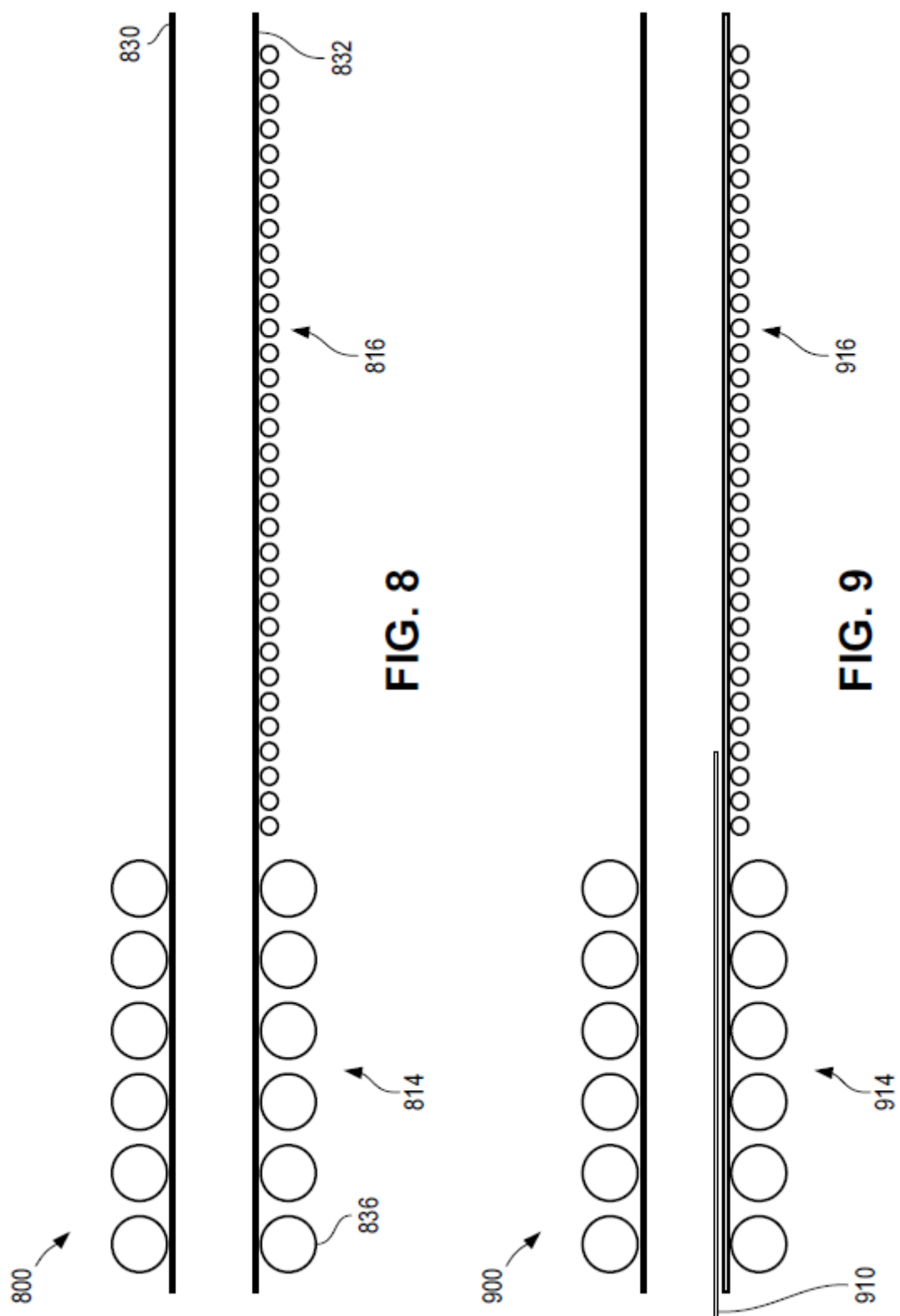
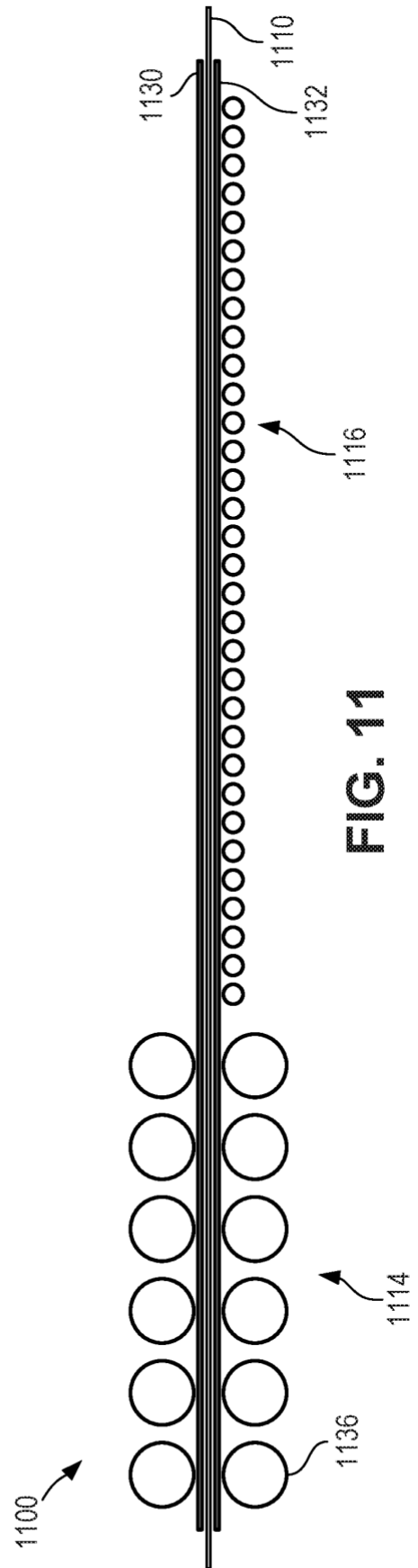
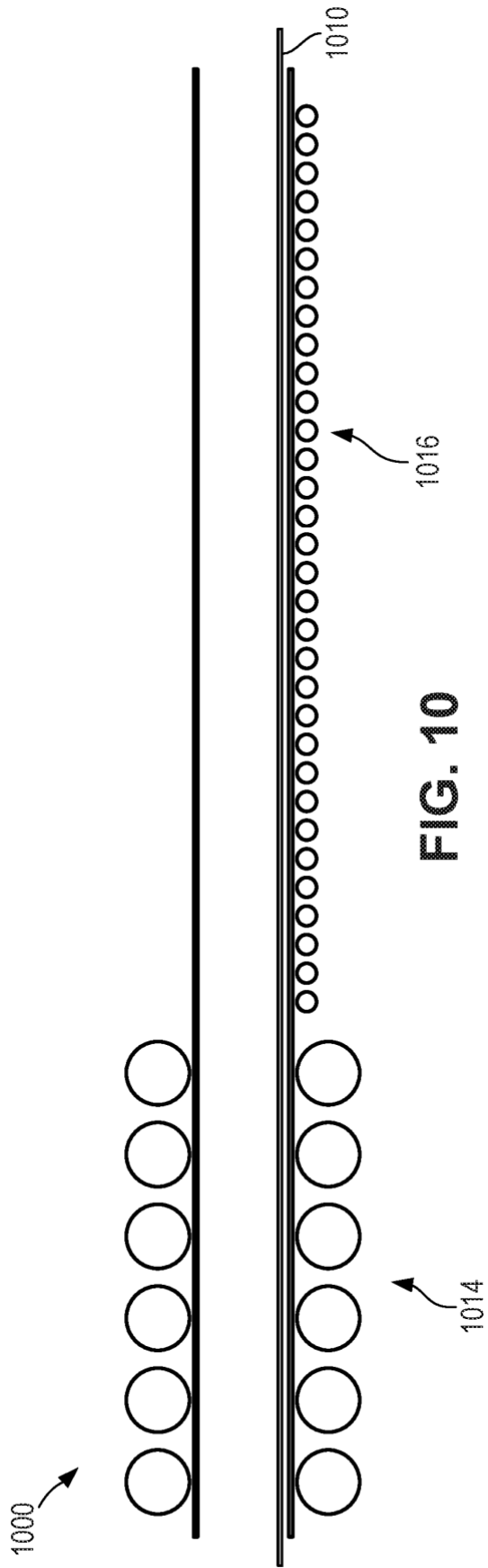


FIG. 7





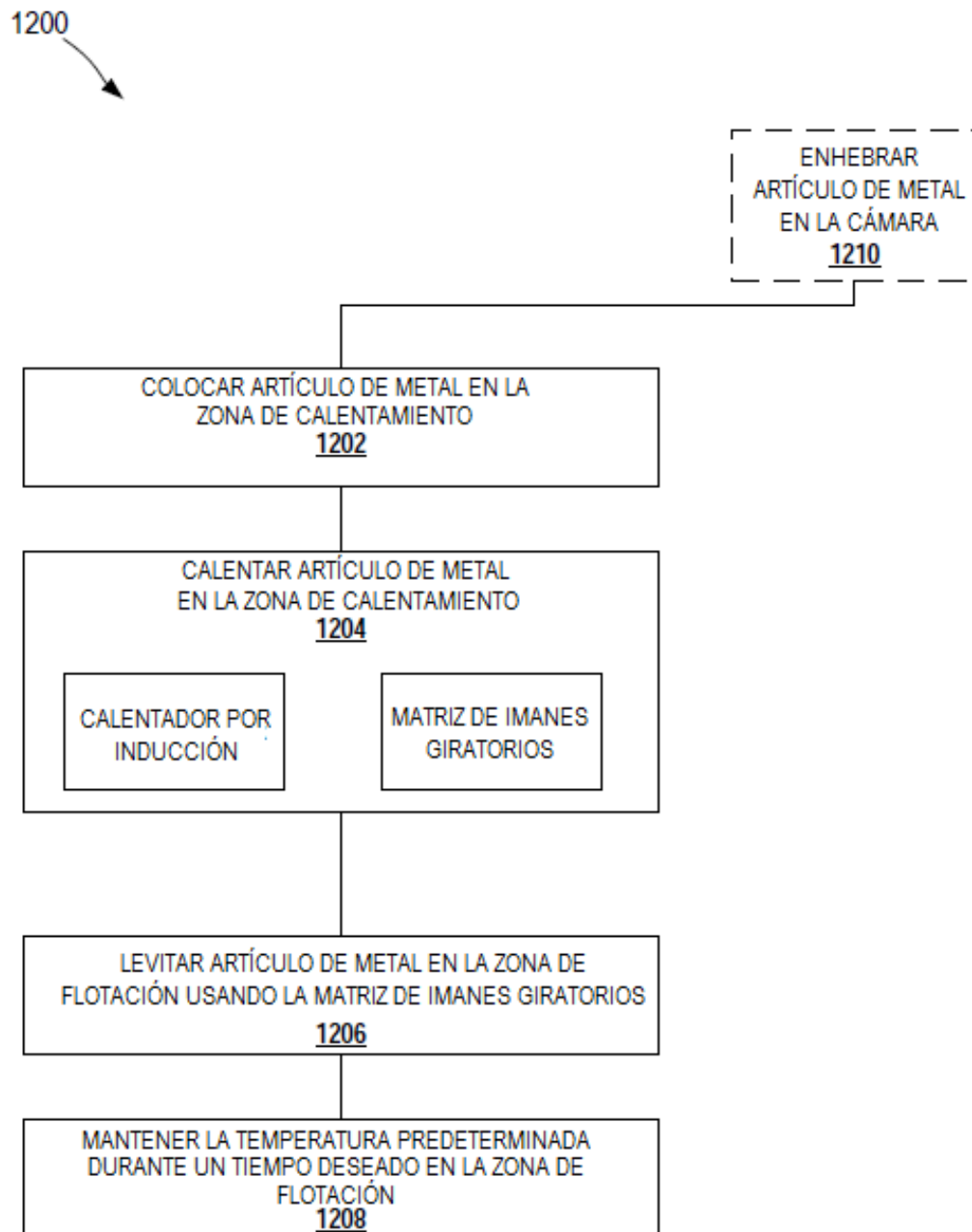


FIG. 12