

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 843 898**

51 Int. Cl.:

H05B 6/06	(2006.01)	C22C 21/06	(2006.01)
H05B 6/10	(2006.01)	C22C 21/10	(2006.01)
C22F 1/04	(2006.01)	C22C 21/12	(2006.01)
B21C 47/00	(2006.01)	C22F 1/02	(2006.01)
B21B 39/02	(2006.01)	F27D 99/00	(2010.01)
B21C 47/18	(2006.01)	F27D 19/00	(2006.01)
B21C 47/34	(2006.01)		
C21D 1/04	(2006.01)		
C21D 1/42	(2006.01)		
C22C 21/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2017 PCT/US2017/053826**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18064228**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2017 E 17791203 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2020 EP 3520568**

54 Título: **Tratamiento térmico en solución de recocido continuo compacto**

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:
20.07.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GAENSBAUER, DAVID ANTHONY;
CUSTERS, DAVID MICHAEL;
KOSMICKI, MICHAEL;
EDDIE, CURTIS y
HOBBIS, ANDREW JAMES

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 843 898 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

Tratamiento térmico en solución de recocido continuo compacto

5 **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 62/400,426 titulada "ROTATING MAGNET HEAT INDUCTION" y depositada el 27 de septiembre de 2016; y la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 62/505, 948 titulada "ROTATING MAGNET HEAT INDUCTION" y depositada el 14 de mayo de 2017.

Además, la presente solicitud está relacionada con la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU. N.º 15/716.887 de Antoine Jean Willy Pralong, et al. titulado "ROTATING MAGNET HEAT INDUCTION" depositada el 27 de septiembre de 2017; La solicitud de patente estadounidense no provisional N.º 15/716.559 de Antoine Jean Willy Pralong, et al. titulada "SYSTEMS AND METHODS FOR NON-CONTACT TENSIONING OF A METAL STRIP" depositada el 27 de septiembre de 2017; Solicitud de patente no provisional de EE.UU. N.º 15/716.577 de David Michael Custers titulada "PRE-AGEING SYSTEMS AND METHODS USING MAGNETIC HEATING" depositada el 27 de septiembre de 2017; La solicitud de patente estadounidense no provisional N.º 15/716.692 de David Anthony Gaensbauer, et al. titulado "MAGNETIC LEVITATION HEATING OF METAL WITH CONTROLLED SURFACE QUALITY" depositada el 27 de septiembre de 2017; y la solicitud de patente no provisional de EE.UU. N.º 15/717.698 de Andrew James Hobbis, et al. titulado "SYSTEMS AND METHODS FOR THREADING A HOT COIL ON MILL" depositada el 27 de septiembre de 2017.

25 **Campo técnico**

La presente descripción se refiere a la metalurgia en general y más específicamente al tratamiento térmico de artículos metálicos, tales como tiras metálicas de aluminio. Incluso más específicamente, la presente invención se refiere a una línea de tratamiento térmico con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento de tratamiento térmico continuo con las características de la parte de preámbulo de la reivindicación 9.

30 **Antecedentes**

Varios metales, como las aleaciones de aluminio, se utilizan ampliamente para diversos fines, como componentes de automoción, componentes estructurales y muchos otros usos. Tradicionalmente, los metales son fundidos con frío directo o fundidos continuamente. A menudo, un lingote, solera o tira de metal se lamina hasta un calibre final que se puede entregar al cliente (por ejemplo, un fabricante de automóviles o una planta de procesamiento de piezas). En algunos casos, es posible que los metales deban someterse a algún tipo de tratamiento térmico para lograr propiedades deseables de temple. Por ejemplo, el recocido puede mejorar la conformabilidad de un artículo metálico y el tratamiento térmico en solución puede mejorar la resistencia del artículo metálico.

El recocido y el tratamiento térmico en solución implican calentar y enfriar el artículo metálico a temperaturas específicas y mantenerlas a esas temperaturas durante períodos de tiempo específicos. El perfil de temperatura-tiempo de un artículo metálico puede afectar en gran medida la resistencia y ductilidad resultantes del artículo metálico. En algunos casos, el tratamiento térmico en solución de las aleaciones de aluminio puede implicar calentar el artículo metálico a alta temperatura hasta que los elementos de aleación precipitados se disuelvan en una solución sólida en el artículo metálico, a continuación enfriar el artículo metálico para bloquear estos elementos en una solución sólida sobresaturada. Después del tratamiento térmico en solución, el metal se puede endurecer a temperatura ambiente (por ejemplo, envejecido naturalmente) durante un tiempo, endurecerse durante un tiempo a una temperatura ligeramente elevada (por ejemplo, envejecido artificialmente o preenvejecido) y/o procesarse adicionalmente (por ejemplo, limpiado, pretratado, revestido o procesado de otro modo).

Para lograr un rendimiento de alto volumen, los artículos metálicos se pueden recocer continuamente y tratar térmicamente en solución en una línea de procesamiento continua. Tradicionalmente, tales líneas de procesamiento continuo ocupan edificios muy grandes y requieren equipos costosos y complicados. Por ejemplo, algunas de estas líneas de tratamiento térmico en solución de recocido continuo requieren pasar una tira de metal a través de numerosas secciones para elevar suficientemente la temperatura de la tira de metal y mantenerla a una temperatura de disolución, que a veces requiere líneas de hasta 800 metros o más. A menudo, se debe mantener baja tensión mientras la tira de metal está a altas temperaturas, para que no se deforme bajo la tensión y la temperatura, por lo que se requiere el uso de aire forzado para mantener la tira de metal debidamente suspendida en las diversas secciones para que la tira de metal no entre en contacto inadvertidamente con ningún equipo o estructura circundante. Si la tira de metal hace

contacto físico con equipos o estructuras, puede dañar el equipo o la estructura, así como dañar la superficie de la tira de metal, requiriendo un apagado y desguace de la tira de metal dañada, así como de cualquier metal afectado en la línea de procesamiento de 800 metros y cualquier metal necesario para iniciar un nuevo recorrido de procesamiento (por ejemplo, otros 800 metros o más). Además, para mantener las temperaturas deseadas, el aire forzado que se usa para suspender la tira de metal también debe calentarse.

La tecnología actual para realizar un tratamiento térmico continuo en una tira de metal implica el uso de equipo sustancial, energía sustancial (por ejemplo, para calentar grandes volúmenes de aire caliente) y espacio sustancial (por ejemplo, para albergar 800 metros o más de equipos y equipos de apoyo). Los documentos US 2006070689 A1 y JP H02 209457 A describen cada uno una línea de tratamiento térmico con las características de la parte del preámbulo de la reivindicación 1 y un procedimiento de tratamiento térmico continuo con las características de la parte del preámbulo de la reivindicación 9. El uso de rotores magnéticos para calentar y/o levitar tiras de metal se conoce de cada uno de los documentos US 3272956 A y JP H04 112485 A, donde en el documento JP H04 112485 A, los rotores magnéticos están configurados para girar alrededor de un eje de rotación perpendicular a la dirección aguas abajo y paralelo a un ancho lateral de la tira de metal. Finalmente, el documento DE 102006054383 A1 enseña a utilizar dispositivos rotativos magnéticos similares que comprenden imanes permanentes que se mueven a lo largo de un bucle cerrado para controlar la tensión longitudinal en una tira de metal.

Resumen

En este contexto, el problema objetivo de la invención es proporcionar una línea de tratamiento térmico y un procedimiento de tratamiento térmico continuo que permitan un calentamiento rápido en la zona de calentamiento minimizando al mismo tiempo calentamiento no deseado en la zona de remojo. Este problema objetivo se resuelve mediante una línea de tratamiento térmico con las características de la reivindicación 1 y un procedimiento de calentamiento continuo con las características de la reivindicación 9. Las realizaciones de la presente descripción cubiertas en esta invención se definen mediante las reivindicaciones siguientes, no este resumen. Este resumen es una descripción general de alto nivel de diversos aspectos de la descripción e introduce algunos de los conceptos que se describen con más detalle en la sección Descripción detallada a continuación. Este resumen no pretende identificar las características claves o esenciales de la materia reivindicada, ni se pretende que se utilice aisladamente para limitar el alcance de la materia reivindicada. La materia objeto debe entenderse como referencia a las partes apropiadas de la memoria descriptiva completa de esta descripción, cualquiera o todos los dibujos y a cada reivindicación.

Los aspectos de la presente descripción incluyen una línea de tratamiento térmico, que comprende: una zona de calentamiento para aceptar una tira de metal que se mueve en una dirección aguas abajo, la zona de calentamiento que comprende una pluralidad de rotores para inducir corrientes parásitas en la tira de metal para calentar la tira de metal a una temperatura máxima del metal, en los que cada uno de la pluralidad de rotores magnéticos gira alrededor de un eje de rotación perpendicular a la dirección aguas abajo y paralelo a la anchura lateral de la tira de metal; una zona de remojo colocada aguas abajo de la zona de calentamiento para aceptar la tira de metal y mantener la temperatura máxima del metal durante un tiempo; y una zona de enfriamiento colocada aguas abajo de la zona de remojo para enfriar rápidamente la tira de metal a partir de la temperatura máxima del metal. En algunos casos, la línea de tratamiento térmico incluye además una zona de recalentamiento después de la zona de enfriamiento para envejecer previamente la tira de metal antes de que se enrolle en una bobina final.

En algunos casos, la pluralidad de rotores magnéticos incluye una pluralidad de pares de rotores magnéticos, donde cada uno de los pares de rotores magnéticos incluye un rotor magnético inferior colocado frente a la tira de metal de un rotor magnético superior. En algunos casos, cada uno de la pluralidad de rotores magnéticos comprende una pluralidad de imanes permanentes colocados para girar alrededor del eje de rotación. La zona de remojo incluye una pluralidad adicional de rotores magnéticos para levitar la tira de metal, donde cada uno de la pluralidad adicional de rotores magnéticos gira alrededor de un eje de rotación perpendicular a la dirección aguas abajo y paralelo a la anchura lateral de la tira de metal. En algunos casos, la zona de remojo comprende además paredes de cámara colocadas entre la tira de metal y la pluralidad adicional de rotores magnéticos, donde las paredes de la cámara definen una cámara para aceptar la tira de metal, donde la cámara es acoplable a un suministro de gas. En algunos casos, las paredes de la cámara no son metálicas. En algunos casos, la zona de remojo comprende además uno o más dispositivos de enfriamiento para compensar los aumentos de temperatura inducidos en la tira de metal por la rotación de la pluralidad adicional de rotores magnéticos. En algunos casos, la línea de tratamiento térmico comprende además un desbobinador colocado aguas arriba de la zona de calentamiento para proporcionar la tira de metal a la zona de calentamiento desde una bobina; un rodillo nivelador situado aguas abajo de la zona de enfriamiento para controlar la planitud de la tira de metal; y una zona de recalentamiento colocada aguas abajo del rodillo nivelador para calentar la tira de metal, donde la zona de recalentamiento incluye uno o más rotores magnéticos adicionales. En algunos casos,

la zona de recalentamiento se coloca después de la zona de enfriamiento para envejecer previamente la tira de metal antes de enrollar la tira de metal en una bobina final. En algunos casos, la línea de tratamiento térmico comprende además una zona de ajuste de tensión para ajustar la tensión en la tira de metal, donde la zona de ajuste de tensión comprende uno o más rotores magnéticos que pueden girar alrededor de un eje de rotación perpendicular a la dirección
 5 aguas abajo y paralelo al ancho lateral de la tira de metal. En algunos casos, la línea de tratamiento térmico comprende además un desbobinador colocado aguas arriba de la zona de calentamiento para proporcionar la tira de metal a la zona de calentamiento desde una bobina de arranque y un rebobinador posicionado aguas abajo de la zona de enfriamiento para recibir la tira de metal después del tratamiento térmico y enrollar la tira de metal hasta formar una bobina final; donde se define una línea de paso entre el desbobinador y el rebobinador a lo largo de la cual la tira de
 10 metal pasa a través de la zona de calentamiento, la zona de remojo y la zona de enfriamiento sin pasar por un acumulador. En algunos casos, la línea de tratamiento térmico comprende además un soldador en movimiento u otro ensamblador colocado aguas arriba de la zona de calentamiento para soldar o unir de otro modo una tira de metal posterior a la tira de metal durante el desplazamiento de la tira de metal.

15 Los aspectos de la presente descripción incluyen un procedimiento de tratamiento térmico continuo, que comprende: pasar una tira de metal adyacente a una pluralidad de rotores magnéticos en una dirección aguas abajo; rotar la pluralidad de rotores magnéticos, donde rotar un rotor magnético incluye rotar el rotor magnético alrededor de un eje de rotación perpendicular en la dirección aguas abajo y paralelo a un ancho lateral de la tira de metal, y donde rotar la pluralidad de rotores magnéticos induce corrientes parásitas en la tira de metal para calentar la tira de metal a una
 20 temperatura máxima del metal; pasar la tira de metal a través de una zona de remojo, donde hacer pasar la tira de metal a través de la zona de remojo comprende mantener la temperatura máxima del metal de la tira de metal durante un tiempo; y enfriar la tira de metal a partir de la temperatura máxima del metal.

En algunos casos, la pluralidad de rotores magnéticos incluye una pluralidad de pares de rotores magnéticos, donde
 25 cada uno de los pares de rotores magnéticos incluye un rotor magnético inferior y un rotor magnético superior separados por un espacio, y donde pasar la tira de metal adyacente a la pluralidad de rotores magnéticos comprende pasar la tira de metal a través de espacios de la pluralidad de pares de rotores magnéticos. La rotación de un rotor magnético de la pluralidad de rotores magnéticos incluye la rotación de una pluralidad de imanes permanentes alrededor del eje de rotación. Hacer pasar la tira de metal a través de la zona de remojo comprende hacer levitar la
 30 tira de metal, y donde levitar la tira de metal comprende hacer girar una pluralidad adicional de rotores magnéticos adyacentes a la tira de metal. En algunos casos, hacer pasar la tira de metal a través de la zona de remojo comprende: pasar la tira de metal a través de una cámara definida por las paredes de la cámara colocadas entre la tira de metal y la pluralidad adicional de rotores magnéticos; y suministrar gas a la cámara desde un suministro de gas. En algunos casos, mantener la temperatura máxima del metal comprende aplicar un fluido refrigerante a la tira de metal para
 35 compensar los aumentos de temperatura inducidos en la tira de metal por la rotación de la pluralidad adicional de rotores magnéticos. En algunos casos, el procedimiento incluye además desenrollar la tira de metal de una bobina de arranque; nivelar la tira de metal después de enfriar la tira de metal; y recalentar la tira de metal después de nivelar la tira de metal, donde recalentar la tira de metal comprende hacer girar uno o más rotores magnéticos adicionales adyacentes a la tira de metal. En algunos casos, el procedimiento comprende además enhebrar la tira de metal, donde
 40 el enhebrado de la tira de metal comprende: rotores magnéticos giratorios en una dirección aguas abajo, donde los rotores magnéticos son seleccionados de entre el grupo que consiste en la pluralidad de rotores magnéticos y un conjunto adicional de rotores magnéticos; pasar un extremo de la tira de metal por los rotores magnéticos; e invertir la rotación de los rotores magnéticos para rotar los rotores magnéticos en una dirección corriente arriba. En algunos casos, el procedimiento comprende además desenrollar la tira de metal de una bobina de arranque antes de pasar la
 45 tira de metal adyacente a la pluralidad de rotores magnéticos; enrollar la tira de metal en una bobina final después de enfriar la tira de metal, donde la tira de metal en la bobina final ha sido tratada térmicamente; y no pasar la tira de metal a través de un acumulador entre el desenrollado de la tira de metal y el enrollado de la tira de metal. En algunos casos, el procedimiento comprende además soldar o unir de otro modo la tira de metal a una tira de metal posterior, donde soldar o unir de otro modo la tira de metal comprende: poner a tope la tira de metal y la tira de metal posterior
 50 en una unión durante el desplazamiento de la tira de metal; pasar un soldador en movimiento u otro ensamblador sobre la unión durante el recorrido de la tira de metal; y soldar/unir la unión durante el recorrido de la tira de metal.

Otros objetivos y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y ejemplos no limitantes de la invención.

55

Breve descripción de los dibujos

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

60

La FIG. 1 es un diagrama esquemático representativo que muestra una línea de procesamiento para tratamiento térmico continuo según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que representa una vista lateral de una línea de procesamiento para tratamiento térmico continuo según ciertos aspectos de la presente descripción.

5 La FIG. 3 es un diagrama esquemático que representa una vista lateral de una línea de procesamiento para tratamiento térmico continuo que tiene un horno de remojo magnético según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 4 es una combinación de diagrama esquemático y un gráfico de temperatura que representa una zona de calentamiento y una zona de remojo de una línea de procesamiento según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 5 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento para el tratamiento térmico continuo de una tira de metal según ciertos aspectos de la presente descripción.

15 La FIG. 7 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento para enhebrar una tira de metal en una línea continua de tratamiento térmico según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 8 es un diagrama de vista lateral esquemático que representa una fase inicial de enhebrado de una tira de metal en una línea continua de tratamiento térmico según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 9 es un diagrama de vista lateral esquemático que representa una fase secundaria de enhebrado de una tira de metal en una línea de tratamiento térmico continuo según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 10 es un diagrama de vista lateral esquemático que representa una tira de metal después de ser enhebrada en una línea continua de tratamiento térmico según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 11 es un diagrama esquemático de una vista superior que representa una tira de metal y una tira de metal posterior durante una fase previa a la soldadura según ciertos aspectos de la presente descripción.

25 La FIG. 12 es un diagrama de vista superior esquemático que representa una tira de metal y una tira de metal posterior durante una fase de soldadura según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 13 es un diagrama esquemático de una vista superior que representa una tira de metal y una tira de metal posterior durante una fase posterior a la soldadura según ciertos aspectos de la presente descripción.

30 La FIG. 14 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento para unir una tira de metal a una tira de metal posterior durante el desplazamiento de la tira de metal según ciertos aspectos de la presente descripción.

La FIG. 15 es una vista superior esquemática en corte parcial de una sección de una línea de procesamiento de acuerdo con una realización de la invención que representa una tira de metal levitada sobre un conjunto de rotores magnéticos que tienen fuentes magnéticas espaciadas lateralmente.

35 La FIG. 16 es una vista superior esquemática en corte parcial de una sección de una línea de procesamiento que representa una tira de metal levitada sobre un conjunto de rotores magnéticos que tienen fuentes magnéticas casi de ancho completo según ciertos aspectos de la presente descripción.

Descripción Detallada

40 Ciertos aspectos y características de la presente descripción se relacionan con una línea de tratamiento térmico compacta que incluye una zona de calentamiento corta capaz de llevar rápidamente la tira de metal a una temperatura de disolución adecuada a través del uso de rotores magnéticos, como rotores magnéticos permanentes. También se puede lograr una zona de remojo rápida y eficiente, por ejemplo, mediante el uso de rotores magnéticos para hacer

45 levitar la tira de metal dentro de una cámara llena de gas. Los rotores magnéticos pueden hacer levitar aún más la tira de metal a través de una zona de enfriamiento y, opcionalmente, pueden recalentar la tira de metal antes del bobinado final. Los rotores magnéticos que se utilizan para calentar y/o hacer levitar la tira de metal también pueden proporcionar control de tensión y pueden facilitar el enhebrado inicial de la tira de metal. Una línea de tratamiento térmico de este tipo puede proporcionar un recocido continuo y un tratamiento térmico de solución en un espacio mucho más compacto que las líneas de procesamiento tradicionales.

50 La línea compacta de tratamiento térmico puede ser una línea compacta de tratamiento térmico en solución y recocido continuo (CASH), capaz de disolver y/o recocer una tira de metal continua. Una vez que la tira de metal ha sido tratada térmicamente en la línea de tratamiento térmico, la tira de metal puede tener un temple deseable, tal como un temple T (por ejemplo, T4, T6 o T8). Ciertos aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente útiles para el

55 tratamiento térmico de una tira de metal de aluminio. En algunos casos, se pueden procesar artículos de metal más gruesos o más delgados que no sean una tira de metal. Como se usa en esta invención, la referencia a una tira de metal con respecto a ciertos aspectos y características de la presente descripción se puede reemplazar con referencia a un artículo de metal o cualquier artículo de metal específico más grueso o más delgado, según sea apropiado. En algunos casos, ciertos aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente útiles para el tratamiento térmico

60 de una tira de metal que tiene aproximadamente 1 mm de espesor, aproximadamente 0,2 mm a aproximadamente 6

mm, aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm, o aproximadamente 0,7 mm hasta aproximadamente 2 mm.

Mientras que las líneas normales CASH pueden requerir una gran superficie y tener una longitud de procesamiento (por ejemplo, la longitud a través de la cual viaja la tira de metal en la línea CASH) que se extiende hasta
5 aproximadamente 800 metros o más allá, ciertos aspectos de la presente descripción pueden ocupar un espacio más pequeño y tener una longitud de procesamiento de aproximadamente 100 metros, aproximadamente 90 metros, aproximadamente 80 metros, aproximadamente 70 metros, aproximadamente 60 metros, aproximadamente 50 metros, aproximadamente 40 metros, aproximadamente 30 metros, aproximadamente 25 metros, aproximadamente 20 metros o aproximadamente 15 metros. En algunos casos, una línea de tratamiento térmico como se describe en esta invención
10 se puede colocar en una dirección horizontal, con la tira de metal desplazándose principalmente en una dirección horizontal. Sin embargo, no es necesario que sea el caso, y uno o más elementos de la línea de tratamiento térmico pueden dirigir la tira de metal en una dirección vertical u otra.

Una línea de tratamiento térmico puede incluir una zona de calentamiento, una zona de remojo y una zona de
15 enfriamiento. En algunos casos, la línea de tratamiento térmico también puede incluir una zona de recalentamiento. En algunos casos, también se pueden utilizar otras zonas y/o elementos, como cualquier combinación de un desbobinador, una primera zona de ajuste de tensión, una zona de nivelación y/o microtexturización, una zona de recubrimiento y/o lubricación, una segunda zona de ajuste de tensión y un bobinador. En algunos casos, la línea de tratamiento térmico puede incluir también otras zonas y/o elementos, como aplanadores, ensambladores, muescas,
20 niveladores, lubricadores y rodillos.

Ciertos aspectos y características de la presente descripción aprovechan rotores magnéticos. Un rotor magnético puede girar alrededor de un eje de rotación. Los imanes giratorios se pueden girar mediante cualquier procedimiento adecuado, incluso a través de un motor de rotor (por ejemplo, motor eléctrico, motor neumático o de otro tipo) o el
25 movimiento simpático de una fuente magnética cercana (por ejemplo, otro imán giratorio o campo magnético cambiante). Se puede acoplar directa o indirectamente una fuente de energía de rotación a un rotor magnético para hacer girar el rotor magnético. El eje de rotación de un rotor magnético puede estar en cualquier dirección adecuada, aunque puede ser ventajoso colocar un eje de rotación aproximadamente paralelo a un ancho lateral de la tira de metal y aproximadamente perpendicular a un eje longitudinal (por ejemplo, la longitud) de la tira de metal o
30 aproximadamente perpendicular a una dirección aguas abajo de la línea de procesamiento. Aproximadamente perpendicular puede incluir perpendicular o dentro de 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9° o 10° de perpendicular, o similar, según sea apropiado. Colocar un eje de rotación de esta manera puede ser útil para controlar la tensión en la tira de metal. La gestión de la tensión puede ser muy importante para procesar con éxito artículos metálicos (por ejemplo, tiras metálicas) de manera controlada en una línea de procesamiento.
35

Un rotor magnético puede incluir una o más fuentes magnéticas, como electroimanes o imanes permanentes. Por ejemplo, un solo rotor puede incluir una sola fuente magnética y, por tanto, contener dos polos magnéticos, o un solo rotor puede incluir múltiples fuentes magnéticas y, por tanto, contener múltiples polos magnéticos. En algunos casos, las fuentes magnéticas de un solo rotor pueden disponerse para producir campos magnéticos direccionalmente
40 asimétricos, tales como fuentes magnéticas de imán permanente dispuestas en una matriz Halbach para dirigir campos magnéticos desde una circunferencia exterior del rotor magnético. Los rotores magnéticos 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 rotores magnéticos de imán permanente pueden ser preferibles en algunos casos y pueden lograr resultados más eficientes que los rotores magnéticos que dependen de electroimanes. Las fuentes magnéticas pueden extenderse por todo el ancho del rotor magnético o menos que el
45 ancho total del rotor magnético. En algunos casos, un rotor magnético puede incluir fuentes magnéticas espaciadas lateralmente. Las fuentes magnéticas espaciadas lateralmente pueden por tanto incluir un espacio en la anchura del rotor magnético donde no residen fuentes magnéticas. Un rotor magnético con fuentes magnéticas espaciadas lateralmente puede incluir un rotor magnético que tenga dos o más conjuntos de fuentes magnéticas que estén
50 espaciados lateralmente entre sí, conteniendo cada conjunto una o más fuentes magnéticas. Los rotores magnéticos con fuentes magnéticas espaciadas lateralmente pueden ser especialmente eficientes para levantar una tira de metal mientras minimizan la cantidad de calor inducida en la tira de metal.

El movimiento de rotación de un rotor magnético hace que su/s fuente/s de imán induzcan un campo magnético en
55 movimiento o cambiante adyacente al rotor magnético a través del cual puede pasar una tira de metal. Cuando se usa en un par con un rotor superior y un rotor inferior, el par de rotores magnéticos puede definir un espacio entre el rotor superior y el rotor inferior en el que se genera el campo magnético cambiante y a través del cual puede pasar la tira de metal. Cuando se usa como un solo rotor magnético, la tira de metal puede pasar junto al rotor magnético dentro de una distancia efectiva del rotor magnético dentro de la cual el campo magnético cambiante generado por el rotor
60 magnético proporciona un efecto deseable. Como se usa en esta invención, el término «un conjunto de rotores

magnéticos» puede incluir un solo rotor magnético, un solo par de rotores magnéticos, dos o más rotores magnéticos, o dos o más pares de rotores magnéticos.

Los rotores magnéticos se pueden usar en cualquier artículo adecuado capaz de generar corrientes parásitas en presencia de campos magnéticos en movimiento y variables en el tiempo. En algunos casos, los rotores magnéticos descritos en esta invención pueden usarse con materiales conductores, incluyendo 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, compuestos, láminas utilizadas en 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 enlazados por laminación, materiales revestidos, materiales compuestos (tales como, entre otros, materiales que contienen fibra de carbono) o varios otros materiales. En un ejemplo no limitativo, los rotores magnéticos se pueden usar para calentar artículos metálicos tales como tiras de metal de aluminio, soleras u otros artículos hechos de aleaciones de aluminio, incluidas las aleaciones de aluminio que contienen hierro. Se pueden usar rotores magnéticos para calentar y/o hacer levitar un artículo metálico, como una tira de metal. A medida que un artículo metálico pasa a través del campo magnético cambiante generado por un rotor magnético giratorio, pueden generarse o inducirse corrientes parásitas en el artículo metálico. Por tanto, estas corrientes parásitas pueden calentar el artículo metálico a medida que fluyen a través de la resistencia del artículo metálico. Además, las corrientes parásitas generadas en el artículo metálico pueden crear campos magnéticos que se oponen a los campos magnéticos de los rotores magnéticos, creando así una repulsión que puede utilizarse para hacer levitar el artículo metálico. Además de calentar y/o levitar el artículo metálico, se pueden usar rotores magnéticos para controlar la tensión en la tira de metal y dirigir el movimiento de la tira de metal en una dirección aguas abajo.

Los rotores magnéticos se pueden controlar de varias formas, como mediante la manipulación de varios factores asociados con los rotores magnéticos, incluida la fuerza de las fuentes magnéticas, el número de fuentes magnéticas, la orientación de fuentes magnéticas, tamaño de las fuentes magnéticas, tamaño del imán giratorio en sí (p. ej., incluyendo cualquier capa), velocidad del imán giratorio (p. ej., velocidad de rotación), espacio vertical entre rotores magnéticos desplazados verticalmente (p. ej., rotores desplazados verticalmente en un solo conjunto de rotores), colocación lateralmente desplazada de rotores magnéticos desplazados verticalmente (p. ej., colocación lateral desplazada de rotores en un solo conjunto de rotores), espacio longitudinal entre rotores magnéticos adyacentes, grosor de la tira de metal, distancia vertical entre cada imán giratorio y la tira de metal, composición de la tira de metal, presencia de blindaje magnético (por ejemplo, ciertos elementos de enfoque de flujo o de blindaje), espesor y/o permeabilidad del blindaje magnético, velocidad de avance de la tira de metal, y número de rotores magnéticos utilizados. También se pueden controlar otros factores. El control de estos y otros factores puede ser estático (p. ej., establecido antes de un procedimiento de tratamiento térmico) o dinámico (p. ej., modificable sobre la marcha durante un procedimiento de tratamiento térmico). En algunos casos, el control de uno o más de los factores antes mencionados, entre otros, puede basarse en un modelo de computadora, retroalimentación del operador o retroalimentación automática (por ejemplo, basada en señales de sensores en tiempo real). Un controlador se puede acoplar operativamente (por ejemplo, por cable o conexión inalámbrica) a rotores magnéticos para ajustar dinámicamente la tensión en la tira de metal, la velocidad de la tira de metal u otros aspectos del recorrido de la tira de metal a través de la línea de tratamiento térmico.

El control de los rotores magnéticos puede permitir el control de la tensión en la tira de metal. En algunos casos, el control de los rotores magnéticos puede permitir el control de la velocidad de movimiento de la tira de metal en una dirección aguas abajo. En algunos casos, se puede usar un control preciso de la tensión y/o la velocidad para facilitar el tratamiento térmico deseable, como controlando la cantidad de tiempo que una tira de metal pasa en una zona de calentamiento y/o enfriamiento, o más específicamente la cantidad de tiempo que la tira de metal permanece en una temperatura deseada (por ejemplo, una temperatura de disolución).

Los rotores magnéticos pueden girar en una dirección «aguas abajo» o una dirección «aguas arriba». Como se usa en esta invención, un rotor magnético que gira en dirección descendente gira de manera que la superficie del rotor magnético más cercana a la tira de metal en cualquier momento se mueve en la dirección de desplazamiento de la tira de metal (por ejemplo, generalmente hacia la dirección descendente). Por ejemplo, cuando se mira una tira de metal desde el lado con la tira de metal moviéndose en su dirección longitudinal de desplazamiento hacia la derecha, un rotor magnético colocado arriba de la tira de metal que gira en dirección aguas abajo puede girar en sentido antihorario mientras que un rotor magnético colocado abajo de la tira de metal y que gira en una dirección aguas abajo puede girar en sentido horario. Como se usa en esta invención, un rotor magnético que gira en dirección ascendente gira de tal manera que la superficie del rotor magnético más cercana a la tira de metal en cualquier momento se mueve en dirección opuesta a la dirección de desplazamiento de la tira de metal (p. ej., generalmente hacia la dirección ascendente). Por ejemplo, cuando se mira una tira de metal desde el lado con la tira de metal moviéndose en su

dirección longitudinal de desplazamiento hacia la derecha, un rotor magnético colocado arriba de la tira de metal que gira en dirección aguas arriba puede girar en sentido horario mientras que un rotor magnético colocado abajo de la tira de metal y que gira en una dirección aguas arriba puede girar en sentido antihorario.

- 5 En una zona de calentamiento, la tira de metal se puede calentar rápidamente a una temperatura deseada, como una temperatura de recocido o una temperatura de disolución. Por ejemplo, para ciertas aleaciones de aluminio, la zona de calentamiento puede calentar la tira de metal a temperaturas entre 400 °C y 600 °C, o más específicamente 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, e incluso más deseablemente a aproximadamente 565 °C. En algunos casos, para ciertas aleaciones de aluminio, la zona de calentamiento puede calentar la tira de metal a temperaturas entre aproximadamente 500 °C y 560 °C. La tira de metal puede levitar y/o sostenerse mediante un conjunto de rotores magnéticos mientras se encuentra dentro de la zona de calentamiento. En algunos casos, sin embargo, se pueden usar uno o más pares de rotores magnéticos para levitar y calentar simultáneamente la tira de metal. Un par de rotores magnéticos puede incluir un rotor superior colocado frente a la tira de metal de un rotor inferior. Se puede definir un espacio entre el par de rotores magnéticos.
- 10 En algunos casos, un solo par de rotores magnéticos puede ser capaz de aumentar la temperatura de la tira de metal en aproximadamente 40 °C a aproximadamente 80 °C, aproximadamente 50 °C a aproximadamente 70 °C, aproximadamente 60 °C a aproximadamente 70 °C, o aproximadamente 70 °C. En algunos casos, un par de rotores magnéticos es capaz de lograr estos aumentos de temperatura a medida que la tira de metal se mueve más allá de los rotores magnéticos a velocidades de aproximadamente 40 - 80 m/min, aproximadamente 50 - 70 m/min, o aproximadamente 60 m/min. El control preciso del aumento de temperatura en la tira de metal se puede lograr controlando el campo magnético cambiante, como ajustando la velocidad de rotación de los rotores magnéticos o el tamaño del espacio entre los rotores magnéticos del par de rotores magnéticos. Se pueden usar varios pares de rotores magnéticos secuencialmente para lograr un aumento de temperatura deseado. Como se usa en esta invención, la referencia a una temperatura de la tira de metal puede incluir una temperatura máxima del metal de la tira de metal.
- 15 La zona de calentamiento puede incluir rotores magnéticos para calentar la tira de metal y opcionalmente rotores magnéticos adicionales para levitar la tira de metal. Los rotores magnéticos utilizados específicamente para levitar la tira de metal pueden proporcionar cierto grado de calentamiento a la tira de metal.

- En algunos casos, se pueden utilizar dispositivos de calentamiento adicionales en la zona de calentamiento además de los rotores magnéticos, ya sea en lugar de los pares de rotores magnéticos o además de los pares de rotores magnéticos. Los ejemplos de dispositivos de calentamiento adicionales pueden incluir bobinas de inducción, dispositivos de impacto directo de llama, dispositivos de gas caliente, dispositivos de infrarrojos o similares. En algunos casos, los dispositivos de calentamiento adicionales pueden proporcionar un calentamiento suplementario a la tira de metal para lograr una temperatura deseada y/o para mantener una distribución de temperatura más uniforme a lo largo de un ancho lateral de la tira de metal. Por ejemplo, en algunos casos en los que los rotores magnéticos calientan la tira de metal, pueden existir puntos calientes y/o fríos en la tira de metal después de pasar los rotores magnéticos, en cuyo punto se pueden utilizar dispositivos de calentamiento suplementarios para calentar los puntos fríos y nivelar la distribución de la temperatura a lo largo del ancho lateral de la tira de metal. En algunos ejemplos, se pueden usar dispositivos de enfriamiento para enfriar los puntos calientes para nivelar la distribución de temperatura a lo largo del ancho lateral de la tira de metal.
- 30
- 35
- 40

- En algunos casos, los electroimanes no giratorios se pueden utilizar en la zona de calentamiento además o en lugar de los rotores magnéticos. Sin embargo, el uso de rotores magnéticos, a diferencia de electroimanes estacionarios, para generar campos magnéticos cambiantes puede proporcionar una eficiencia mejorada, así como un calentamiento más uniforme de la tira de metal. El uso de electroimanes estacionarios para variar los campos inductivos impartidos a lo ancho de la tira de metal puede generar puntos calientes localizados en la tira de metal. Los campos inductivos de diversas intensidades pueden ser causados por la variación natural en los devanados de diferentes electroimanes estacionarios. Las variaciones en los devanados de los electroimanes pueden provocar que algunas ubicaciones generen más calor que las ubicaciones laterales adyacentes. Los puntos calientes localizados pueden deformar de manera desigual la tira de metal 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, parte o toda esta variación se puede promediar automáticamente debido a la rotación de las fuentes magnéticas en el rotor magnético. Ningún imán permanente se mantiene en ninguna posición lateralmente estacionaria y, por lo tanto, los imanes permanentes giratorios aplican un campo magnético promedio. Por lo tanto, el rotor magnético giratorio puede calentar la tira de metal de manera uniforme de una manera más controlada. Cuando se utilizan electroimanes en un calentador de imán giratorio, se pueden promediar las variaciones entre diferentes electroimanes debido a la rotación del rotor magnético. Este promedio de las variaciones no se produce con electroimanes estacionarios.
- 45
- 50
- 55

- 60 Una zona de remojo puede incluir un horno de remojo, tal como un horno de túnel u otro horno adecuado. Dentro de

la zona de remojo, la tira de metal se puede mantener a una temperatura deseada (por ejemplo, temperatura de disolución) durante un tiempo deseado. Mantener la temperatura a la temperatura deseada puede incluir mantener la temperatura dentro del 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 10 %, 11 % o 12 % de la temperatura deseada, pero preferiblemente dentro del 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % o 6 % de la temperatura deseada. La duración deseada puede depender de la aleación utilizada, el tipo de resultado deseado y las etapas previas de procesamiento termomecánico, como el procedimiento de fundición del artículo metálico o cualquier laminado en frío o en caliente realizado sobre el artículo metálico. Por ejemplo, los artículos metálicos de fundición continua pueden lograr resultados deseables utilizando una duración mucho más corta que un artículo de metal fundido con frío directo. En algunos casos, la tira de metal se puede remojar durante un período de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 40 segundos, o más.

10 En algunos casos, ciertos aspectos y características de la presente descripción son especialmente útiles con artículos metálicos de fundición continua. En algunos casos, una zona de remojo también puede facilitar que la tira de metal alcance la temperatura deseada.

Se puede usar cualquier horno adecuado en la zona de remojo para mantener la temperatura máxima del metal de la tira de metal, como un horno de aire caliente, un horno con rotor magnético, un horno de infrarrojos o una combinación de los mismos. Por ejemplo, el horno de remojo puede usar gas calentado para mantener la temperatura de la tira de metal. En algunos casos, se puede utilizar un conjunto de rotores magnéticos además o en lugar del gas calentado para impartir suficiente calor en la tira de metal para mantener la temperatura de la tira de metal a la temperatura deseada.

20 La zona de remojo puede incluir un conjunto de rotores magnéticos para levitar la tira de metal dentro de la zona de remojo. El conjunto de rotores magnéticos puede impartir cierto grado de calor a la tira de metal. En algunos casos, este calor impartido se puede utilizar para mantener la temperatura de la tira de metal a la temperatura deseada. En algunos casos, como si los rotores magnéticos generan demasiado calor, el calor impartido puede compensarse a través de uno o más dispositivos de enfriamiento en la zona de remojo. Los ejemplos de dispositivos de refrigeración adecuados incluyen colectores de refrigerante o boquillas de refrigerante controlables para dispensar un fluido refrigerante (por ejemplo, líquido o gas) sobre la tira de metal. El fluido refrigerante se puede dispensar a cualquier temperatura a o por debajo de la temperatura deseada para que se mantenga en la tira de metal dentro de la zona de remojo. Los dispositivos de enfriamiento se pueden controlar para dispensar fluido refrigerante según sea necesario para facilitar el mantenimiento de la temperatura de la tira de metal a la temperatura deseada en toda la zona de remojo. En algunos casos, la zona de remojo puede tener una longitud de aproximadamente 50 m, 40 m, 30 m, 20 m, 15 m, 10 m, 5 m o menos.

En algunos casos, la zona de remojo puede incluir una cámara llena de gas a través de la cual pasa la tira de metal. La cámara llena de gas puede ser lo suficientemente grande (p. ej., en altura) para encerrar los rotores magnéticos circundantes utilizados para levitar la tira de metal. Sin embargo, la cámara llena de gas puede tener preferiblemente una altura lo suficientemente pequeña como para encerrar la tira de metal sin encerrar ningún rotor magnético circundante. En algunos casos, la cámara llena de gas tiene aproximadamente 50-250 mm de altura, como 50-200 mm o 100 mm, o cualquier punto intermedio. En algunos casos, la cámara llena de gas puede tener aproximadamente 250 mm de altura o más. La cámara llena de gas puede incluir paredes de la cámara, como una pared superior y una pared inferior, así como paredes laterales, lo que permite que la tira de metal se alimente de forma continua en un extremo aguas arriba de la cámara y se alimente continuamente de un extremo aguas abajo de la cámara. Las paredes de la cámara pueden estar hechas de un material no conductor y resistente al calor, como Kevlar® u otras para-aramidas, o NOMEX® u otras meta-aramidas. Las paredes de la cámara, y más específicamente la pared inferior, se pueden colocar entre la tira de metal y los rotores magnéticos usados para hacer levitar la tira de metal dentro de la zona de remojo.

La cámara puede incluir uno o más puertos para suministrar gas a la cámara desde un suministro de gas. En algunos casos, los puertos pueden disponerse para permitir que el gas fluya hacia la cámara para proporcionar un soporte adicional para hacer levitar la tira de metal. En algunos casos, el suministro de gas puede alimentar gas a la cámara a través de uno o más extremos de la cámara. En algunos casos, se puede usar un gas inerte (por ejemplo, nitrógeno o argón) o gas mínimamente reactivo (por ejemplo, aire seco) dentro de la cámara. En algunos casos, se pueden usar otros gases, tales como gases de tratamiento (por ejemplo, metano o un gas silano para inducir la pasivación de la superficie de la tira de metal). En algunos casos, el gas se puede precalentar a una temperatura deseable para facilitar el mantenimiento de la temperatura deseada de la tira de metal dentro de la zona de remojo, sin embargo, en algunos casos el gas se puede precalentar mínimamente o no precalentar. En algunos casos, se pueden suministrar gases calientes para complementar el calentamiento de los imanes giratorios. Tales gases calientes pueden ser gases inertes o mínimamente reactivos. Los gases calientes se pueden suministrar a través de puertos dirigidos hacia regiones de la tira de metal donde el calentamiento magnético no calienta completamente la tira de metal. Los gases calientes pueden facilitar la igualación de la temperatura en el artículo metálico, así como proporcionar una atmósfera inerte o

mínimamente reactiva dentro de la cámara.

En algunos casos, la cámara se extiende por una longitud que es igual o aproximadamente igual a la longitud de la zona de remojo. En algunos casos, la cámara puede extenderse al menos parcialmente hacia la zona de calentamiento.

5 Por ejemplo, en algunos casos, la tira de metal puede estar ubicada dentro de la cámara cuando está siendo calentada por algunos o todos los pares de rotores magnéticos de la zona de calentamiento.

En algunos casos, especialmente cuando la distribución de temperatura a lo largo del ancho lateral de la tira de metal es muy uniforme al salir de la zona de calentamiento, la línea de tratamiento térmico puede no incluir un horno de remojo. En tales casos, la zona de remojo puede extenderse desde una zona de calentamiento a una zona de enfriamiento con la tira de metal expuesta al aire a temperatura ambiente y/o de la habitación. Todavía se puede usar un conjunto de rotores magnéticos para levitar la tira de metal a medida que pasa entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento. Una zona de remojo sin un horno de remojo aún puede tener una duración que dependa de la velocidad de desplazamiento de la tira de metal y la longitud entre la zona de calentamiento y la zona de enfriamiento.

15

En una zona de enfriamiento, se puede proporcionar refrigerante a la tira de metal de cualquier manera adecuada, como a través de un tanque o baño de enfriamiento o mediante el uso de uno o más refrigerantes cabezales o boquillas (por ejemplo, boquillas lineales) para distribuir refrigerante a la tira de metal. Se puede usar cualquier refrigerante adecuado, tal como un líquido (por ejemplo, agua), un gas (por ejemplo, aire) o una combinación de los dos. Como se usa en esta invención, proporcionar refrigerante puede incluir distribuir refrigerante sobre una tira de metal o pasar una tira de metal a través del refrigerante. El refrigerante se puede proporcionar de una manera suficiente para enfriar rápidamente la temperatura máxima del metal de la tira de metal, como a velocidades entre aproximadamente 50 °C/s y 400 °C/s, aproximadamente 100 °C/s y 300 °C/s y aproximadamente 200 °C/s. En algunos casos, la tira de metal se enfría rápidamente a velocidades superiores a al menos 200 °C/s. En algunos casos, la tira de metal se puede enfriar a una temperatura de 250 °C o cercana, aunque se pueden utilizar otras temperaturas, como una temperatura entre aproximadamente 50 °C y 500 °C o entre aproximadamente 200 °C y 500 °C. El control sobre el enfriamiento rápido que tiene lugar en la zona de enfriamiento puede lograrse controlando la temperatura y/o distribución del refrigerante. Por ejemplo, las válvulas asociadas con (por ejemplo, acopladas a) los cabezales y/o boquillas de refrigerante pueden proporcionar control sobre la distribución del refrigerante. En algunos casos, los cabezales de refrigerante o las boquillas pueden ajustarse como una sola unidad a lo largo de un ancho lateral de la tira de metal, o ajustarse individualmente en diferentes ubicaciones a lo largo del ancho lateral de la tira de metal (por ejemplo, para distribuir más refrigerante a ciertas partes de la tira de metal que a otras porciones).

Los controladores y sensores (por ejemplo, sensores de temperatura sin contacto) se pueden usar en cualquier ubicación adecuada a lo largo de la línea de tratamiento térmico para proporcionar control de retroalimentación a la línea de tratamiento térmico. Las ubicaciones adecuadas pueden incluir dentro, adyacentes, aguas arriba o aguas abajo de una o más de cualquiera de las zonas o elementos de la línea de tratamiento térmico. Se puede utilizar cualquier controlador y/o sensor adecuado. Por ejemplo, los sensores de temperatura ubicados dentro, adyacentes o inmediatamente aguas abajo de la zona de calentamiento pueden proporcionar información de temperatura (por ejemplo, señales) a un controlador, que puede usar la información de temperatura para controlar cualquier aspecto controlable de la zona de calentamiento, como las velocidades y/o altura de separación de pares de rotores magnéticos. Asimismo, los sensores de temperatura ubicados en, adyacentes o inmediatamente aguas abajo de la zona de remojo pueden proporcionar información de temperatura (por ejemplo, señales) a un controlador (por ejemplo, el mismo controlador o uno diferente), que puede usar la información de temperatura para controlar cualquier aspecto controlable de la zona de remojo, tales como válvulas asociadas con boquillas de refrigerante o cabezales de refrigerante en la zona de remojo. En otro ejemplo, se pueden usar sensores de planitud después de la zona de enfriamiento para proporcionar información de planitud (por ejemplo, señales) a un controlador (por ejemplo, el mismo controlador o uno diferente), que puede usar la información de planitud para mejorar la planitud de la tira de metal, tal como a través del control de válvulas asociadas con boquillas de refrigerante o cabezales de refrigerante en la zona de enfriamiento.

En algunos casos, se pueden usar uno o más dispositivos de eliminación de refrigerante para eliminar el refrigerante residual de la tira de metal al salir de la zona de enfriamiento. Ejemplos de dispositivos de eliminación de refrigerante adecuados incluyen rasquetas (tales como rasquetas de goma), cuchillas de aire u otros dispositivos de eliminación de refrigerante con o sin contacto.

Se puede usar un conjunto de rotores magnéticos para levitar la tira de metal mientras se encuentra dentro de la zona de enfriamiento.

60 Se puede usar un desbobinador aguas arriba de la zona de calentamiento para desenrollar o desbobinar una tira de

metal de una bobina de entrada (por ejemplo, una bobina de tira de metal que se pasa a través de la línea de tratamiento térmico). En algunos casos, el desbobinador puede pasar la tira de metal por un rodillo desbobinador antes de que la tira de metal entre en la zona de calentamiento. El rodillo desenrollador puede incluir celdas de carga para determinar una tensión en la tira de metal. Las celdas de carga se pueden acoplar a uno o más controladores para proporcionar retroalimentación que los controladores pueden utilizar para ajustar la tensión en la tira de metal según sea necesario. La tira de metal que sale del desbobinador puede alimentarse directamente a una zona de calentamiento o puede alimentarse primero a una zona de ajuste de tensión. En la zona de calentamiento o en la zona de ajuste de tensión, se pueden usar rotores magnéticos para controlar la tensión en la tira de metal. Por ejemplo, un rotor magnético que gira en dirección descendente puede aplicar fuerza descendente sobre la tira de metal, mientras que un rotor magnético que gira en dirección ascendente puede aplicar fuerza ascendente sobre la tira de metal. Múltiples rotores magnéticos separados longitudinalmente (por ejemplo, separados secuencialmente) pueden contrarrestar parte o la totalidad de cualquier tensión inducida en la tira de metal entre sí. Por ejemplo, un primer rotor magnético que gira para inducir tensión longitudinal en una tira de metal se puede separar de un segundo rotor magnético que gira en una dirección opuesta de manera que la tensión longitudinal se puede reducir o eliminar. Por lo tanto, la tensión en la tira de metal se puede controlar mediante el control de los rotores magnéticos, como se describe en esta invención (por ejemplo, mediante el ajuste de la posición, velocidad, dirección, fuerza, espacio entre rotores opuestos de un par de rotores magnéticos y otros parámetros similares). Cuando se usa una zona de ajuste de tensión, la zona de ajuste de tensión puede incluir un conjunto de rotores magnéticos usados para levantar la tira de metal. En algunos casos, la zona de ajuste de tensión incluye pares de rotores magnéticos diseñados para impartir cambios de tensión en la tira de metal sin calentar significativamente la tira de metal, como mediante el uso de múltiples fuentes magnéticas espaciadas lateralmente en un solo rotor magnético donde las fuentes magnéticas ocupan menos o sustancialmente menos que el ancho total del rotor magnético. En la zona de ajuste de tensión, la tensión en la tira de metal puede disminuirse gradualmente desde una tensión inicial (por ejemplo, entre el desbobinador y el comienzo de la zona de ajuste de tensión) a una tensión baja que puede ser especialmente deseable para el tratamiento térmico.

En algunos casos, existe una zona de soldadura o unión entre el desbobinador y la zona de calentamiento. En algunos casos, la zona de soldadura o unión puede ser parte de la zona de ajuste de tensión. En la zona de soldadura o unión, se puede utilizar un soldador móvil u otro dispositivo de unión para soldar o unir los extremos de las tiras de metal (por ejemplo, una tira de metal en procedimiento y una tira de metal posterior) sobre la marcha, mientras las tiras de metal se desplazan a través de la línea de tratamiento térmico. Si bien se pueden usar rotores magnéticos para levantar los extremos de las tiras de metal y dirigir los extremos de las tiras de metal juntos, también se pueden usar otros equipos, como rodillos de contacto y carros. A medida que el extremo posterior de la tira de metal que se está procesando se desenrolla de la bobina de entrada, se puede desenrollar un extremo anterior de una tira de metal posterior de su propia bobina de entrada (por ejemplo, utilizando un segundo desbobinador) y dirigirlo hacia el extremo posterior de la tira de metal. En la zona de soldadura o unión, el extremo delantero de la tira de metal posterior y el extremo trasero de la tira de metal se pueden juntar en una unión. El uso de rotores magnéticos o dispositivos de contacto (por ejemplo, rodillos o carros) puede ayudar a mantener los extremos de las tiras de metal unidos o muy cerca. A medida que las tiras de metal se desplazan en la dirección de aguas abajo, se puede mover un dispositivo de soldadura u otro dispositivo de unión en la misma dirección de aguas abajo y a la misma velocidad que las tiras de metal, lo que permite que la soldadura u otro dispositivo de unión mantenga la alineación con la unión mientras suelda o une de otra manera la unión. Puede usarse cualquier dispositivo de unión adecuado, como soldadores de arco (por ejemplo, soldadores de arco metálico con gas o soldadores de arco de tungsteno con gas), soldadores a base de combustible (por ejemplo, soldadores de oxihidrógeno) u otros soldadores o dispositivos de unión. El dispositivo de soldadura o unión puede viajar a lo largo de un conjunto de rieles o puede suspenderse arriba o abajo de la tira de metal. En algunos casos, el dispositivo de soldadura o unión puede soldar/unir un ancho lateral completo de la tira de metal a la vez. En algunos casos, el dispositivo de soldadura o unión también puede desplazarse lateralmente mientras suelda/une la tira de metal. Dado que los rotores magnéticos son capaces de controlar la velocidad de desplazamiento de la tira de metal, los rotores magnéticos pueden reducir la velocidad de desplazamiento de la tira de metal durante un procedimiento de soldadura o unión. Por ejemplo, en condiciones de funcionamiento estándar, la tira de metal puede viajar a través de la línea de tratamiento térmico a velocidades de aproximadamente 60 m/min, mientras que durante la soldadura/unión, la tira de metal puede viajar a velocidades de aproximadamente 5 m/min - 20 m/min, aproximadamente 7 m/min - 15 m/min, o aproximadamente 10 m/min.

En algunos casos, el sistema de tratamiento térmico puede incluir una zona de nivelación y/o microtexturización. La zona de nivelación y/o microtexturización puede incluir uno o más rodillos a través de los cuales se pasa la tira de metal para nivelar y/o texturizar la tira de metal. La tira de metal puede atravesar un espacio o una línea de contacto entre un par de rodillos de nivelación y/o microtexturización. En algunos casos, los rodillos de nivelación y/o microtexturización pueden aplicar fuerza sobre la tira de metal suficiente para nivelar y/o texturizar la tira de metal, pero insuficiente para reducir el grosor de la tira de metal en general (por ejemplo, reducir el grosor de la tira de metal en o menos de 0,5 %, 0,6 %, 0,7 %, 0,8 %, 0,9 %, o 1 %). Por ejemplo, la cantidad de fuerza aplicada a través de los

rodillos de nivelación y/o microtexturización puede estar por debajo del límite elástico de la tira de metal. En algunos casos, se aplica fuerza a través de cada rodillo nivelador y/o microtexturizador de uno o más rodillos de trabajo. En algunos casos, el rodillo de microtexturización puede tener al menos dos texturas diferentes, que pueden superponerse o no. En algunos casos, se puede usar un controlador para ajustar los rodillos de nivelación y/o microtexturización para producir un resultado de nivelación y/o microtexturización deseado.

En algunos casos, la línea de tratamiento térmico puede incluir una zona de recubrimiento y/o lubricación. La zona de recubrimiento y/o lubricación se puede ubicar aguas abajo de la zona de enfriamiento. En algunos casos, la zona de recubrimiento y/o lubricación puede estar ubicada aguas abajo de una zona de nivelación y/o microtexturización. En la zona de revestimiento y/o lubricación, se puede aplicar un revestimiento y/o lubricación a la tira de metal. Se puede aplicar un recubrimiento y/o lubricación mediante cualquier técnica adecuada, como recubrimiento por pulverización, recubrimiento por rodillo, laminación u otras técnicas.

En algunos casos, la línea de tratamiento térmico puede incluir una zona de recalentamiento. En algunos casos, la zona de recalentamiento se encuentra aguas abajo de una zona de nivelación y/o microtexturización. En algunos casos, la zona de recalentamiento se encuentra aguas abajo de una zona de recubrimiento y/o lubricación. La zona de recalentamiento puede incluir uno o más dispositivos de calentamiento para elevar la temperatura de la tira de metal después del enfriamiento en la zona de enfriamiento. En algunos casos, el uno o más dispositivos de calentamiento pueden incluir un conjunto de rotores magnéticos utilizados para calentar la tira de metal. En algunos casos, la zona de recalentamiento puede incluir un conjunto de rotores magnéticos (por ejemplo, la misma matriz para calentar la tira de metal u otra matriz) para hacer levitar la tira de metal a través de la zona de recalentamiento. En algunos casos, cuando una zona de recalentamiento se coloca aguas abajo de una zona de recubrimiento y/o lubricación, la zona de recalentamiento se puede usar para curar un recubrimiento y/o facilitar el flujo de lubricante aplicado en la zona de recubrimiento y/o lubricación, tal como calentando la tira de metal lo suficiente para curar el revestimiento y/o facilitar el flujo de lubricante del calor de la tira de metal. Calentar el revestimiento y/o el lubricante de la tira de metal puede reducir la probabilidad de dañar el revestimiento o el lubricante, como puede ocurrir si se produce un sobrecalentamiento, un riesgo en los hornos de gas actuales. En algunos casos, la zona de recalentamiento puede elevar la temperatura de la tira de metal a una temperatura de envejecimiento previo o envejecimiento artificial en preparación para enrollar la tira de metal en una bobina final y envejecer la tira de metal mientras está enrollada. Tal temperatura de envejecimiento previo o envejecimiento artificial puede ser una temperatura de aproximadamente 60 °C a aproximadamente 150 °C. Por ejemplo, el tratamiento de envejecimiento previo se puede realizar a una temperatura de aproximadamente 60 °C, 65 °C, 70 °C, aproximadamente 75 °C, aproximadamente 80 °C, aproximadamente 85 °C, aproximadamente 90 °C, aproximadamente 95 °C, aproximadamente 100 °C, aproximadamente 105 °C, aproximadamente 110 °C, aproximadamente 115 °C, aproximadamente 120 °C, aproximadamente 125 °C, aproximadamente 130 °C, aproximadamente 135 °C, aproximadamente 140 °C, aproximadamente 145 °C, o aproximadamente 150 °C.

La línea de tratamiento térmico puede incluir un bobinador utilizado para enrollar o embobinar la tira de metal en una bobina final (por ejemplo, una bobina de tira de metal tratada térmicamente). El bobinador se puede colocar en el extremo aguas abajo de la línea de tratamiento térmico. En algunos casos, como cuando se utiliza un soldador/ensamblador móvil para proporcionar un tratamiento térmico continuo de tiras metálicas consecutivas, el bobinador puede incluir un cortador para cortar la tira de metal, lo que permite enrollar la tira de metal posterior por separado de la tira de metal. El cortador puede incluir equipo de retroalimentación (por ejemplo, cámaras, sensores de distancia u otros sensores) para asegurar que las tiras de metal estén separadas lo más cerca posible de la unión.

En algunos casos, una zona de ajuste de tensión final puede ubicarse inmediatamente aguas arriba del bobinador. La zona de ajuste de tensión final puede incluir un conjunto de rotores magnéticos para hacer levitar la tira de metal y ayudar a ajustar la tensión en la tira de metal antes de enrollar la tira de metal. Por ejemplo, mientras que los rotores magnéticos a lo largo de la línea de tratamiento térmico pueden intentar minimizar la tensión en la tira de metal, al menos dentro de la zona de calentamiento, la zona de ajuste de tensión final puede actuar para aumentar la tensión cuando la tira de metal entra en el bobinador. En algunos casos, el bobinador puede funcionar mejor cuando hay al menos una cantidad mínima de tensión en la tira de metal.

En algunos casos, los rotores magnéticos colocados a lo largo de la línea de tratamiento térmico pueden usarse para facilitar el enhebrado de una tira de metal en la línea de tratamiento térmico. La rotación de los rotores magnéticos en una dirección aguas abajo puede actuar para aumentar la tensión en la tira de metal y hacer levitar el extremo libre de la tira de metal sobre cualquier equipo o estructura abajo de la tira de metal. En algunos casos, el extremo libre de la tira de metal se puede guiar a través de la línea de tratamiento térmico mediante cualquier técnica adecuada. En algunos casos, un carro puede ubicarse de manera deslizante sobre rieles que se extienden más allá de parte o toda la línea de tratamiento térmico. El carro puede soportar el extremo libre de la tira de metal y ayudar a guiarlo a través

de la línea de tratamiento térmico mientras los imanes giratorios hacen levitar la tira de metal. Debido a que la tira de metal se hace levitar a través de la línea de tratamiento térmico, es posible enhebrar toda la línea de tratamiento térmico desechando mucho menos de la tira de metal de lo que sería posible con la tecnología convencional.

- 5 Una vez completado el enhebrado, al menos algunos de los rotores magnéticos pueden invertir en dirección de rotación para rotar en una dirección aguas arriba, lo que ayuda a minimizar las tensiones dentro de la tira de metal. La capacidad de los rotores magnéticos para invertir su dirección proporciona beneficios significativos a la capacidad de enhebrar una tira de metal a través de la línea de tratamiento térmico.
- 10 En algunos casos, el enhebrado se puede facilitar girando los rotores magnéticos superiores en un par de rotores magnéticos a una velocidad que es ligeramente superior a la velocidad de los rotores magnéticos inferiores. Este exceso de velocidad puede ayudar a contrarrestar la atracción gravitacional en el extremo libre de la tira de metal. En algunos casos, se pueden utilizar otras técnicas, como el aire forzado, para contrarrestar la tracción gravitacional en el extremo libre de la tira de metal para evitar que la tira de metal se curve alrededor de uno de los rotores magnéticos.
- 15 Ciertos aspectos de una línea de tratamiento térmico como se describe en esta invención pueden proporcionar el transporte, la levitación y el calentamiento de la tira de metal sin contacto, sin entrar en contacto con la tira de metal o con un contacto mínimo con la tira de metal.
- 20 Como se usa en esta invención, los términos «arriba», «abajo», «superior», «inferior», «vertical» y «horizontal» se utilizan para describir orientaciones con respecto a un artículo metálico, tal como una tira de metal, como si el artículo metálico se estuviera moviendo en una dirección horizontal con sus superficies superior e inferior generalmente paralelas al suelo. El término «vertical», como se usa en esta invención, puede referirse a una dirección perpendicular a una superficie (por ejemplo, superficie superior o inferior) del artículo metálico, independientemente de la orientación del artículo metálico. El término «horizontal» como se usa en esta invención puede referirse a una dirección paralela a una superficie (por ejemplo, superficie superior o inferior) del artículo de metal, 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 «arriba» y «abajo» pueden referirse a ubicaciones más allá de las superficies superior o inferior de un artículo metálico, independientemente de la orientación del artículo metálico. Sin embargo, cuando se usa con referencia específicamente a la levitación magnética, el término «abajo» puede referirse a ubicaciones más cercanas a la atracción gravitacional de la tierra. Una tira de metal se puede procesar en cualquier dirección adecuada, incluidas las direcciones horizontal, vertical u otras, como la diagonal.

Como se usa en esta invención, los términos vertical, longitudinal y lateral se pueden usar con referencia al artículo metálico que se está calentando. La dirección longitudinal puede extenderse a lo largo de una 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 en solución de recocido continuo (CASH). La dirección longitudinal puede ser paralela a las superficies superior e inferior del artículo metálico. La dirección longitudinal puede ser perpendicular a la dirección lateral y la dirección vertical. La dirección lateral puede extenderse entre los bordes laterales del artículo metálico. La dirección lateral puede extenderse en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal y la dirección vertical. La dirección vertical puede extenderse entre las superficies superior e inferior del artículo metálico. La dirección vertical puede ser perpendicular a la dirección longitudinal y la dirección lateral.

Ciertos aspectos y características de la presente descripción se pueden usar con cualquier artículo de metal adecuado, como en forma de láminas, hojas, tiras, soleras, placas, planchas, u otros artículos metálicos. Sin embargo, puede ser preferible utilizar numerosos aspectos y características de la presente descripción con tiras metálicas. Los aspectos y características de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para cualquier artículo metálico que tenga superficies planas (por ejemplo, superficies superiores e inferiores planas). Los aspectos y características de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para cualquier producto metálico que tenga superficies opuestas paralelas o aproximadamente paralelas (por ejemplo, superficies superior e inferior). Aproximadamente paralelo puede incluir paralelo o dentro de 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9° o 10° de paralelo, o similar, según corresponda.

Los aspectos y características de la presente descripción se pueden usar con artículos metálicos de cualquier metal adecuado. En algunos casos, el artículo metálico es aluminio, como una aleación de aluminio. En algunos casos, el artículo metálico puede ser una aleación de aluminio que contenga hierro. Ciertos aspectos y características de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para su uso con aleaciones de aluminio de las series 6xxx o 5xxx, aunque se pueden usar otras aleaciones tales como 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 resultar en un calentamiento menos eficiente a través de imanes giratorios, debido

al menos en parte a la generación de menos flujo magnético secundario (por ejemplo, flujo magnético generado por el artículo de metal) para oponerse al flujo primario (por ejemplo, flujo magnético generado por los imanes giratorios).

Los rotores magnéticos se pueden colocar arriba o abajo del artículo metálico (por ejemplo, arriba o abajo de la línea de paso o arriba o abajo de la cámara). Como se usa en esta invención, la referencia a un elemento que se coloca con respecto al artículo metálico puede referirse a ese elemento que 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 viaje el artículo de metal), según sea apropiado. En algunos casos, el conjunto de rotores magnéticos para calentar el artículo metálico puede incluir rotores magnéticos colocados tanto abajo como arriba del artículo metálico. En algunos casos, estos rotores magnéticos están situados en pares emparejados, con rotores magnéticos similares (por ejemplo, similar o del mismo tamaño, resistencia, velocidad de rotación y/o dirección de rotación aguas arriba o aguas abajo) situados directamente uno frente a la línea de paso. Cuando los rotores magnéticos están situados opuestos en lados opuestos del artículo metálico y giran en la misma dirección aguas abajo o aguas arriba, uno de los dos rotores magnéticos puede girar en dirección horaria, mientras que el otro de los dos rotores magnéticos puede girar en dirección antihoraria.

Los rotores magnéticos pueden tener una longitud que sea aproximadamente igual o mayor que el ancho del artículo de metal, con fuentes magnéticas que tengan una longitud que sea aproximadamente igual o mayor que el ancho del artículo metálico. En algunos casos, los rotores magnéticos y/o las fuentes magnéticas utilizadas para calentar pueden desplazarse lateralmente para ocupar menos del 100 % del ancho lateral de la tira de metal. Los rotores magnéticos y/o fuentes magnéticas en rotores magnéticos usados para levitar (por ejemplo, rotores magnéticos en la zona de remojo) pueden ocupar menos del 100 % del ancho lateral de la tira de metal, como en 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 de la tira de metal. Según la invención, un solo rotor magnético en la zona de remojo aloja dos o más fuentes magnéticas espaciadas lateralmente entre sí. La posición lateral de las fuentes magnéticas dentro de los rotores magnéticos secuenciales (por ejemplo, rotores magnéticos secuenciales y espaciados longitudinalmente) utilizados para la levitación se desplaza entre sí, lo que da como resultado una matriz escalonada de fuentes magnéticas. La naturaleza escalonada de las fuentes magnéticas ayuda a minimizar el calentamiento no deseado y desigual durante la levitación de la tira de metal.

En algunos casos, un conjunto de rotores magnéticos para levitar la tira de metal puede colocarse solo abajo de la tira de metal, aunque no es necesario que sea el caso. En algunos casos, los rotores magnéticos se pueden colocar arriba de la tira de metal para ayudar a dirigir o conducir la tira de metal. Por ejemplo, los rotores magnéticos se pueden situar en o cerca de los bordes de la tira de metal, incluso justo después de los bordes de la tira de metal, y girar a lo largo de un eje de rotación paralelo al eje longitudinal de la tira de metal para inducir fuerzas hacia una dirección línea central longitudinal de la ruta deseada a través de la línea de tratamiento térmico o cualquier zona o equipo en particular. Estos rotores magnéticos pueden facilitar el centrado de la tira de metal. Estos rotores magnéticos de centrado se pueden colocar en cualquier lugar adecuado. En algunos casos, se pueden usar rotores magnéticos de centrado para estabilizar la tira de metal, especialmente cuando está bajo tensión baja (por ejemplo, dentro de la zona de calentamiento y/o la zona de remojo), o cuando la tira de metal está bajo compresión (por ejemplo, adyacente al desbobinador y bobinadores).

En algunos casos, cuando se utilizan rotores magnéticos abajo y arriba de la tira de metal, los rotores magnéticos colocados arriba de la tira de metal se pueden accionar entre una posición cerrada y una posición abierta. En la posición cerrada, los rotores magnéticos y, opcionalmente, cualquier pared de la cámara superior (por ejemplo, en la zona de remojo), pueden estar en posición para el funcionamiento normal. En la posición abierta, los rotores magnéticos superiores y/o las paredes de la cámara superior (por ejemplo, en la zona de remojo), se pueden mover lejos de una posición de funcionamiento normal para proporcionar más espacio para que una tira de metal se cargue o se enhebre en la línea de tratamiento térmico. Una vez que se ha cargado la tira de metal, los rotores magnéticos superiores y/o las paredes de la cámara superior se pueden mover de nuevo a la posición cerrada para el funcionamiento normal.

En algunos casos, los elementos de enfoque de flujo magnético se pueden usar adyacentes a los rotores magnéticos para redirigir el flujo magnético hacia ciertas regiones o hacia fuera. Un elemento de enfoque de flujo magnético puede ser cualquier material adecuado capaz de redirigir el flujo magnético, incluida la concentración del flujo magnético. Los elementos de enfoque de flujo magnético pueden recibir flujo magnético de fuentes magnéticas en los rotores magnéticos 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 los beneficios de proporcionar un blindaje magnético entre el rotor magnético y el equipo adyacente distinto del artículo metálico que se está calentando. Por ejemplo, los elementos de enfoque de flujo magnético pueden permitir que los rotores magnéticos adyacentes, desplazados longitudinalmente,

se sitúen más cerca entre sí con menos interacción magnética entre los dos. Los elementos de enfoque de flujo magnético pueden estar hechos de cualquier material adecuado, incluido acero aleado al 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, controladores de flujo o concentradores de flujo. Cuando se utilizan elementos de enfoque de flujo magnético, los rotores magnéticos pueden lograr resultados eficientes a velocidades de rotación más bajas y los imanes pueden situarse más lejos del artículo metálico.

Ciertos aspectos y características de la presente descripción proporcionan una línea de tratamiento térmico capaz de proporcionar un calentamiento más rápido que los hornos de convección, como aproximadamente cinco veces más rápido que los hornos de convección, y con alta eficiencia energética (por ejemplo, aproximadamente 80 % de eficiencia). Además, los rotores magnéticos pueden proporcionar un control de encendido/apagado casi instantáneo del calor. Además, ciertos aspectos y características de la presente descripción proporcionan la capacidad de hacer flotar la tira de metal en la mayor parte, si no en toda, la línea de tratamiento térmico, incluyendo al menos durante el calentamiento y/o remojo de la tira de metal, optimizando así la calidad de la superficie. Ciertos aspectos y características de la presente descripción también pueden proporcionar diversos beneficios en un tamaño muy compacto. No solo se puede minimizar la longitud longitudinal de la línea de tratamiento térmico 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, mejorando así la eficiencia del uso del gas. En algunos casos, ciertos aspectos y características de la presente descripción son capaces de proporcionar otros beneficios metalúrgicos a la tira 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 descripción son capaces de minimizar la migración de magnesio indeseable durante ciertos procedimientos de calentamiento.

En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones identificadas por los números AA y otras designaciones relacionadas, como "series" o "7xxx". Para comprender el sistema de designación de números más comúnmente utilizado para nombrar e identificar el 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 esta invención, una placa generalmente tiene un espesor en un intervalo de 5 mm a 50 mm. Por ejemplo, una placa puede referirse a un producto de aluminio que tiene un espesor de aproximadamente 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 esta invención, una lona (también denominada placa de hoja) generalmente tiene un espesor de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una lona puede tener un grosor 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 esta invención, una hoja generalmente se refiere a un producto de aluminio que tiene un espesor de menos de aproximadamente 4 mm. Por ejemplo, una hoja puede tener un espesor de menos de 4 mm, menos de 3 mm, menos de 2 mm, menos de 1 mm, menos de 0,5 mm, menos de 0,3 mm o menos de 0,1 mm.

En esta solicitud se hace referencia al temple o condición de la aleación. Para comprender las descripciones de temple de aleación más comúnmente utilizadas, consulte «Normas nacionales estadounidenses (ANSI) H35 sobre sistemas de designación de aleación y temple». Una condición o temple F se refiere a una aleación de aluminio fabricada. Una condición o temple O se refiere a una aleación de aluminio después del recocido. Una condición o temple T4 se refiere a una aleación de aluminio después del tratamiento térmico en solución (es decir, la disolución) seguido de un envejecimiento natural. Una condición o temple T6 se refiere a una aleación de aluminio después de un tratamiento térmico en solución seguido de envejecimiento artificial. Una condición o temple T7 se refiere a una aleación de aluminio después del tratamiento térmico en solución y luego seguido de un sobre-envejecimiento o estabilización. Una condición o temple T8 se refiere a una aleación de aluminio después del tratamiento térmico en solución, seguido de trabajo en frío y a continuación envejecimiento artificial. Una condición o temple T9 se refiere a una aleación de aluminio después del tratamiento térmico de la solución, seguido de envejecimiento artificial y a continuación trabajo en frío. Una condición o temple H1 se refiere a una aleación de aluminio después del endurecimiento por deformación. Una condición o temple H2 se refiere a una aleación de aluminio después de un endurecimiento por deformación seguido de un recocido parcial. Una condición o temple H3 se refiere a una aleación de aluminio después del endurecimiento por deformación y la estabilización. Un segundo dígito después de la condición HX o temple (por ejemplo, H1X) indica el grado final de endurecimiento por deformación.

Como se usa en esta invención, el significado de «temperatura ambiente» puede incluir una temperatura de

aproximadamente 15 °C a aproximadamente 30 °C, por ejemplo aproximadamente 15 °C, aproximadamente 16 °C, aproximadamente 17 °C, aproximadamente 18 °C, aproximadamente 19 °C, aproximadamente 20 °C, aproximadamente 21 °C, aproximadamente 22 °C, aproximadamente 23 °C, aproximadamente 24 °C, aproximadamente 25 °C, aproximadamente 26 °C, aproximadamente 27 °C, aproximadamente 28 °C, 5 aproximadamente 29 °C o aproximadamente 30 °C. Como se usa en esta invención, el significado de «condiciones ambientales» puede incluir temperaturas de aproximadamente temperatura ambiente, humedad relativa de aproximadamente 20 % a aproximadamente 100 % y presión barométrica de aproximadamente 975 milibares (mbar) a aproximadamente 1050 mbar. Por ejemplo, la humedad relativa puede ser alrededor del 20 %, alrededor del 21 %, alrededor del 22 %, alrededor del 23 %, alrededor del 24 %, alrededor del 25 %, alrededor del 26 %, alrededor del 10 27 %, alrededor del 28 %, alrededor del 29 %, alrededor del 30 %, alrededor del 31 %, alrededor del 32 %, alrededor del 33 %, alrededor del 34 %, alrededor del 35 %, alrededor del 36 %, alrededor del 37 %, alrededor del 38 %, alrededor del 39 %, alrededor del 40 %, alrededor del 41 %, alrededor del 42 %, alrededor del 43 %, alrededor del 44 %, alrededor del 45 %, alrededor del 46 %, alrededor del 47 %, alrededor del 48 %, alrededor del 49 %, alrededor del 50 %, alrededor del 51 %, alrededor del 52 %, alrededor del 53 %, alrededor del 54 %, alrededor del 55 %, 15 alrededor del 56 %, alrededor del 57 %, alrededor del 58 %, alrededor del 59 %, alrededor del 60 %, alrededor del 61 %, alrededor del 62 %, alrededor del 63 %, alrededor del 64 %, alrededor del 65 %, alrededor del 66 %, alrededor del 67 %, alrededor del 68 %, alrededor del 69 %, alrededor del 70 %, alrededor del 71 %, alrededor del 72 %, alrededor del 73 %, alrededor del 74 %, alrededor del 75 %, alrededor del 76 %, alrededor del 77 %, alrededor del 78 %, alrededor del 79 %, alrededor del 80 %, alrededor del 81 %, alrededor del 82 %, alrededor del 83 %, alrededor del 20 del 84 %, alrededor del 85 %, alrededor del 86 %, alrededor del 87 %, alrededor del 88 %, alrededor del 89 %, alrededor del 90 %, alrededor del 91 %, alrededor del 92 %, alrededor del 93 %, alrededor del 94 %, alrededor del 95 %, alrededor del 96 %, alrededor del 97 %, alrededor del 98 %, alrededor del 99 %, alrededor del 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 25 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. Las condiciones ambientales pueden variar según la ubicación, de manera que lo que es «ambiente» en una ubicación puede ser diferente de lo que es «ambiente» en otra ubicación. Como tal, ambiente no es una temperatura fija o un intervalo establecido.

30 Se debe entender que todos los intervalos descritos en esta invención abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en el mismo. Por ejemplo, un intervalo establecido de «1 a 10» debe considerarse que incluye todos y cada uno de 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, p. ej. 1 a 6,1 y terminando con un valor máximo de 10 35 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 cero por ciento de ese elemento particular. A menos que se indique lo contrario, todos los porcentajes de composición están en porcentaje en peso (% en peso).

40 Como se usan en esta invención, el significado de "un", "una" y "el/la" incluyen las referencias en singular y plural, a menos que el contexto dicte claramente lo contrario.

Las aleaciones descritas en esta invención se pueden colar usando cualquier procedimiento de fundición adecuado conocido por los expertos en la técnica. Como algunos ejemplos no limitantes, el procedimiento de fundición puede 45 incluir un procedimiento de fundición de frío directo (DC) o un procedimiento de fundición continua (CC). El sistema de fundición continua puede incluir un par de superficies de fundición opuestas en movimiento (por ejemplo, correas, rodillos o bloques opuestos en movimiento), una cavidad de fundición entre el par de superficies de colada opuestas en movimiento y un inyector de metal fundido. El inyector de metal fundido puede tener una abertura final por la que el metal fundido puede salir del inyector de metal fundido y ser inyectado en la cavidad de fundición. En algunos casos, 50 aspectos de la presente descripción pueden ser especialmente adecuados para su uso con un artículo de metal de fundición continua.

Los productos de aleación de aluminio descritos en esta invención se pueden usar en aplicaciones de automoción y otras aplicaciones de transporte, incluidas aplicaciones aeronáuticas y ferroviarias, o cualquier otra aplicación 55 adecuada. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio descritos se pueden utilizar para preparar piezas estructurales de automóviles, como parachoques, vigas laterales, vigas de techo, vigas transversales, refuerzos de pilares (por ejemplo, pilares A, pilares B y pilares C), interiores paneles, paneles laterales, capotas interiores, capotas exteriores o paneles de tapa de maletero. Los productos y procedimientos de aleación de aluminio descritos en esta invención también se pueden usar en aplicaciones de vehículos ferroviarios o de aviones, para 60 preparar, por ejemplo, paneles externos e internos. Ciertos aspectos y características de la presente descripción

pueden proporcionar artículos metálicos con cualidades superficiales y metalúrgicas mejoradas, lo que puede dar como resultado una capacidad de unión y formabilidad mejoradas, que pueden ser especialmente deseables para cualquiera de las aplicaciones mencionadas en esta invención, así como para otras.

- 5 Los productos y procedimientos de aleación de aluminio descritos en esta invención también se pueden usar en aplicaciones electrónicas. Por ejemplo, los productos y procedimientos de aleación de aluminio descritos en esta invención se pueden usar para preparar carcasas para dispositivos electrónicos, incluidos teléfonos móviles y tabletas. En algunos ejemplos, los productos de aleación de aluminio se pueden usar para preparar carcasas para la cubierta exterior de teléfonos móviles (por ejemplo, teléfonos inteligentes), chasis de la base de una tableta y otros dispositivos
10 electrónicos portátiles.

Estos ejemplos ilustrativos se proporcionan para presentarle al lector la materia general discutida en la presente y no se pretende que limiten el alcance de los conceptos descritos. Las siguientes secciones describen varias características y ejemplos adicionales con referencia a los dibujos en los cuales los números similares indican
15 elementos similares y se usan descripciones direccionales para describir las modalidades ilustrativas pero, al igual que las realizaciones ilustrativas, no deberían utilizarse para limitar la presente descripción. Los elementos incluidos en las ilustraciones en esta invención pueden no estar dibujados a escala y algunas dimensiones pueden estar exageradas con fines ilustrativos.

- 20 La FIG. 1 es un diagrama esquemático representativo que muestra una línea de procesamiento 100 para tratamiento térmico continuo según ciertos aspectos de la presente descripción. La línea de procesamiento 100 puede ser una línea de tratamiento térmico para procesar una tira de metal 120 u otro artículo metálico. La tira de metal puede avanzar en una dirección 146 aguas abajo a través de varias zonas o elementos de la línea 100 de procesamiento. En algunos casos, la línea de procesamiento 100 incluye cada una de las zonas representadas en la FIG. 1, sin embargo, no tiene
25 por qué ser así. Puede utilizarse cualquier combinación adecuada de zonas. En algunos casos, una línea de procesamiento 100 incluye al menos una zona de calentamiento 106, una zona de remojo 108 y una zona de enfriamiento 110. En algunos casos, la línea de procesamiento 100 también incluye al menos una zona de recalentamiento 114. Si bien la disposición de zonas y/o elementos se puede ajustar según sea necesario, ciertos aspectos de la presente descripción incluyen la zona de enfriamiento 110 inmediatamente después de la zona de
30 remojo 108, que sigue inmediatamente a la zona de calentamiento 106.

La tira de metal 120 se puede desenrollar inicialmente de una bobina de arranque mediante un desbobinador 102. El desbobinador puede pasar la tira de metal 120 a una zona de ajuste de tensión 104. Dentro de la zona de ajuste de tensión 104, un conjunto de rotores magnéticos puede hacer levitar la tira de metal 120 y controlar la tensión en la tira
35 de metal. Durante una operación de enhebrado, la zona de ajuste de tensión 104 puede aumentar la tensión en la tira de metal 120 (por ejemplo, aumentar la tensión de izquierda a derecha en la dirección de aguas abajo 146), sin embargo, durante el procesamiento de tratamiento térmico estándar, la zona de ajuste de tensión 104 puede disminuir (por ejemplo, disminuir) tensión en la tira de metal 120.

- 40 En algunos casos, una zona de soldadura o unión 170 puede colocarse junto con la zona de ajuste de tensión. La zona de soldadura o unión 170 puede incluir un soldador en movimiento u otro dispositivo de unión capaz de soldar o unir extremos libres de tiras metálicas consecutivas, permitiendo que la línea de procesamiento 100 opere continuamente a través de múltiples bobinas de tira de metal 120.

45 La tira de metal 120 puede pasar a una zona de calentamiento 106, en la que uno o más conjuntos de rotores magnéticos pueden calentar y hacer levitar la tira de metal 120. La tira de metal 120 se puede calentar a una temperatura deseada, tal como una temperatura de disolución. La tira de metal 120 que sale de la zona de calentamiento 106 a la temperatura deseada puede entrar en una zona de remojo 108, en la que la temperatura de la tira de metal 120 (por ejemplo, temperatura máxima del metal) se mantiene a la temperatura deseada durante un
50 tiempo (por ejemplo, la duración de la zona de remojo 108). Uno o más conjuntos de rotores magnéticos pueden hacer levitar la tira de metal 120 dentro de la zona de remojo 108, sin necesidad de levitación basada en fluidos. En algunos casos, la zona de remojo 108 puede incluir una cámara llena de gas a través de la cual pasa la tira de metal 120, que puede llenarse con un gas inerte, un gas mínimamente reactivo o un gas de tratamiento.

55 Después de salir de la zona de remojo 108, la tira de metal 120 puede entrar en una zona de enfriamiento 110, en la que la tira de metal 120 puede enfriarse rápidamente. La zona de enfriamiento 110 puede incluir una o más boquillas de refrigerante para dispensar refrigerante sobre la tira de metal. Además, un conjunto de rotores magnéticos puede hacer levitar la tira de metal a través de la zona de enfriamiento 110. En algunos casos, se puede utilizar un sistema de control de planitud de bucle cerrado en la zona de enfriamiento 110, que incluye un sensor para medir la planitud
60 y uno o más controles para ajustar la distribución del fluido refrigerante para lograr la planitud deseada. En algunos

casos, un sistema de control de planitud de bucle cerrado está aguas abajo de la zona de enfriamiento 110.

La tira de metal 120 puede pasar a través de una zona de nivelación y/o microtexturización 112, que puede estar ubicada aguas abajo de una zona de enfriamiento 110. En la zona de nivelación y/o microtexturización 112, la tira de metal puede pasar entre uno o más conjuntos de rodillos diseñados para nivelar y/o texturizar la tira de metal 120, sin reducir de manera significativa o sustancial el espesor total de la tira de metal 120. Un conjunto de rotores magnéticos puede hacer levitar la tira de metal 120 en la zona de nivelación y/o microtexturización 112 en el lado de aguas arriba y aguas abajo de los rodillos, y puede facilitar el control de la tensión de la tira de metal 120 a medida que pasa a través de los rodillos.

10

La tira de metal 120 puede pasar a través de una zona de revestimiento y/o lubricación 113, que puede estar ubicada aguas abajo de la zona de enfriamiento 110 y puede estar ubicada aguas abajo de una nivelación y/o zona de microtexturización 112. Al pasar a través de la zona de recubrimiento y/o lubricación 113, la tira de metal 120 puede recubrirse con cualquier recubrimiento adecuado y/o lubricarse con cualquier lubricante adecuado, tal como un recubrimiento y/o lubricante líquido o sólido. Un conjunto de rotores magnéticos puede hacer levitar la tira de metal 120 a través de la zona de recubrimiento y/o lubricación 113.

15

La tira de metal 120 puede pasar a través de una zona de recalentamiento 114, que puede estar ubicada aguas abajo de la zona de enfriamiento 110, puede estar ubicada aguas abajo de una zona de nivelación y/o microtexturización 112, y puede ubicarse aguas abajo de una zona 113 de revestimiento y/o lubricación. En la zona de recalentamiento 114, la tira de metal 120 se puede calentar, tal como a una temperatura para enrollar, almacenar y/o envejecer. Puede usarse cualquier dispositivo de calentamiento adecuado, aunque en algunos casos, la zona de recalentamiento 114 incluye un conjunto de imanes que calientan la tira de metal 120. Uno o más conjuntos de rotores magnéticos, que pueden incluir el conjunto de rotores magnéticos para calentar la tira de metal 120, pueden hacer levitar la tira de metal 120 a través de la zona de recalentamiento 114. En algunos casos en los que la tira de metal pasa a través de una zona de revestimiento y/o lubricación 113, la zona de recalentamiento 114 puede calentar suficientemente la tira de metal 120 para curar el revestimiento y/o lubricante y/o facilitar el flujo para que se extienda uniformemente sin sobrecalentamiento.

25

La tira de metal 120 se puede enrollar en una bobina final mediante un bobinador 118. El bobinador 118 puede recibir la tira de metal tratada térmicamente 120 directamente desde una zona de enfriamiento 110, una zona de recalentamiento 114, una zona de ajuste de tensión final 116 o cualquier otra zona apropiada. Los rotores magnéticos en la zona inmediatamente aguas arriba, como una zona de ajuste de tensión final 116, pueden controlar la tensión en la tira de metal 120. Generalmente, estos rotores magnéticos pueden aumentar la tensión en la tira de metal para facilitar el enrollado por el bobinador 118. En algunos casos, los rotores magnéticos también pueden disminuir la tensión, si es necesario.

35

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que representa una línea de procesamiento 200 para tratamiento térmico continuo según ciertos aspectos de la presente descripción. La línea de procesamiento 200 es un ejemplo de una línea de procesamiento similar a la línea de procesamiento 100 de la FIG. 1. Un desbobinador 202 puede desenrollar la tira de metal 220 que luego puede pasar a través de una zona de ajuste de tensión 204, una zona de calentamiento 206, una zona de remojo 208, una zona de enfriamiento 210, una zona de nivelación y/o microtexturización 212, y una zona de ajuste de tensión final 116, antes de ser enrollada por un bobinador 218.

40

Cerca del desbobinador 202, un rodillo desbobinador 222 puede dirigir la tira de metal 220 hacia una línea de paso deseada a través de la línea de procesamiento 200. El rodillo desbobinador 222 también puede incluir celdas de carga para medir la tensión en la tira de metal 220. El rodillo desbobinador 222 puede proporcionar medidas de tensión a un controlador 236, que puede usar las medidas para controlar los rotores magnéticos 224 de la zona de ajuste de tensión 204 para conseguir una tensión deseable en la tira de metal 220 adecuada para desenrollar. La zona de ajuste de tensión 204 también puede actuar para reducir la tensión en la tira de metal 220 de modo que se mantenga suficiente tensión aguas arriba de la zona de ajuste de tensión 204 para desenrollar y que se mantenga baja tensión aguas abajo de la zona de ajuste de tensión 204 para un tratamiento térmico mejorado.

50

En la zona de calentamiento 206, la tira de metal 220 puede pasar a través de espacios entre múltiples pares de rotores magnéticos 226. Como se muestra en la FIG. 2, los rotores magnéticos 226 para calentar pueden tener un diámetro mayor que los rotores magnéticos 224 usados para levitación o control de tensión. Los rotores magnéticos 226 para calentamiento pueden tener otras diferencias con los rotores magnéticos 224 para control de levitación o tensión, tales como fuerza magnética, posición, velocidad de rotación, concentradores de flujo u otras diferencias tales como las descritas en esta invención. A medida que la tira de metal 220 pasa a través de la zona de calentamiento 206, la tira de metal 220 puede ser calentada y levitada por cada uno de los rotores magnéticos 226. Al salir de la

60

zona de calentamiento 206, la tira de metal 220 puede estar a la temperatura deseada, tal como una temperatura de disolución. Los sensores en la zona de calentamiento 206 pueden proporcionar la temperatura y/u otras mediciones al controlador 236, que puede usar las mediciones para ajustar los rotores magnéticos 226 en la zona de calentamiento 206 para lograr la temperatura deseada.

5

La tira de metal 220 puede salir de la zona de calentamiento 206 a una zona de remojo 208, en la que la tira de metal 220 puede pasar a través de un horno de remojo 228. El horno de remojo 228 puede ser un horno de gas, un horno de aire caliente u otro horno adecuado para mantener la temperatura de la tira de metal 220. En algunos casos, el horno de remojo 228 incluye uno o más rotores magnéticos 224 para levitar la tira de metal y, opcionalmente, proporcionar algo de calor para facilitar el mantenimiento de la temperatura deseada. El horno de remojo 228 puede tener una longitud suficiente para que la tira de metal 220 mantenga la temperatura deseada durante un tiempo deseado a la velocidad a la que se mueve la tira de metal 220 a través del horno de remojo 228 en la dirección aguas abajo 246. Los sensores en la zona de remojo 208 pueden proporcionar temperatura y/u otras mediciones al controlador 236, que puede usar las mediciones para ajustar el horno de remojo 228 para asegurar que la tira de metal 220 se mantenga a la temperatura deseada.

Al salir de la zona de remojo 208, la tira de metal 220 puede entrar en la zona de enfriamiento 210. En la zona de enfriamiento 210, la tira de metal 220 puede levitar opcionalmente mediante un conjunto de rotores magnéticos 224. En la zona de enfriamiento 210, una o más boquillas de refrigerante 230 pueden dispensar fluido refrigerante 232 sobre la tira de metal 220 para enfriar rápidamente la tira de metal 220. Los sensores en la zona de enfriamiento 210 pueden proporcionar temperatura y/u otras medidas al controlador 236, que luego puede ajustar las boquillas de refrigerante 230 para asegurar que se mantenga una tasa de enfriamiento deseada. En algunos casos, se puede colocar un sensor de planitud 234 en o aguas abajo de la zona de enfriamiento 210. Se pueden proporcionar mediciones desde el sensor de planitud al controlador 236, que puede usar las mediciones para ajustar las boquillas de refrigerante 230 para lograr un perfil deseado de fluido refrigerante 232 que se dispensa a través del ancho lateral de la tira de metal 220 que puede mejorar la planitud de la tira de metal 220.

La tira de metal 220 puede atravesar una zona de nivelación y/o microtexturización 112. En la zona de nivelación y/o microtexturización 112, la tira de metal 220 puede pasar entre uno o más conjuntos de rodillos de nivelación y/o microtexturización 238. Los rodillos de nivelación y/o microtexturización 238 pueden impartir una textura deseable sobre la superficie de la tira de metal 220 y/o facilitar la nivelación de la tira de metal 220. En algunos casos, los sensores en la zona de nivelación y/o microtexturización 112 pueden proporcionar retroalimentación al controlador 236, que puede usar las mediciones para controlar los rodillos de nivelación y/o microtexturización 238 para facilitar la mejora de la nivelación de la tira de metal 220.

35

La tira de metal 220 puede pasar a través de una zona de recalentamiento 214 en la que la tira de metal 220 puede calentarse mediante un conjunto de rotores magnéticos 226. Los rotores magnéticos 226 en la zona de recalentamiento 214 pueden ser más pequeños o diferentes de los rotores magnéticos 226 de la zona de calentamiento 206. En algunos casos, los rotores magnéticos 226 en la zona de recalentamiento 214 pueden ser idénticos a los rotores magnéticos 224 usados para la levitación en otras zonas. Los sensores en la zona de recalentamiento 214 pueden proporcionar temperatura y/u otras mediciones al controlador 236, que puede usar las mediciones para ajustar los rotores magnéticos 226 en la zona de recalentamiento 214 para lograr una temperatura de recalentamiento deseada.

Como se muestra en la línea de procesamiento 200 de la FIG. 2, la zona de recalentamiento 214 también actúa como una zona de ajuste de tensión final 216. El control de los rotores magnéticos 226 de la zona de recalentamiento 214 puede recalentar la tira de metal 220 y controlar la tensión en la tira de metal, de manera que se consiga una tensión adecuada para el rebobinado por el bobinador 218. La tira de metal 220 puede pasar sobre un rodillo bobinador 240 antes de ser enrollada por el bobinador 218. El rodillo bobinador 240 puede proporcionar mediciones de tensión a un controlador 236, que puede ajustar los rotores magnéticos 224 de la zona de ajuste de tensión final 216 (por ejemplo, la zona de recalentamiento 214) para conseguir una tensión en la tira de metal 220 adecuada para enrollar. La zona de ajuste de tensión final 216 también puede actuar para aumentar la tensión en la tira de metal 220 de modo que se mantenga baja tensión aguas arriba de la zona de ajuste de tensión final 216 para un tratamiento térmico mejorado y para que se mantenga suficiente tensión aguas abajo de la zona de ajuste de tensión final 216 para enrollar. .

55

La FIG. 3 es un diagrama esquemático que representa una línea de procesamiento 300 para tratamiento térmico continuo que tiene un horno de remojo magnético 328 según ciertos aspectos de la presente descripción. La línea de procesamiento 300 es un ejemplo de una línea de procesamiento similar a la línea de procesamiento 100 de la FIG.

1. Un desbobinador 302 puede desenrollar una tira de metal 320 que luego puede pasar a través de una zona de ajuste de tensión combinada 304 y una zona de calentamiento 306, una zona de remojo 308, una zona de enfriamiento

60

310, una zona de nivelación y/o microtexturización 312, y una zona de tensión final zona de ajuste 116, antes de ser enrollada por un bobinador 318.

5 Cerca del desbobinador 302, un rodillo desbobinador 322 puede dirigir la tira de metal 320 hacia una línea de paso deseada a través de la línea de procesamiento 300. El rodillo desbobinador 322 también puede incluir celdas de carga para medir la tensión en la tira de metal 320. El rodillo desbobinador 322 puede proporcionar mediciones de tensión a un controlador 336, que puede usar las medidas para controlar los rodillos magnéticos 326 de la zona de ajuste de tensión 304 (por ejemplo, la zona de calentamiento 306) para lograr una tensión deseable en la tira de metal 320 adecuada para desenrollar. La zona de ajuste de tensión 304 también puede actuar para reducir la tensión en la tira de metal 320 de modo que se mantenga suficiente tensión aguas arriba de la zona de ajuste de tensión 304 para desenrollar y que se mantenga baja tensión aguas abajo de la zona de ajuste de tensión 304 para un tratamiento térmico mejorado.

15 En la zona de calentamiento 306, la tira de metal 320 puede pasar a través de espacios entre múltiples pares de rotores magnéticos 326. Como se muestra en la FIG. 3, los rotores magnéticos 326 para calentar pueden tener un diámetro mayor que los rotores magnéticos 324 usados para levitación o control de tensión. Los rotores magnéticos 326 para calentamiento pueden tener otras diferencias con los rotores magnéticos 324 para control de levitación o tensión, tales como fuerza magnética, posición, velocidad de rotación, concentradores de flujo u otras diferencias tales como las descritas en esta invención. A medida que la tira de metal 320 pasa a través de la zona de calentamiento 20 306, la tira de metal 320 puede ser calentada y levitada por cada uno de los rotores magnéticos 326. Al salir de la zona de calentamiento 306, la tira de metal 320 puede estar a la temperatura deseada, tal como una temperatura de disolución. Los sensores en la zona de calentamiento 306 pueden proporcionar la temperatura y/u otras mediciones al controlador 336, que puede usar las mediciones para ajustar los rotores magnéticos 326 en la zona de calentamiento 306 para lograr la temperatura deseada.

25 La tira de metal 320 puede salir de la zona de calentamiento 306 a una zona de remojo 308, en la que la tira de metal 320 puede pasar a través de un horno de remojo 328. El horno de remojo 328 puede ser un horno basado en rotor magnético para mantener la temperatura de la tira de metal 320. Puede colocarse un conjunto de rotores magnéticos 324 junto a la tira de metal 320 para hacer levitar la tira de metal 320 a través de la zona de remojo 308. En algunos 30 casos, los rotores magnéticos 324 también pueden generar una cantidad de calor para ayudar a facilitar el mantenimiento de la temperatura deseada en la tira de metal. En algunos casos, el horno de remojo 328 incluye una cámara definida, al menos en parte, por una pared superior 342 y una pared inferior 344. Pueden incluirse paredes laterales y no son visibles en la FIG. 3. La cámara puede recibir gas de un suministro de gas 368. La tira de metal 320 se puede soportar en la cámara llena de gas en toda la zona de remojo 308. El horno de remojo 328 puede tener una 35 longitud suficiente para que la tira de metal 320 mantenga la temperatura deseada durante un tiempo deseado a la velocidad a la que se mueve la tira de metal 320 a través del horno de remojo 328 en la dirección aguas abajo 346. Los sensores en la zona de remojo 308 pueden proporcionar temperatura y/u otras mediciones al controlador 336, que puede usar las mediciones para ajustar el horno de remojo 328 para asegurar que la tira de metal 320 se mantenga a la temperatura deseada. Dichos ajustes pueden incluir ajustar una temperatura del suministro de gas 368, ajustar 40 uno o más de los rotores magnéticos 324 en la zona de remojo 308, ajustar una o más boquillas de refrigerante dentro de la cámara llena de gas o realizar otras acciones.

Al salir de la zona de remojo 308, la tira de metal 320 puede entrar en la zona de enfriamiento 310. En la zona de enfriamiento 310, la tira de metal 320 puede levitar opcionalmente mediante un conjunto de rotores magnéticos 324. 45 En la zona de enfriamiento 310, una o más boquillas de refrigerante 330 pueden dispensar fluido refrigerante 332 sobre la tira de metal 320 para enfriar rápidamente la tira de metal 320. Los sensores en la zona de enfriamiento 310 pueden proporcionar temperatura y/u otras medidas al controlador 336, que luego puede ajustar las boquillas de refrigerante 330 para asegurar que se mantenga una tasa de enfriamiento deseada. En algunos casos, se puede colocar un sensor de planitud 334 en o aguas abajo de la zona de enfriamiento 310. Se pueden proporcionar 50 mediciones desde el sensor de planitud al controlador 336, que puede usar las mediciones para ajustar las boquillas de refrigerante 330 para lograr un perfil deseado de fluido refrigerante 332 que se dispensa a través del ancho lateral de la tira de metal 320 que puede mejorar la planitud de la tira de metal 320.

La tira de metal 320 puede atravesar una zona de nivelación y/o microtexturización 112. En la zona de nivelación y/o 55 microtexturización 112, la tira de metal 320 puede pasar entre uno o más conjuntos de rodillos de nivelación y/o microtexturización 338. Los rodillos de nivelación y/o microtexturización 338 pueden impartir una textura deseable sobre la superficie de la tira de metal 320 y/o facilitar la nivelación de la tira de metal 320. En algunos casos, los sensores en la zona de nivelación y/o microtexturización 112 pueden proporcionar retroalimentación al controlador 336, que puede usar las mediciones para controlar los rodillos de nivelación y/o microtexturización 338 para facilitar la 60 mejora de la nivelación de la tira de metal 320.

La tira de metal 320 puede pasar a través de una zona de recalentamiento 314 en la que la tira de metal 320 puede calentarse mediante un conjunto de rotores magnéticos 326. Los rotores magnéticos 326 en la zona de recalentamiento 314 pueden ser más pequeños o diferentes de los rotores magnéticos 326 de la zona de calentamiento 306. En algunos casos, los rotores magnéticos 326 en la zona de recalentamiento 314 pueden ser idénticos a los rotores magnéticos 324 usados para la levitación en otras zonas. Los sensores en la zona de recalentamiento 314 pueden proporcionar temperatura y/u otras mediciones al controlador 336, que puede usar las mediciones para ajustar los rotores magnéticos 326 en la zona de recalentamiento 314 para lograr una temperatura de recalentamiento deseada.

10

Como se muestra en la línea de procesamiento 300 de la FIG. 3, la zona de recalentamiento 314 también actúa como una zona de ajuste de tensión final 316. El control de los rotores magnéticos 326 de la zona de recalentamiento 314 puede recalentar la tira de metal 320 y controlar la tensión en la tira de metal, de manera que se consiga una tensión adecuada para el bobinado por el bobinador 318. La tira de metal 320 puede pasar sobre un rodillo bobinador 340 antes de ser enrollada por el bobinador 318. El rodillo bobinador 340 puede proporcionar mediciones de tensión a un controlador 336, que puede ajustar los rotores magnéticos 324 de la zona de ajuste de tensión final 316 (por ejemplo, la zona de recalentamiento 314) para conseguir una tensión en la tira de metal 320 adecuada para enrollar. La zona de ajuste de tensión final 316 también puede actuar para aumentar la tensión en la tira de metal 320 de modo que se mantenga baja tensión aguas arriba de la zona de ajuste de tensión final 316 para un tratamiento térmico mejorado y para que se mantenga suficiente tensión aguas abajo de la zona de ajuste de tensión final 316 para enrollar.

15

20

La FIG. 4 es una combinación de diagrama esquemático y un gráfico de temperatura 448 que representa una zona de calentamiento 406 y una zona de remojo 408 de una línea de procesamiento según ciertos aspectos de la presente descripción. El gráfico de temperatura 448 está alineado con la zona de calentamiento 406 y la zona de remojo 408 para mostrar una temperatura aproximada de 450 (por ejemplo, la temperatura máxima del metal) de la tira de metal 420 en diferentes momentos y/o distancias a lo largo de la línea de procesamiento. La zona de calentamiento 406 y la zona de remojo 408 de la FIG. 4 puede ser la zona de calentamiento 106 y la zona de remojo 108 de la FIG. 1. Una tira de metal 420 puede viajar a través de la zona de calentamiento 406 y la zona de remojo 408 en una dirección aguas abajo 446.

25

30

En la zona de calentamiento 406, un conjunto de rotores magnéticos 426 puede calentar la tira de metal 420 para elevar la temperatura de la tira de metal 420. El conjunto de rotores magnéticos 426 incluye seis pares de rotores magnéticos 436 separados longitudinalmente entre sí, con cada par de rotores magnéticos 436 incluyendo rotores magnéticos superior e inferior frente a lados opuestos de la tira metálica 420. En algunos casos, el conjunto de rotores magnéticos 426 puede incluir otros números de rotores magnéticos en otras configuraciones y/u orientaciones. El gráfico de temperatura 448 muestra que la temperatura 450 de la tira de metal 420 aumenta a medida que la tira de metal 420 pasa por cada uno de los pares de rotores magnéticos 436. La temperatura 450 de la tira de metal 420 aumenta desde una temperatura de entrada 454 hasta una temperatura de punto de ajuste deseada 452 (por ejemplo, una temperatura de disolución) dentro de la zona de calentamiento 406.

30

35

40

En la zona de remojo 408, un conjunto de rotores magnéticos 424 levita la tira de metal 420, permitiendo que la tira de metal 420 se remoje a la temperatura de punto de ajuste deseada 452 durante un tiempo deseado. Se pueden usar dispensadores de refrigerante opcionales para ayudar a mantener la temperatura 450 a la temperatura de punto de ajuste deseada 452, para compensar cualquier efecto de calentamiento del conjunto de rotores magnéticos 424. El conjunto de rotores magnéticos 424 puede incluir varios rotores magnéticos 424, tales como 31 rotores magnéticos 424. Cada rotor magnético 424 puede incluir una o más fuentes magnéticas espaciadas lateralmente que ocupan menos del ancho total de la tira de metal 420 (por ejemplo, en o menos de aproximadamente 95 %, 90 %, 85 %, 80 %, 75 %, 70 %, 65 %, 60 %, 55 %, 50 %, 45 %, 40 %, 35 %, 30 %, 25 %, 20 %, 15 % o 10 % del ancho lateral de la tira de metal 420).

40

45

50

Una cámara para contener una atmósfera inerte se puede definir en parte por una pared superior 442 y una pared inferior 444, así como paredes laterales (no mostradas). Cada una de la pared superior 442 y la pared inferior 444, así como opcionalmente las paredes laterales, pueden estar hechas de un material no conductor y térmicamente aislante. La tira de metal 420 puede pasar entre la pared superior 442 y la pared inferior 444 a medida que viaja a través del aparato de calentamiento 400. Los rotores magnéticos 426 en la zona de calentamiento 406 y los rotores magnéticos 424 en la zona de remojo 408 se pueden colocar fuera de la cámara, frente a la pared superior 442 y/o la pared inferior 444 de la tira de metal 420. Como se muestra en la FIG. 4, las paredes 442, 444 de la cámara se extienden longitudinalmente por toda la zona de calentamiento 406 y la zona de remojo 408. En algunos otros casos, como se muestra en la FIG. 3, las paredes de la cámara no pueden extenderse hacia la zona de calentamiento. La zona de remojo 408 puede tener una longitud suficiente para lograr una duración de remojo deseada 456. La duración de

50

55

60

Una cámara para contener una atmósfera inerte se puede definir en parte por una pared superior 442 y una pared inferior 444, así como paredes laterales (no mostradas). Cada una de la pared superior 442 y la pared inferior 444, así como opcionalmente las paredes laterales, pueden estar hechas de un material no conductor y térmicamente aislante. La tira de metal 420 puede pasar entre la pared superior 442 y la pared inferior 444 a medida que viaja a través del aparato de calentamiento 400. Los rotores magnéticos 426 en la zona de calentamiento 406 y los rotores magnéticos 424 en la zona de remojo 408 se pueden colocar fuera de la cámara, frente a la pared superior 442 y/o la pared inferior 444 de la tira de metal 420. Como se muestra en la FIG. 4, las paredes 442, 444 de la cámara se extienden longitudinalmente por toda la zona de calentamiento 406 y la zona de remojo 408. En algunos otros casos, como se muestra en la FIG. 3, las paredes de la cámara no pueden extenderse hacia la zona de calentamiento. La zona de remojo 408 puede tener una longitud suficiente para lograr una duración de remojo deseada 456. La duración de

60

remojo 456 puede ser la duración del tiempo durante el cual la temperatura máxima del metal de la tira de metal 420 está en o aproximadamente en la temperatura de punto de ajuste deseada 452.

La FIG. 5 es una vista lateral en corte de un rotor magnético permanente 500 según ciertos aspectos de la presente descripción. El rotor magnético permanente 500 es un ejemplo de un rotor magnético, tal como los rotores magnéticos 224, 226 de la FIG. 2. El rotor magnético 500 puede incluir una o más fuentes magnéticas 550. Como se ve en la FIG. 5, el rotor magnético 500 incluye ocho fuentes magnéticas 550 que son imanes permanentes. Los imanes pueden disponerse en cualquier orientación adecuada. Las fuentes magnéticas 550 pueden disponerse de modo que imanes permanentes adyacentes proporcionen diferentes polos que miran radialmente hacia fuera (por ejemplo, alternando N, S, N, S, N, S, N, S). Puede usarse cualquier imán permanente adecuado, como samario, cobalto, neodimio u otros imanes. En algunos casos, los imanes de samario y cobalto pueden ser deseables sobre los imanes de neodimio, ya que los imanes de samario y cobalto pueden disminuir la intensidad del campo magnético con mayor lentitud con temperaturas más altas. Sin embargo, en algunos casos, los imanes de neodimio pueden ser deseables sobre los imanes de cobalto de samario, ya que los imanes de neodimio tienen intensidades de campo más fuertes a temperaturas más frías.

Las fuentes magnéticas 550 pueden estar encerradas por una carcasa 552. La carcasa 552 puede ser de cualquier material adecuado capaz de permitir que el flujo magnético pase a su través. En algunos casos, la carcasa 552 puede estar hecha de o puede incluir además un revestimiento no metálico. En algunos casos, la carcasa 552 puede incluir un revestimiento de mezcla de Kevlar® o Kevlar®. En algunos casos, la carcasa 552 puede incluir partes diseñadas para redirigir el flujo de manera que el rotor magnético permanente 500 tenga un perfil de flujo magnético desigual a lo largo de la longitud del rotor magnético.

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 encontrado que se pueden lograr resultados eficientes con un número par de fuentes magnéticas 550, tales como seis u ocho fuentes magnéticas 550.

Las fuentes magnéticas 550 pueden dimensionarse para cubrir cualquier porcentaje de la circunferencia del rotor magnético 500. Se pueden lograr resultados eficientes con fuentes magnéticas 550 con un tamaño para ocupar aproximadamente 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 encontrado que se pueden lograr resultados eficientes con un rotor que tiene un diámetro entre 200 mm y 600 mm, al menos 300 mm, al menos 400 mm, al menos 500 mm o aproximadamente 600 mm.

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

A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una energía de calentamiento altamente eficiente con el uso de seis u ocho imanes colocados alrededor de un solo rotor, aunque otros números de imanes pueden utilizarse. Cuando se utilizan demasiados imanes, la energía de calentamiento puede disminuir. En algunos casos, se puede seleccionar la cantidad de imanes para minimizar el costo de instalación y/o mantenimiento (por ejemplo, la cantidad de imanes que se deben comprar). En algunos casos, el número de imanes se puede seleccionar 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 pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una energía de calentamiento y/o levitación altamente eficientes cuando los imanes ocupan del 40 % al 95 % de la circunferencia del rotor, o más específicamente del 50 %-90 % o del 70 %-80 % de la circunferencia del rotor. A través de pruebas y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una energía de calentamiento altamente eficiente cuando el diámetro del rotor es grande, como por ejemplo en o más 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 o menos) pueden ser especialmente adecuados para levantar el artículo metálico, mientras que los rotores más grandes pueden ser especialmente adecuados para calentar el artículo metálico.

A medida que aumenta la velocidad del rotor, la energía de calentamiento tiende a aumentar. Sin embargo, en algunos

casos, si la velocidad del rotor alcanza un nivel de umbral, aumentos adicionales en la velocidad impactarán negativamente en la eficiencia de calentamiento debido a las características inherentes de inductancia y resistividad de la tira de metal. Se ha determinado que a o aproximadamente 1800 revoluciones por minuto (por ejemplo, dentro del 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 10 %, 15 % o 20 % de 1800 revoluciones por minuto) puede ser una
 5 velocidad deseable en parte debido a la simplicidad en el control de motores de rotor a la frecuencia de 60 Hz que se encuentra en la red eléctrica en varios lugares. En algunos casos, se pueden seleccionar otras frecuencias en función del motor de rotor utilizado y/o la red eléctrica suministrada. Se ha determinado que, si bien la velocidad del rotor puede ser un procedimiento útil para controlar la cantidad de energía térmica aplicada a la tira de metal, puede resultar ventajoso mantener una velocidad constante del rotor y utilizar el control de separación vertical y otros controles para
 10 ajustar la cantidad de energía térmica aplicada a la tira de metal.

Mediante prueba y experimentación, se ha determinado que se puede obtener una energía 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 a 30 mm. Si bien se puede obtener una energía de calentamiento fuerte con imanes más gruesos,
 15 el uso de imanes dentro de los intervalos anteriores puede proporcionar una energía de calentamiento suficientemente fuerte al mismo tiempo que mantiene bajos los costos de instalación/mantenimiento de los imanes.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento 600 para el tratamiento térmico continuo de una tira de metal según ciertos aspectos de la presente descripción. El procedimiento 600 se puede llevar a cabo usando
 20 la línea de procesamiento 100 de la FIG. 1, o una línea de procesamiento similar. En algunos casos, el procedimiento 600 puede incluir más o menos elementos que los representados en la FIG. 6, así como elementos en diferentes órdenes. En algunos casos, el procedimiento 600 puede incluir al menos los bloques 606, 608 y 610. En algunos casos, el procedimiento 600 puede incluir adicionalmente al menos el bloque 614.

25 En el bloque 602, se puede desbobinar una tira de metal. En algunos casos, desenrollar la tira de metal puede incluir controlar la tensión de la tira magnética en el bloque 604, tal como mediante el uso de rotores magnéticos. En el bloque 606, la tira de metal se puede calentar, por ejemplo, mediante el uso de rotores magnéticos. En algunos casos, calentar la tira de metal en el bloque 606 también puede incluir levitar la tira de metal usando rotores magnéticos.

30 En el bloque 608, la tira de metal puede levitar en una zona de remojo. En algunos casos, la tira de metal se puede hacer levitar en una zona de remojo utilizando un conjunto de rotores magnéticos. Mientras se hace levitar en la zona de remojo, se puede mantener una temperatura (por ejemplo, la temperatura máxima del metal) de la tira de metal en o cerca de la temperatura deseada (por ejemplo, una temperatura de disolución). En algunos casos, la tira de metal puede levitar en la zona de remojo dentro de una cámara llena de gas. La cámara llena de gas se puede llenar con un
 35 gas inerte, un gas mínimamente reactivo o un gas de tratamiento.

En el bloque 610, la tira de metal se puede dirigir a una zona de enfriamiento donde la tira de metal se enfría rápidamente, como a una velocidad de aproximadamente 200 °C/s. La tira de metal se puede levitar, por ejemplo, utilizando un conjunto de rotores magnéticos. En algunos casos, enfriar la tira de metal en el bloque 610 puede incluir
 40 controlar la planitud a través de la retroalimentación de bucle cerrado.

En el bloque 612, la tira de metal se puede nivelar y/o microtexturizar pasando la tira de metal a través de rodillos de nivelación y/o microtexturización. En algunos casos, la tira de metal puede levitar mediante un conjunto de rotores magnéticos en posiciones adyacentes a los rodillos de nivelación y/o microtexturización. En algunos casos, la
 45 levitación de la tira de metal en estos lugares puede incluir controlar la tensión de la tira de metal a medida que pasa a través de los rodillos de nivelación y/o microtexturización.

En el bloque 613, la tira de metal se puede revestir y/o lubricar. El revestimiento y/o lubricación de la tira de metal puede incluir la levitación de la tira de metal utilizando un conjunto de rotores magnéticos. El revestimiento y/o
 50 lubricación de la tira de metal puede incluir revestir la tira de metal con un material fluido o sólido que incluye lubricantes.

En el bloque 614, la tira de metal se puede recalentar. Recalentar la tira de metal puede incluir pasar la tira de metal junto a un conjunto de rotores magnéticos. En algunos casos, la tira de metal puede levitar mediante un conjunto de rotores magnéticos durante el calentamiento. En algunos casos, recalentar la tira de metal en el bloque 614 puede
 55 incluir curar un revestimiento en la tira de metal o facilitar el flujo de un lubricante en la tira de metal.

En el bloque 618, la tira de metal se puede enrollar. La tira de metal se puede enrollar en una bobina final como una tira de metal tratada térmicamente. En algunos casos, enrollar la tira de metal puede incluir controlar la tensión de la tira magnética en el bloque 616, tal como mediante el uso de rotores magnéticos.

60

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento 700 para enhebrar una tira de metal en una línea continua de tratamiento térmico según ciertos aspectos de la presente descripción. El procedimiento 700 se puede utilizar con la línea de procesamiento 100 de la FIG. 1 o una línea de procesamiento similar. El procedimiento 700 se puede habilitar debido al uso de rotores magnéticos para levantar la tira de metal en varias posiciones a lo largo de la línea de procesamiento.

En el bloque 702, uno o más rotores magnéticos se pueden girar en una dirección aguas abajo. Cualquiera o todos los rotores magnéticos de la línea de procesamiento se pueden girar en una dirección aguas abajo. En algunos casos, la rotación de un rotor magnético en dirección descendente puede incluir la rotación de uno o más rotores magnéticos superiores (p. ej., rotores ubicados sobre la tira de metal) a una velocidad más rápida que uno o más rotores magnéticos inferiores (p. ej., rotores ubicados abajo de la tira de metal).

En el bloque 704, un extremo libre de la tira de metal puede flotar junto a los rotores magnéticos. La rotación de los rotores magnéticos en el bloque 702 puede facilitar la flotación del extremo libre de la tira de metal en el bloque 704. En algunos casos, hacer flotar el extremo libre de la tira de metal puede incluir además unir el extremo libre de la tira de metal a un carro u otro soporte. En el bloque 706, el extremo libre de la tira de metal se puede alimentar a través de la línea de procesamiento. Alimentar el extremo libre de la tira de metal a través de la línea de procesamiento puede incluir alimentar el extremo libre de la tira de metal a través de uno o más elementos de la línea de procesamiento. En algunos casos, alimentar el extremo libre de la tira de metal a través de la línea de procesamiento puede incluir empujar el extremo libre de la tira de metal a través de la línea de procesamiento utilizando un carro.

En el bloque 708, uno o más de los rotores magnéticos se pueden girar en una dirección aguas arriba. El uno o más rotores magnéticos pueden incluir uno o más rotores magnéticos adyacentes a un desbobinador. La rotación de los rotores magnéticos en dirección aguas arriba puede ocurrir después de que la tira de metal se haya enhebrado completamente a través de la línea de procesamiento.

La FIG. 8 es un diagrama esquemático que representa una fase inicial de enhebrado de una tira de metal 820 en una línea continua de tratamiento térmico según ciertos aspectos de la presente descripción. En una fase inicial de enhebrado, los rotores magnéticos 824 pueden girar en una dirección aguas abajo 846. La rotación de los rotores magnéticos 824 en una dirección aguas abajo 846 puede facilitar el mantenimiento de una tensión relativamente alta en la tira de metal 820 aguas arriba del extremo libre 859 de la tira de metal. En algunos casos, un carro opcional 858 se puede acoplar de forma desmontable a la tira de metal 820 para facilitar la alimentación de la tira de metal 820 a través de la línea de procesamiento. El carro opcional 858 puede ser soportado para moverse a lo largo de la línea de procesamiento, tal como a lo largo de uno o más rieles.

La FIG. 9 es un diagrama esquemático que representa una fase secundaria de enhebrado de una tira de metal 920 en una línea continua de tratamiento térmico según ciertos aspectos de la presente descripción. En una fase secundaria de enhebrado, los rotores magnéticos 924 pueden continuar girando en una dirección aguas abajo 946. La rotación de los rotores magnéticos 924 en una dirección aguas abajo 946 puede continuar facilitando el mantenimiento de una tensión relativamente alta en la tira de metal 920 aguas arriba del extremo libre 959 de la tira de metal. En algunos casos, un carro opcional 958 acoplado de forma desmontable a la tira de metal 920 puede facilitar la alimentación de la tira de metal 920 a través de la línea de procesamiento. El carro opcional 958 se puede soportar para moverse a lo largo de la línea de procesamiento, tal como a lo largo de uno o más rieles. Para alimentar la tira de metal 920, el carro opcional 958 se puede dirigir en una dirección aguas abajo 946.

La FIG. 10 es un diagrama esquemático que representa una tira de metal 1020 después de ser enhebrada en una línea continua de tratamiento térmico según ciertos aspectos de la presente descripción. Después de enhebrar completamente la tira de metal 1020 o al menos sustancialmente enhebrar la tira de metal 1020 (por ejemplo, al menos un 50 % enhebrado a través de la línea de procesamiento), uno o más rotores magnéticos 1024 se pueden invertir para girar en una dirección aguas arriba frente a la dirección aguas abajo 1046. La rotación de los rotores magnéticos en una dirección aguas arriba puede facilitar el mantenimiento de una tensión baja en la tira de metal aguas abajo de los rotores magnéticos que giran en la dirección aguas arriba. En algunos casos, los rotores magnéticos que giran en una dirección aguas arriba pueden estar aguas arriba de una zona de calentamiento de manera que la tira de metal 1020 se mantenga en una tensión relativamente baja mientras se encuentra dentro de la zona de calentamiento.

La FIG. 11 es un diagrama esquemático de una vista superior que representa una tira de metal 1120 y una tira de metal posterior 1121 durante una fase previa a la soldadura según ciertos aspectos de la presente descripción. En la vista superior, la tira de metal 1120 y la tira de metal posterior 1121 se muestran levitando arriba de un conjunto de rotores magnéticos 1124. Los rotores magnéticos 1124 representados en la FIG. 11 pueden ser rotores magnéticos 1124 de una zona de ajuste de tensión o una zona de soldadura/unión, que pueden estar situados aguas abajo de un

desbobinador y aguas arriba de una zona de calentamiento.

Un ensamblador móvil longitudinalmente, tal como un soldador 1170, puede suspenderse arriba de la tira de metal 1120 y la tira de metal posterior 1121, aunque en otros casos puede colgarse abajo. El soldador móvil 1170 puede moverse en una dirección aguas abajo 1146. La tira de metal 1120 y la tira de metal posterior 1121 también pueden moverse en una dirección aguas abajo 1146. En algunos casos, la tira de metal 1120 y la tira de metal 1121 posterior pueden moverse en una dirección aguas abajo 1146 a una velocidad inferior a la velocidad de funcionamiento normal para el tratamiento térmico de la tira de metal. En la fase previa a la soldadura, un extremo delantero 1178 (por ejemplo, el extremo aguas abajo) de la tira de metal posterior 1121 se puede mover hacia un extremo trasero 1180 (por ejemplo, el extremo aguas arriba) de la tira de metal 1120.

La FIG. 12 es un diagrama de vista superior esquemático que representa una tira de metal 1220 y una tira de metal posterior 1221 durante una fase de soldadura o unión según ciertos aspectos de la presente descripción. En la vista superior, la tira de metal 1220 y la tira de metal posterior 1221 se muestran levitando arriba de un conjunto de rotores magnéticos 1224. Los rotores magnéticos 1224 representados en la FIG. 12 pueden ser rotores magnéticos 1224 de una zona de ajuste de tensión o una zona de soldadura/unión, que pueden estar situados aguas abajo de un desbobinador y aguas arriba de una zona de calentamiento.

En la fase de soldadura o unión, el extremo delantero de la tira de metal posterior 1221 y el extremo trasero de la tira de metal 1220 se pueden acercar, como colindando, para formar una unión 1272. Un ensamblador móvil, como el soldador móvil 1270, puede suspenderse arriba (o abajo) de la unión 1272 y moverse en una dirección aguas abajo 1246 a la misma o aproximadamente la misma velocidad que la tira de metal 1220 y la tira de metal posterior 1221. Por tanto, el soldador móvil 1270 puede permanecer en una posición constante con respecto a la unión 1272 durante el recorrido de la tira de metal 1220. El soldador móvil 1270 puede soldar o unir de otro modo la tira de metal 1220 a la tira de metal posterior 1221 en la unión 1272, tal como mediante cualquier técnica adecuada.

La FIG. 13 es un diagrama esquemático de una vista superior que representa una tira de metal 1320 y una tira de metal posterior 1321 durante una fase posterior a la soldadura según ciertos aspectos de la presente descripción. En la vista superior, la tira de metal 1320 y la tira de metal posterior 1321 se muestran levitando arriba de un conjunto de rotores magnéticos 1324. Los rotores magnéticos 1324 representados en la FIG. 13 pueden ser rotores magnéticos 1324 de una zona de ajuste de tensión o una zona de soldadura/unión, que pueden estar situados aguas abajo de un desbobinador y aguas arriba de una zona de calentamiento.

En la fase posterior a la soldadura, la tira de metal posterior 1321 y la tira de metal 1320 han sido soldadas o unidas de otra manera en la unión, dando como resultado una soldadura 1374 entre la tira de metal posterior 1321 y la tira de metal 1320. El soldador móvil 1370 puede dejar de moverse en una dirección aguas abajo 1346, como volver a una posición de almacenamiento. En la fase posterior a la soldadura, la tira de metal 1320 y la tira de metal posterior 1321 pueden comenzar a moverse en la dirección aguas abajo 1346 a una velocidad más alta que en la fase de soldadura, como una velocidad en o cerca de una velocidad de operación normal para el tratamiento térmico de la tira de metal 1320.

La FIG. 14 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento 1400 para unir una tira de metal a una tira de metal posterior durante el desplazamiento de la tira de metal según ciertos aspectos de la presente descripción. En el bloque 1402, se puede mover una tira de metal en dirección aguas abajo. Mover la tira de metal en una dirección aguas abajo puede incluir hacer levitar la tira de metal en un conjunto de rotores magnéticos. En el bloque 1404, un extremo delantero de una tira de metal posterior se puede mover hacia un extremo trasero de la tira de metal hasta que los extremos hagan contacto para formar una unión. La tira de metal posterior puede comenzar a desenrollarse aproximadamente al mismo tiempo que la tira de metal deja de desenrollarse. En el bloque 1406, se puede pasar un soldador en movimiento adyacente (por ejemplo, por encima o por debajo) de la unión entre la tira de metal y la tira de metal posterior. El soldador en movimiento puede pasar junto a la unión mientras la tira de metal se mueve en dirección aguas abajo. Una vez que el soldador en movimiento está adyacente a la unión, el soldador en movimiento puede continuar moviéndose a la misma velocidad que la unión (por ejemplo, la misma velocidad que la tira de metal). En el bloque 1408, el soldador en movimiento puede soldar o unir la unión durante el recorrido de la tira de metal.

La FIG. 15 es una vista superior esquemática en corte parcial de una sección de una línea de procesamiento de acuerdo con una realización de la invención que representa una tira de metal 1520 levitada sobre un conjunto de rotores magnéticos 1524 que tienen fuentes magnéticas espaciadas lateralmente 1576. Cada uno de los rotores magnéticos 1524 incluye dos o más fuentes magnéticas 1576, tales como imanes permanentes, que están espaciados lateralmente (por ejemplo, a lo largo de la longitud del rotor magnético 1524). Cada una de las fuentes magnéticas 1576 representadas en la FIG. 15 puede ser una matriz de fuentes magnéticas (por ejemplo, una o más fuentes

magnéticas). Las fuentes magnéticas 1576 espaciadas lateralmente en un rotor magnético 1524 están desplazadas con respecto a las fuentes magnéticas espaciadas lateralmente 1576 en un rotor magnético inmediatamente posterior 1524. El espaciado lateral y longitudinal entre las fuentes magnéticas 1567 dentro del conjunto de rotores magnéticos facilita la levitación de la tira de metal 1520 sin un calentamiento sustancial de la tira de metal. En algunos casos, los 5 rotores magnéticos 1524 de la FIG. 15 puede ser similar a los rotores magnéticos 224 de la FIG. 2.

La FIG. 16 es una vista superior esquemática en corte parcial de una sección de una línea de procesamiento que representa una tira de metal 1620 levitada sobre un conjunto de rotores magnéticos 1626 que tienen fuentes magnéticas 1676 casi de ancho completo según ciertos aspectos de la presente descripción. Cada uno de los rotores magnéticos 1626 puede ser una fuente magnética 1676 que se extiende al menos a lo largo de todo el ancho lateral 10 de la tira de metal 1520. En algunos casos, la fuente magnética 1676 puede extenderse a lo largo del rotor magnético 1626 en toda su longitud. Cada una de las fuentes magnéticas 1676 representadas en la FIG. 16 puede ser una matriz de fuentes magnéticas (por ejemplo, una o más fuentes magnéticas). Los rotores magnéticos 1626 que tienen fuentes magnéticas 1676 de ancho completo o casi de ancho completo pueden ser especialmente útiles para proporcionar 15 una cantidad de calentamiento a la tira de metal 1520 mientras levitan simultáneamente la tira de metal 1520. En algunos casos, los rotores magnéticos 1626 de la FIG. 16 puede ser similar a los rotores magnéticos 226 de la FIG. 2.

La descripción que antecede de las realizaciones, inclusive las realizaciones ilustradas, se ha presentado únicamente con el fin de ilustrar y describir y no se pretende que sean formas exhaustivas o taxativas de las formas precisas 20 descritas. Serán evidentes para los expertos en la técnica numerosas modificaciones, adaptaciones y usos de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Una línea de tratamiento térmico (100; 200; 300; 400), que comprende:
- 5 una zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) para aceptar una tira de metal (120; 220; 320; 420) que se mueve en una dirección aguas abajo (146; 246; 346; 446) y calentar la tira de metal (120; 220; 320; 420) hasta una temperatura máxima del metal;
 una zona de remojo (108; 208; 308; 408) ubicada aguas abajo de la zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) para aceptar la tira de metal (120; 220; 320; 420) y mantener la temperatura máxima del metal durante un tiempo ;
 10 y
 una zona de enfriamiento (110; 210; 310; 410) ubicada aguas abajo de la zona de remojo (108; 208; 308; 408) para enfriar rápidamente la tira de metal (120; 220; 320; 420) desde la temperatura máxima del metal,
caracterizado porque la zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) comprende una pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426) para inducir corrientes parásitas en la tira de metal (120; 220; 320; 420) y la zona de remojo (108; 208; 308; 408) comprende una pluralidad adicional de rotores magnéticos (224; 324; 424; 1524) para
 15 levitar la tira de metal (120; 220; 320; 420),
 donde cada rotor magnético en la zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) y en la zona de remojo (108; 208; 308; 408) está configurada para girar alrededor de un eje de rotación que es perpendicular a la dirección aguas abajo (146; 246; 346; 446) y paralelo a un ancho lateral de la tira de metal (120; 220; 320; 420),
 20 cada rotor magnético (1524) en la zona de remojo (108; 208; 308; 408) comprende una pluralidad de fuentes magnéticas espaciadas lateralmente (1576) dispuestas de tal manera que las posiciones laterales de las fuentes magnéticas (1576) dentro de los rotores magnéticos secuenciales (1524) en la zona de remojo (108; 208; 308; 408) estén desplazadas entre sí, resultando en una matriz escalonada de fuentes magnéticas (1576).
- 25 2. La línea de tratamiento térmico (100; 200; 300; 400) de la reivindicación 1, donde la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426) comprende una pluralidad de pares de rotores magnéticos, donde cada uno de la pluralidad de pares de rotores magnéticos comprende un rotor magnético inferior colocado frente a a la tira de metal (120; 220; 320; 420) de un rotor magnético superior.
- 30 3. La línea de tratamiento térmico (100; 200; 300; 400) de la reivindicación 1, donde cada uno de la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426; 500) comprende una pluralidad de imanes permanentes (550) colocados para girar alrededor del eje de rotación (556).
4. La línea de tratamiento térmico (300; 400) de la reivindicación 1, donde la zona de remojo (308; 408)
 35 comprende además paredes de cámara (342, 344; 442, 444) colocadas entre la tira de metal (320; 420) y la pluralidad de rotores magnéticos (324; 424), en los que las paredes de la cámara (342, 344; 442, 444) definen una cámara para aceptar la tira de metal (320; 420), donde la cámara es acoplable a un suministro de gas (368); o
 donde la zona de remojo (308; 408) comprende además uno o más dispositivos de enfriamiento para compensar los aumentos de temperatura inducidos en la tira de metal (320; 420) por rotación de la pluralidad adicional de rotores
 40 magnéticos (324; 424).
5. La línea de tratamiento térmico (100; 200; 300) de la reivindicación 1, que comprende además:
- 45 un desbobinador (102; 202; 302) colocado aguas arriba de la zona de calentamiento (106; 206; 306) para proporcionar la tira de metal (120; 220; 320) a la zona de calentamiento (106; 206; 306) desde una bobina;
 un rodillo nivelador (238; 338) posicionado aguas abajo de la zona de enfriamiento (110; 210; 310) para controlar la planitud de la tira de metal (120; 220; 320); y
 una zona de recalentamiento (114; 214; 314) colocada aguas abajo del rodillo nivelador (238; 338) para calentar la tira de metal (120; 220; 320), donde la zona de recalentamiento (114; 214; 314) incluye uno o más rotores
 50 magnéticos (226; 326).
6. La línea de tratamiento térmico (100; 200; 300) de la reivindicación 1, que comprende además una zona de ajuste de tensión (104, 116; 204, 216; 304, 316) para ajustar la tensión en la tira de metal (120; 220; 320), donde la zona de ajuste de tensión (104, 116; 204, 216; 304, 316) comprende uno o más rotores magnéticos (226; 326) que
 55 pueden girar alrededor de un eje de rotación que es perpendicular a la dirección aguas abajo (146; 246; 346) y paralelo a la anchura lateral de la tira de metal (120; 220; 320).
7. La línea de tratamiento térmico (100; 200; 300) de la reivindicación 1, que comprende además un desbobinador (102; 202; 302) colocado aguas arriba de la zona de calentamiento (106; 206; 306) para proporcionar la
 60 tira de metal (120; 220; 320) a la zona de calentamiento (106; 206; 306) desde una bobina de arranque y un

rebobinador (118; 218; 318) posicionado aguas abajo de la zona de enfriamiento (110; 210; 310) para recibir la tira de metal (120; 220; 320) después del tratamiento térmico y enrollar la tira de metal (120; 220; 320) en una bobina final, donde se define una línea de paso entre el desbobinador (102; 202; 302) y el rebobinador (118; 218; 318) a lo largo de la cual la tira de metal (120; 220; 320) pasa a través de la zona de calentamiento (106; 206; 306), la zona de remojo (108; 208; 308) y la zona de enfriamiento (110; 210; 310) sin pasar por un acumulador.

8. La línea de tratamiento térmico (100) de la reivindicación 1, que comprende además un soldador móvil (1170, 1270, 1370) colocado aguas arriba de la zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) para soldar un metal posterior (1121, 1221, 1321) a la tira de metal (1120, 1220, 1320) durante el recorrido de la tira de metal (1120, 1220, 1320).

9. Un procedimiento (600) de tratamiento térmico continuo, que comprende:

pasar (606) una tira de metal (120; 220; 320; 420) a través de una zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) en una dirección aguas abajo (146; 246; 346; 446),

donde la tira de metal (120; 220; 320; 420) se calienta a una temperatura máxima del metal en la zona de calentamiento (106; 206; 306; 406);

pasar (608) la tira de metal (120; 220; 320; 420) a través de una zona de remojo (108; 208; 308; 408), en donde pasar la tira de metal (120; 220; 320; 420) a través de la zona de remojo (108; 208; 308; 408) comprende mantener la temperatura máxima del metal de la tira de metal (120; 220; 320; 420) durante un tiempo; y

enfriar (610) la tira de metal (120; 220; 320; 420) a partir de la temperatura máxima del metal,

caracterizado porque la zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) comprende una pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426), y la zona de remojo (108; 208; 308; 408) comprende una pluralidad adicional de rotores magnéticos (226; 326; 426), donde cada rotor magnético (226; 326; 426) en la zona de calentamiento (106; 206; 306; 406) y en la zona de remojo (108; 208; 308; 408) está configurado para girar alrededor de un eje de rotación que es perpendicular a la dirección de aguas abajo (146; 246; 346; 446) y paralelo a una anchura lateral de la tira de metal (120; 220; 320; 420);

y **porque** el procedimiento comprende además:

rotar la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426) alrededor de sus respectivos ejes de rotación, en donde la rotación de la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426) induce corrientes parásitas en la tira de metal (120; 220; 320; 420) calentar (606) la tira de metal (120; 220; 320; 420) hasta la temperatura máxima del metal;

y levantar (608) la tira de metal (120; 220; 320; 420) pasando a través de la zona de remojo (108; 208; 308; 408), donde levantar la tira de metal (120; 220; 320; 420) comprende rotar la pluralidad adicional de rotores magnéticos (226; 326; 426) alrededor de sus respectivos ejes de rotación adyacentes a la tira de metal (120; 220; 320; 420);

cada rotor magnético (1524) en la zona de remojo (108; 208; 308; 408) comprende una pluralidad de fuentes magnéticas espaciadas lateralmente (1576) dispuestas de tal manera que las posiciones laterales de las fuentes magnéticas (1576) dentro de los rotores magnéticos secuenciales (1524) en la zona de remojo (108; 208; 308; 408) están desplazados entre sí, lo que da como resultado una matriz escalonada de fuentes magnéticas (1576).

10. El procedimiento de la reivindicación 9, donde la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426) comprende una pluralidad de pares de rotores magnéticos, donde cada uno de la pluralidad de pares de rotores magnéticos comprende un rotor magnético inferior y un rotor magnético superior separados por un espacio, y donde pasar la tira de metal (220; 320; 420) adyacente a la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426) comprende pasar la tira de metal (220; 320; 420) a través de los espacios de la pluralidad de pares de rotores magnéticos.

11. El procedimiento de la reivindicación 9, donde rotar un rotor magnético de la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326; 426; 500) comprende rotar una pluralidad de imanes permanentes (550) alrededor del eje de rotación (556).

12. El procedimiento de la reivindicación 9, donde hacer pasar la tira de metal (320; 420) a través de la zona de remojo (308; 408) comprende:

pasar la tira de metal (320; 420) a través de una cámara definida por las paredes de la cámara (342, 344; 442, 444) colocadas entre la tira de metal (320; 420) y la pluralidad adicional de rotores magnéticos (226; 326; 426); y

suministrar gas a la cámara desde un suministro de gas (368).

13. El procedimiento de la reivindicación 9, donde mantener la temperatura máxima del metal comprende aplicar un fluido refrigerante a la tira de metal (120; 220; 320; 420) para compensar los aumentos de temperatura inducidos en la tira de metal (120; 220; 320; 420) por rotación de la pluralidad adicional de rotores magnéticos (226; 326; 426).

14. El procedimiento de la reivindicación 9, donde el procedimiento comprende además;

desbobinar (602) la tira de metal (120; 220; 320) de una bobina de arranque;
 nivelar (612) la tira de metal (120; 220; 320) después de enfriar (610) la tira de metal (120; 220; 320); y
 5 recalentar (614) la tira de metal (120; 220; 320) después de nivelar (612) la tira de metal (120; 220; 320), donde
 recalentar (614) la tira de metal (120; 220; 320) comprende girar uno o más rotores magnéticos adicionales (226;
 326) adyacentes a la tira de metal (120; 220; 320); o
 donde el procedimiento comprende además enhebrar (700) la tira de metal (820),
 donde el enhebrado (700) de la tira de metal (820) comprende:

10 rotar (824) rotores magnéticos (702) en una dirección aguas abajo (846), donde los rotores magnéticos (824)
 se seleccionan de entre el grupo que consiste en la pluralidad de rotores magnéticos y un conjunto adicional
 de rotores magnéticos;

15 pasar (704, 706) un extremo de la tira de metal por los rotores magnéticos (924); e
 invertir (708) la rotación de los rotores magnéticos (1024) para rotar los rotores magnéticos (1024) en una
 dirección aguas arriba; o

donde el procedimiento comprende además:

20 desbobinar la tira de metal (120; 220; 320) de una bobina de arranque antes de pasar la tira de metal (120; 220;
 320) adyacente a la pluralidad de rotores magnéticos (226; 326);

rebobinar la tira de metal (120; 220; 320) en una bobina final después de enfriar la tira de metal (120; 220; 320),
 donde la tira de metal (120; 220; 320) en la bobina final ha sido tratada térmicamente; y

25 no pasar la tira de metal (120; 220; 320) a través de un acumulador entre desbobinar la tira de metal (120; 220;
 320) y rebobinar la tira de metal (120; 220; 320); o

donde el procedimiento comprende además unir (1400) la tira de metal (1121, 1221, 1321) a una tira de metal
 posterior (1120, 1220, 1320), en donde unir la tira de metal (1121, 1221, 1321) comprende:

30 poner a tope (1404) la tira de metal (1221) y la tira de metal posterior (1220) en una unión (1272) durante
 el desplazamiento de la tira de metal (1221);

pasar (1406) un dispositivo de unión móvil (1270, 1370) sobre la unión (1272) durante el desplazamiento
 de la tira de metal (1221); y

unir (1408) la unión (1272) durante el desplazamiento de la tira de metal (1221); o

35 donde el procedimiento comprende además al menos uno de revestir o lubricar (613) la tira de metal (120)
 y luego recalentar (614) la tira de metal revestida o lubricada (120).

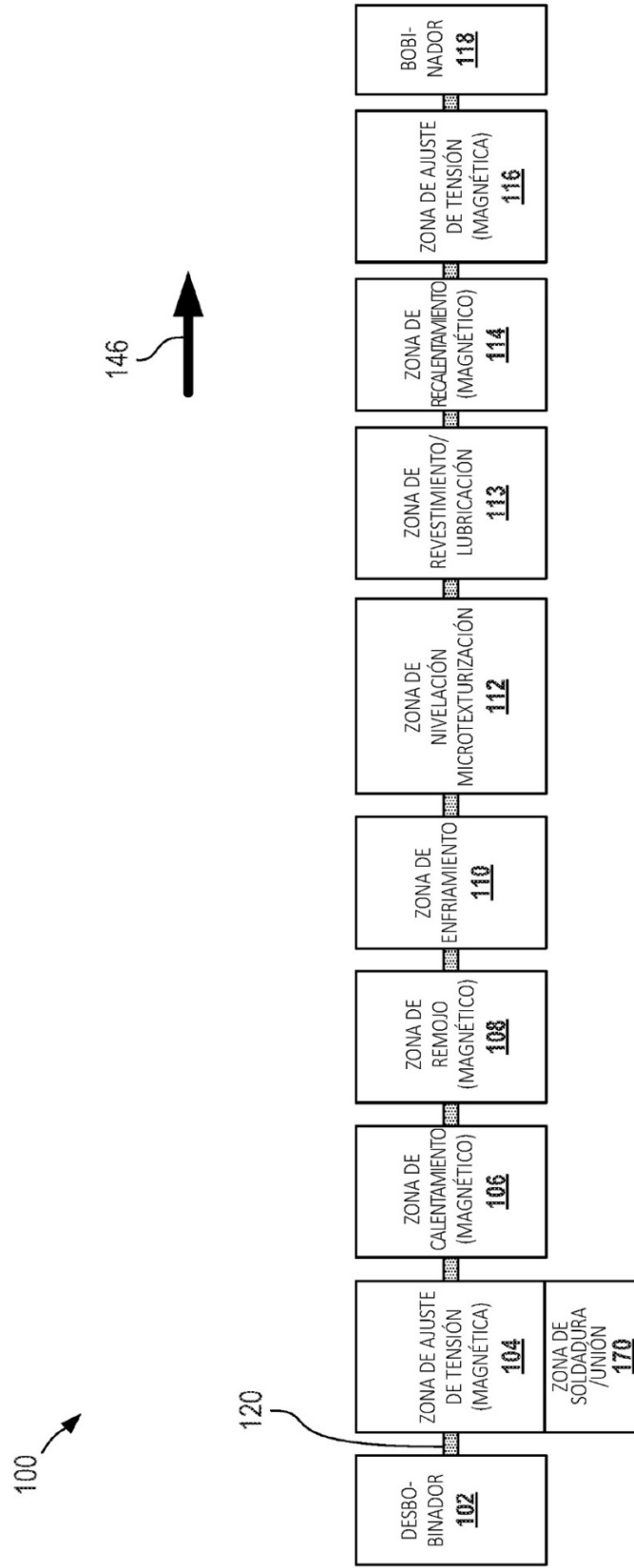


FIG. 1

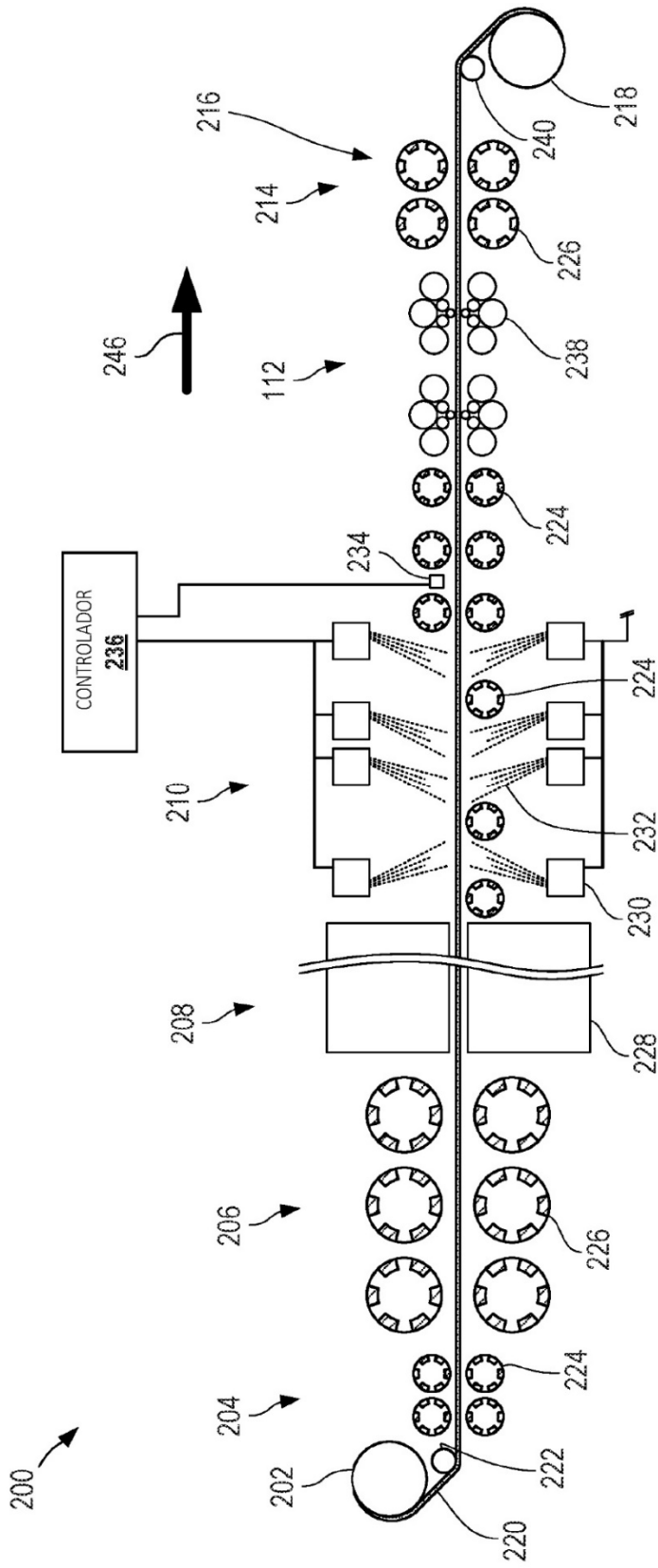


FIG. 2

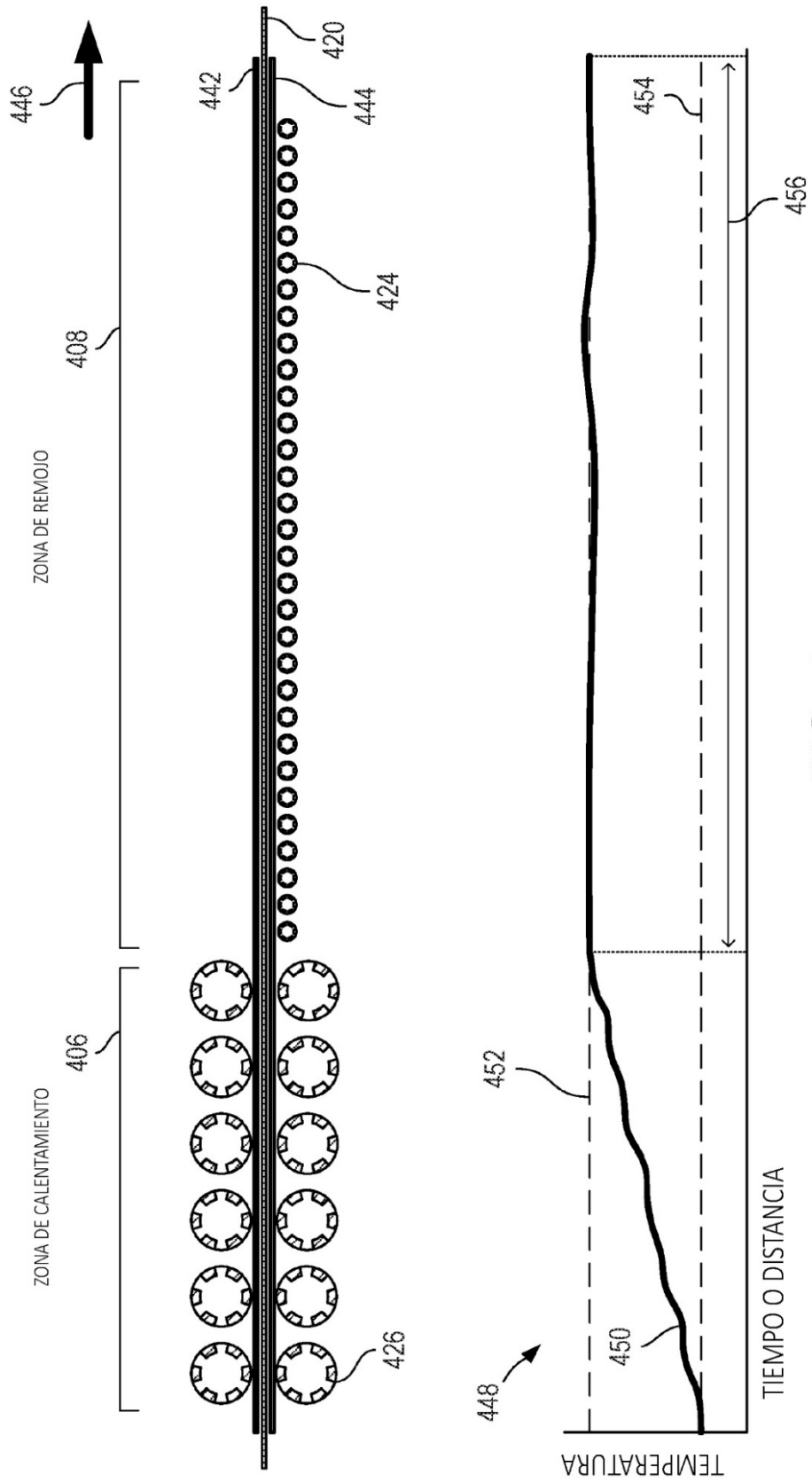


FIG. 4

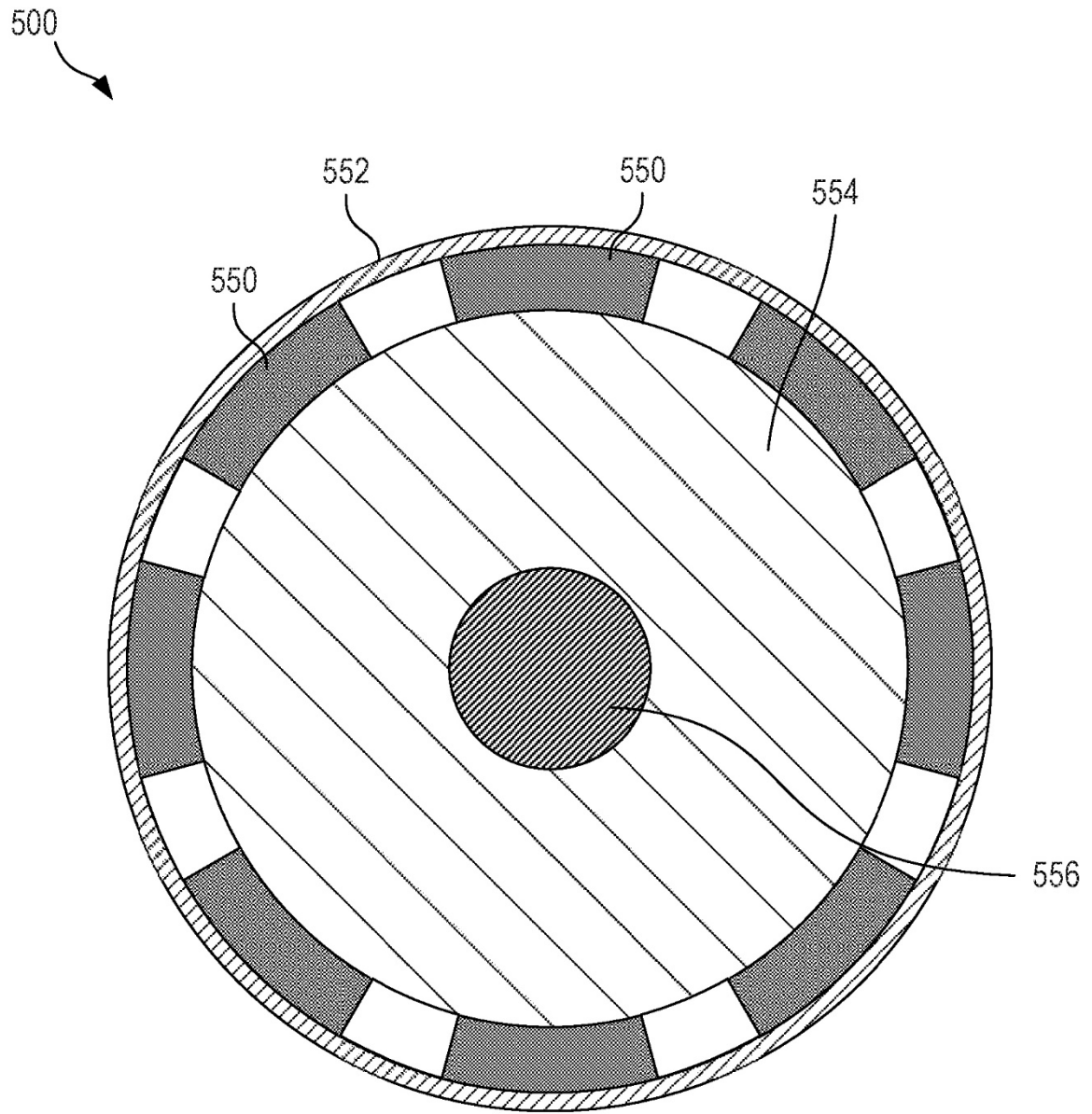


FIG. 5

600

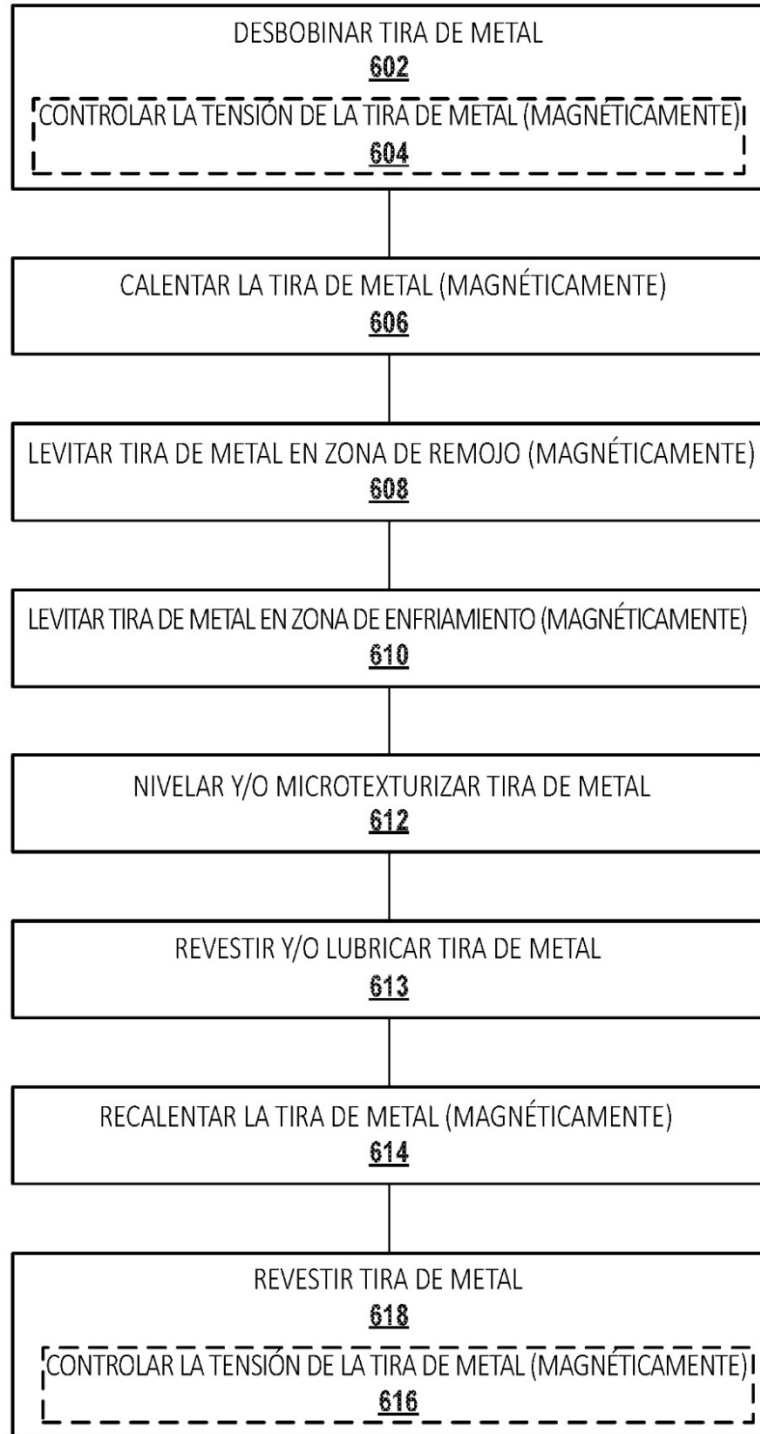


FIG. 6

700
↘

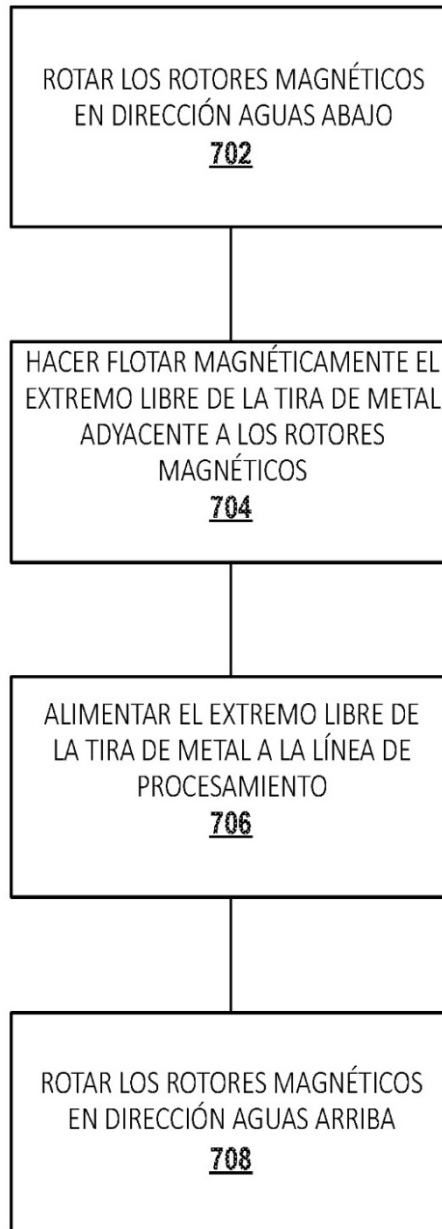


FIG. 7

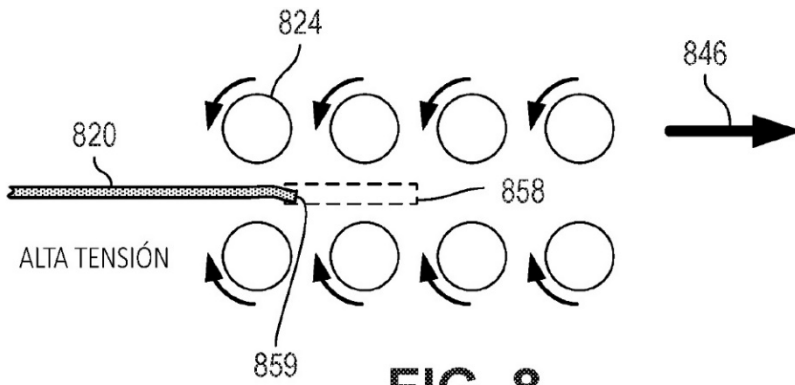


FIG. 8

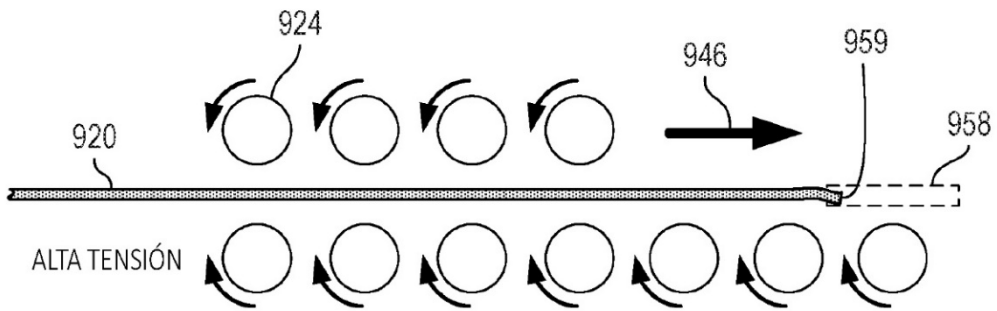


FIG. 9

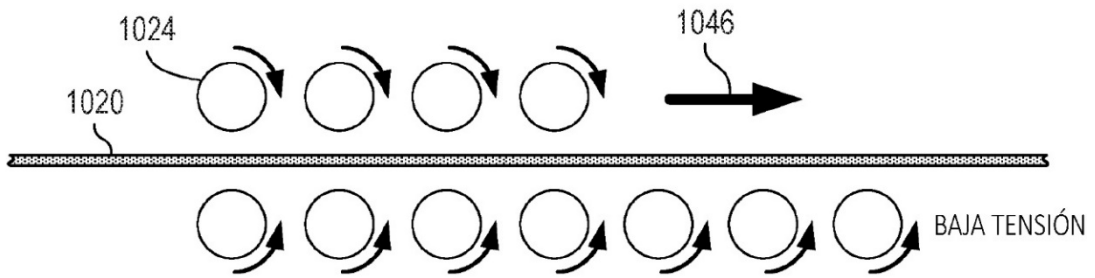


FIG. 10

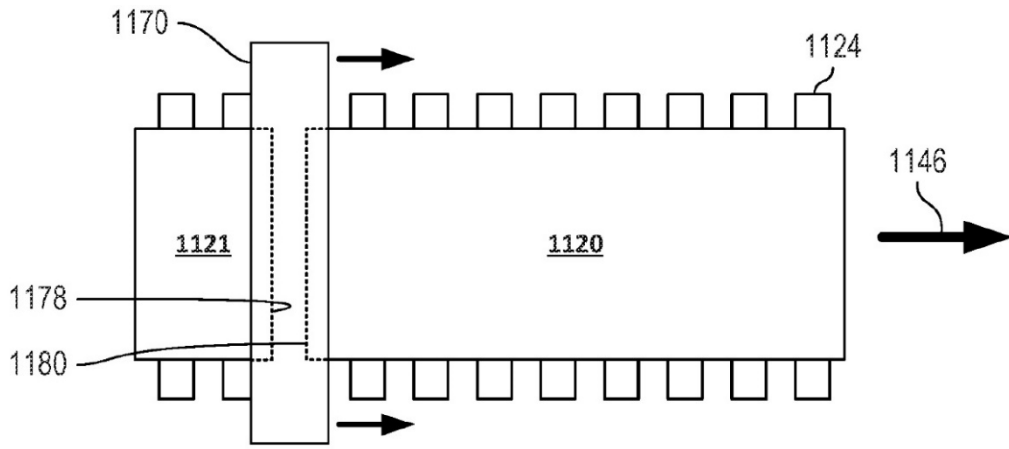


FIG. 11

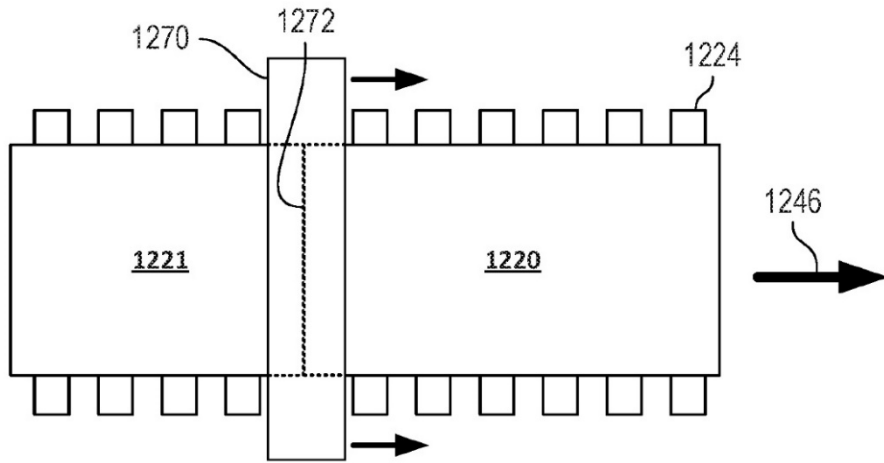


FIG. 12

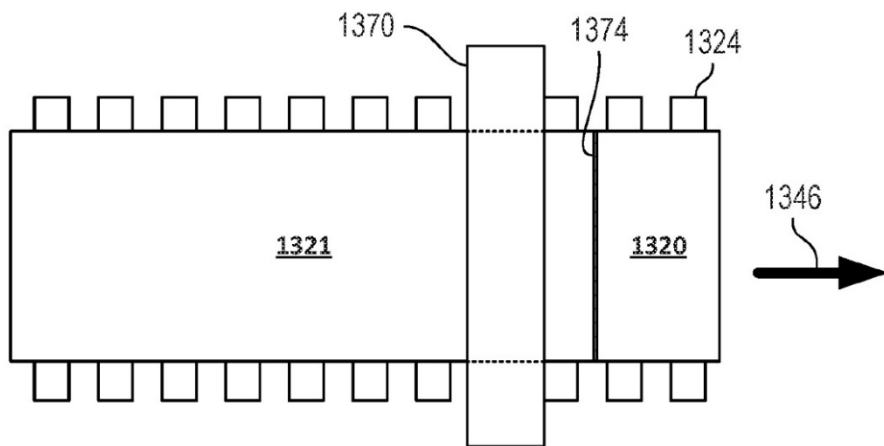


FIG. 13

1400
↘



FIG. 14

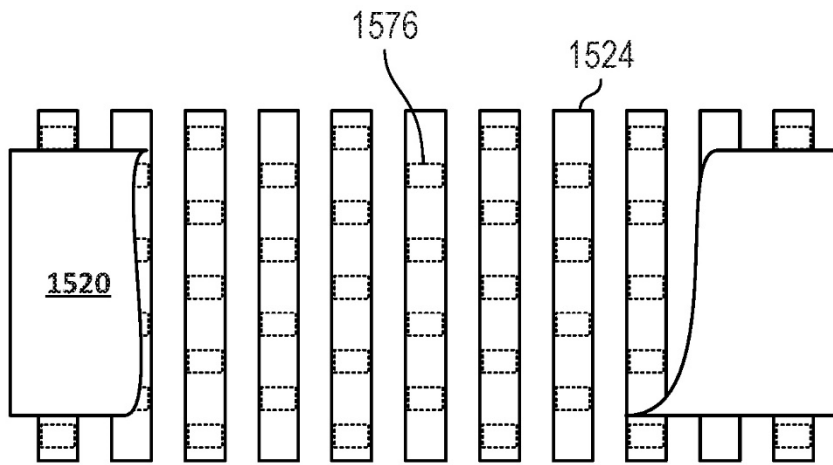


FIG. 15

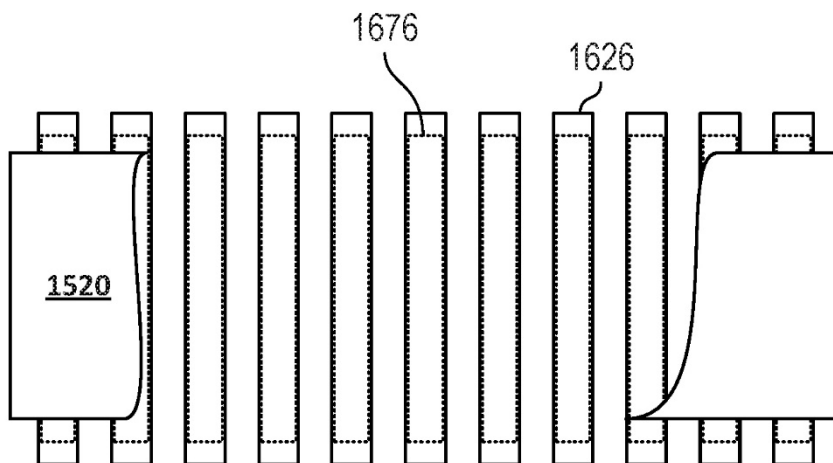


FIG. 16