

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 108**

51 Int. Cl.:

B22D 11/115 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.08.2011 PCT/EP2011/063448**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2012 WO12017039**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2011 E 11752135 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2600995**

54 Título: **Proceso y aparato para controlar los flujos de metal líquido en un cristizador para la colada continua de planchones planos finos**

30 Prioridad:

05.08.2010 IT MI20101500

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

19.09.2017

73 Titular/es:

**DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.P.A.
(100.0%)
Via Nazionale 41
33042 Buttrio, IT**

72 Inventor/es:

**GUASTINI, FABIO;
CODUTTI, ANDREA;
MINEN, MICHELE y
VECCHIET, FABIO**

74 Agente/Representante:

RUO , Alessandro

ES 2 633 108 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

Proceso y aparato para controlar los flujos de metal líquido en un cristalizador para la colada continua de planchones planos finos

5

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere al campo de los procesos de colada continua para producir cuerpos metálicos. En particular, la invención se refiere a un proceso para controlar la distribución de flujos de metal líquido en un cristalizador para la colada continua de planchones finos. La invención se refiere además a un aparato para implementar dicho proceso.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

[0002] Como se conoce, la técnica de colada continua es ampliamente utilizada para la producción de cuerpos metálicos de diversas formas y tamaños, incluyendo planchones de acero finos de menos de 150 mm de espesor. Con referencia a la figura 1, la colada continua de estos productos semiacabados incluye el uso de un cristalizador de cobre 1 que define un volumen para un baño de metal líquido 4. Dicho volumen comprende normalmente una cubeta central para la introducción de un descargador 3 con una sección relativamente grande en comparación con el baño líquido, con el fin de minimizar la velocidad del acero introducido.

15

20

[0003] Se conoce igualmente que en este tipo de colada, la obtención de una distribución óptima del fluido en el cristalizador es fundamental para fundir a alta velocidad (por ejemplo, superior a 4,5 m/min) y, de este modo, asegurar altas tasas de productividad. También se necesita una correcta distribución del fluido para asegurar una lubricación correcta del material fundido por medio de polvos fundidos y evitar riesgos de "pegado", es decir riesgos de romper la capa superficial 22 que se solidifica sobre las paredes internas del cristalizador hasta la posible fuga desastrosa del metal líquido del cristalizador ("ruptura"), lo que hace que la línea de colada se detenga. Como se sabe, los posibles fenómenos de pegado deterioran fuertemente la calidad del producto semiacabado.

25

[0004] Como se describe en la patente de Estados Unidos US6464154, por ejemplo, y se muestra en la figura 1, la mayoría de los descargadores para introducir metal líquido en el cristalizador están configurados para generar dos chorros centrales 5, 5' de acero líquido dirigidos hacia abajo y dos recirculaciones secundarias 6, 6' dirigidas hacia la superficie del baño 7, también llamada menisco, que está generalmente cubierta con una capa de diversos polvos de colada a base de óxido, que se funden y protegen la propia superficie de la oxidación. La parte licuada de dicha capa de polvo, al ser introducida entre la superficie interior de la pared de cobre del cristalizador y la capa de piel, también promueve la lubricación por colada.

30

35

[0005] Con el fin de obtener una excelente fluidodinámica interna, se conoce la necesidad de obtener velocidades máximas del metal líquido medianamente inferiores a aproximadamente 0,5 m/s en el menisco 7, para evitar atrapamientos de polvo de colada en fase sólida o líquida, lo que causará fallos en el producto final. No obstante, estas velocidades no deben ser inferiores a aproximadamente 0,08 m/s para evitar la formación de "puntos fríos" que no permitirán que el polvo se derrita, creando así posibles puentes de solidificación, especialmente entre el descargador y las paredes del cristalizador, y una fusión incorrecta de la capa de polvo, con una consiguiente lubricación insuficiente del molde. Esto obviamente determinará los problemas evidentes de la capacidad de moldeo. Además de estas limitaciones relativas a la velocidad, se conoce la necesidad adicional de contener la ondulación del metal líquido en la proximidad del menisco, causada principalmente por las recirculaciones secundarias 6, 6'. Dicha ondulación debe tener preferiblemente una anchura instantánea máxima inferior a 15 mm y una anchura media inferior a 10 mm para evitar defectos en el producto acabado causados por la incorporación de polvo, así como dificultades en la lubricación del molde a través del polvo fundido. Esta última condición podría incluso causar fenómenos de ruptura. Estos parámetros de colada óptimos pueden observarse en la superficie del menisco a través de los métodos y dispositivos de colada continua normales.

40

45

50

[0006] Por lo tanto, el control de los flujos de metal líquido en el cristalizador tiene una importancia primordial en el proceso de colada continua. A este respecto, los descargadores utilizados tienen una geometría optimizada para controlar el flujo usualmente sobre un cierto intervalo de caudales y para un tamaño de cristalizador predeterminado. Más allá de estas condiciones, los cristalizadores no permiten una correcta fluidodinámica en todas las múltiples condiciones de colada que pueden producirse. Por ejemplo, en caso de caudales elevados, los chorros descendentes 5, 5' y las recirculaciones ascendentes 6, 6' pueden ser excesivamente intensas, provocando así velocidades elevadas y ondulación no óptima del menisco 7. Por el contrario, en el caso de caudales bajos, las recirculaciones ascendentes 6, 6' podrían ser demasiado débiles, determinando así los problemas de la capacidad de colada.

55

60

[0007] Bajo otra condición de colada, representada esquemáticamente en la figura 1A, el descargador podría

introducirse incorrectamente y, por lo tanto, el caudal de metal líquido es asimétrico o, por ejemplo, debido a la presencia de oclusiones asimétricas parciales debidas a los óxidos que se acumulan en las paredes internas de los descargadores, el caudal es asimétrico. En estas condiciones, la velocidad y el caudal de los flujos dirigidos hacia una primera mitad del baño líquido son diferentes de los de los flujos dirigidos hacia la otra mitad. Esta peligrosa situación puede conducir a la formación de ondas estacionarias que obstruyen la correcta colada de la capa de polvo en el menisco, provocando así fenómenos de atrapamiento con consecuencias perjudiciales para la calidad del molde, e incluso fenómenos de ruptura debido a una lubricación incorrecta.

[0008] Se han desarrollado diversos métodos y dispositivos para mejorar la distribución fluidodinámica en el baño de metal líquido, que solucionan, al menos parcialmente, este problema en relación, sin embargo, con la colada de planchones convencionales más gruesos de 150 mm únicamente. Un primer tipo de estos métodos incluye, por ejemplo, el uso de motores lineales, cuyo campo magnético se utiliza para frenar y/o acelerar los flujos internos del metal fundido. Sin embargo, se ha observado que el uso de motores lineales no es muy eficaz para la colada continua de planchones finos, en la que las placas de cobre que definen normalmente el cristalizador son más de dos veces más gruesas que los planchones convencionales, actuando así como un escudo contra la penetración de campos magnéticos alternativos producidos por los motores lineales, lo que los hace bastante ineficaces para producir fuerzas de frenado en el baño de metal líquido.

[0009] Un segundo tipo de métodos incluye el uso de frenos electromagnéticos de cc, que están normalmente configurados para frenar y controlar la distribución interior de metal líquido exclusivamente en presencia de una condición fluidodinámica precisa. En el caso de la solución descrita en el documento US 6557623 B2, por ejemplo, el uso de un freno electromagnético es útil para ralentizar el flujo sólo en presencia de caudales elevados. El dispositivo descrito en la solicitud de patente JP4344858 permite en su lugar ralentizar el metal líquido en presencia tanto de caudales altos como bajos, pero no permite corregir posibles asimetrías. Algunos dispositivos, tal como, por ejemplo, el descrito en la solicitud EP09030946, permiten corregir la posible asimetría de flujo (representada esquemáticamente en la figura 1A), pero son totalmente ineficaces si la colada se produce a caudales bajos.

[0010] El dispositivo descrito en la solicitud FR 2772294 proporciona el uso de frenos electromagnéticos que tienen típicamente la forma de motores lineales bifásicos o trifásicos. En particular, dichos frenos consisten en una carcasa de material ferromagnético (yugo) en forma de placa, que define cavidades en el interior de las cuales se alojan conductores de corriente suministrados, en contra de la práctica corriente, por corriente continua. La carcasa ferromagnética (yugo) está instalada en posición adyacente a las paredes del cristalizador de manera que los conductores suministrados por corriente continua generan un campo magnético estático que el inventor afirma que es capaz de moverse dentro del baño de metal líquido exclusivamente suministrando los diversos conductores de corriente de manera diferenciada.

[0011] Sin embargo, se ha visto que esta solución técnica no es eficiente porque el flujo magnético generado por los conductores, a través de la trayectoria de menor reluctancia, se cierra necesariamente hacia la envoltura ferromagnética (yugo) que atraviesa así de nuevo el baño líquido. Esta condición crea desventajosamente zonas de frenado no deseadas en el baño de metal líquido. En otras palabras, con la solución descrita en el documento FR 2772294, no es posible obtener una zona de frenado concentrada en una única región, sino que, por el contrario, el campo magnético generado por los conductores se redistribuye sustancialmente en la mayor parte del baño de líquido metálico resultando de este modo localmente más o menos intenso.

[0012] Otro inconveniente, estrechamente relacionado con el indicado anteriormente, con respecto a la solución descrita en el documento FR 2772294 y soluciones de concepto similar, se refiere a la imposibilidad de diferenciar zonas de frenado dentro del baño de metal líquido en términos de extensión y conformación geométrica. Este inconveniente se debe principalmente al hecho de que todos los conductores muestran la misma sección geométrica y a que la carcasa ferromagnética (yugo) que la contiene tiene una forma rectangular, y en todos los casos regular.

[0013] Por lo tanto, resumiendo lo anterior, mediante la solución descrita en el documento FR 2772294, no sólo es imposible obtener en el baño de metal líquido zonas de frenado específicas completamente aisladas, es decir, rodeadas por una región en la que el campo magnético no actúa, sino que también es imposible diferenciar geoméricamente dichas zonas de frenado específicas. Éstas tienen la misma conformación geométrica, es decir, la misma extensión en el espacio.

[0014] La patente japonesa JP61206550A indica el uso de generadores de fuerza electromagnética para reducir la oscilación de las ondas en el menisco del baño de material metálico. Dichos generadores se activan por medio de un sistema de control que los activa en función de la anchura de las ondas/oscilaciones para limitar las mismas. Siendo un sistema de control activo, la corriente aplicada no es constante para una situación de colada específica, sino que por el contrario, variará continuamente en función de la ondulación. Debido a esta variabilidad de corriente continua, la solución descrita en el documento JP61206550A no permite un control eficaz de las regiones internas del baño de metal líquido, es decir, relativamente distanciadas del menisco.

RESUMEN

5 **[0015]** Es el objeto principal de la presente invención proporcionar un proceso para controlar los flujos de metal líquido en un cristalizador para la colada continua de planchones finos que permite superar los inconvenientes mencionados anteriormente. Dentro del alcance de esta tarea, un objeto de la presente invención es proporcionar un proceso que sea flexible operativamente, es decir, que permita controlar los flujos de metal líquido bajo las diversas condiciones fluidodinámicas que pueden desarrollarse durante el proceso de colada. Otro objeto es proporcionar un proceso que sea fiable y fácil de implementar a costes competitivos.

10 **[0016]** Por lo tanto, la presente invención se refiere a un proceso para controlar los flujos de metal líquido en una colada continua de un planchón fino, en el que se proporcionan:

- 15 - un cristalizador que comprende paredes perimetrales que definen un volumen de contención para un baño de metal líquido;
- un descargador dispuesto centralmente en dicho baño para descargar dicho metal líquido;
- un primer freno electromagnético para generar una primera zona de frenado en una porción central del baño en proximidad de una sección de salida del metal líquido desde el descargador, estando la porción central delimitada entre dos paredes frontales perimetrales de dicho cristalizador;
- 20 - un segundo freno electromagnético para generar una segunda zona de frenado en la porción central del baño en una posición por debajo de la primera zona de frenado;
- un tercer freno electromagnético para generar una tercera zona de frenado en una primera porción lateral del baño entre dicha porción central y una primera pared lateral perimetral sustancialmente ortogonal a dichas paredes frontales;
- 25 - un cuarto freno electromagnético para generar una cuarta zona de frenado dentro de una segunda porción lateral del baño, que es simétrica a la primera porción lateral del baño con respecto a un plano de simetría sustancialmente ortogonal a las paredes perimetrales frontales;
- un quinto freno electromagnético para generar una quinta zona de frenado en la primera porción lateral del baño en una posición principalmente por debajo de dicha tercera zona de frenado;
- 30 - un sexto freno electromagnético para generar una sexta zona de frenado en dicha segunda porción lateral del baño en una posición principalmente por debajo de dicha cuarta zona de frenado;

35 **[0017]** Cada uno de dichos frenos electromagnéticos comprende un par de polos magnéticos dispuestos simétricamente con respecto a un plano de simetría de dicho cristalizador, que es sustancialmente paralelo a las paredes frontales opuestas de dicho cristalizador. Cada polo magnético comprende un núcleo y una bobina suministrados por corriente continua. Dichos polos magnéticos están configurados para generar un campo magnético que atraviesa dicho baño según direcciones sustancialmente ortogonales a las paredes frontales del cristalizador. El aparato comprende un par de paredes de refuerzo, cada una de ellas exteriormente adyacente a una de las paredes frontales del cristalizador. El aparato comprende también un par de placas ferromagnéticas dispuestas cada una de ellas paralelamente a una de dichas paredes de refuerzo de manera que los polos magnéticos dispuestos en un mismo lado con respecto al plano de simetría, están comprendidos entre una de las paredes de refuerzo y una de dichas placas ferromagnéticas.

45 **[0018]** De acuerdo con la invención, el proceso incluye activar dichas zonas de frenado de forma independiente o en grupos, de acuerdo con parámetros característicos de las condiciones fluidodinámicas del metal líquido en dicho baño.

50 **[0019]** La presente invención se refiere también a un aparato para controlar los flujos de metal líquido en un cristalizador para la colada continua de planchones finos, lo que permite implementar el proceso de acuerdo con la presente invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

55 **[0020]** Otras características y ventajas de la presente invención serán evidentes a la luz de la descripción detallada de las realizaciones preferidas, pero no exclusivas, de un cristalizador al que se aplica el proceso de acuerdo con la invención y un aparato que comprende dicho cristalizador, ilustrado a modo de ejemplo no limitativo, con ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

- 60 - las figuras 1 y 2 son vistas de un cristalizador de tipo conocido y muestran un baño de metal líquido contenido en el cristalizador y sometido a primera y segunda condiciones fluidodinámicas posibles, respectivamente;
- las figuras 3 y 4 son vistas frontales y en planta, respectivamente, de un cristalizador al que se puede aplicar el proceso de acuerdo con la presente invención;

- la figura 5 es una vista frontal del cristalizador en la figura 3 en el que las zonas de frenado están indicadas de acuerdo con una posible realización del proceso de acuerdo con la presente invención;
- la figura 6 es una vista de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en el que se indican las zonas de frenado del metal líquido activado en presencia de una primera condición fluidodinámica;
- 5 - la figura 7 es una vista de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en el que se indican las zonas de frenado del metal líquido activado en presencia de una segunda condición fluidodinámica;
- la figura 8 es una vista de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en el que se indican las zonas de frenado del metal líquido activado en presencia de una tercera condición fluidodinámica;
- la figura 8A es una vista de un baño de metal líquido en el cristalizador en la figura 5 en la que se muestran grupos de zonas de frenado;
- 10 - la figura 8B es una vista de un baño de metal líquido en el cristalizador en la figura 5 en la que se muestran grupos de zonas de frenado adicionales;
- las figuras 9 y 10 son vistas de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en las que se indican las zonas de frenado del metal líquido activado en presencia de una cuarta condición fluidodinámica;
- 15 - las figuras 11 y 12 son vistas de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en las que se indican las zonas de frenado del metal líquido activado en presencia de una condición fluidodinámica adicional;
- la figura 13 es una vista frontal de una primera realización de un aparato para implementar el proceso de acuerdo con la presente invención;
- 20 - la figura 14 es una vista en planta del aparato de la figura 13;
- La figura 15 es una vista del aparato de la figura 13, desde un punto de vista opuesto al de la figura 14;
- la figura 16 es una vista en planta de una segunda realización de un aparato de acuerdo con la presente invención;
- 25 - la figura 17 es una vista en planta de una tercera realización de un aparato de acuerdo con la presente invención;
- la figura 18 es una vista en planta de una cuarta realización de un aparato de acuerdo con la presente invención;
- las figuras 19, 20 y 21 muestran respectivamente tres posibles modos de instalación de un dispositivo para controlar flujos de metal líquido en un cristalizador de un aparato de acuerdo con la presente invención.
- 30

[0021] Los mismos números de referencia y letras de las figuras se refieren a los mismos elementos o componentes.

35 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN**

[0022] Con referencia a las figuras mencionadas, el proceso de acuerdo con la invención permite regularizar y controlar los flujos de metal líquido en un cristalizador para la colada continua de planchones finos. Dicho cristalizador 1 se define por paredes perimetrales hechas de material metálico, preferiblemente cobre, que definen un volumen interno adaptado para contener un baño de metal líquido 4, preferiblemente acero. Las figuras 3 y 4 muestran una posible forma de realización de dicho cristalizador 1, delimitado por una línea discontinua, que comprende dos paredes frontales 16, 16' mutuamente opuestas y dos paredes laterales 17, 18, recíprocamente paralelas, sustancialmente ortogonales a las paredes frontales 16, 16'.

45 [0023] El volumen interno delimitado por las paredes perimetrales 16, 16', 17, 18 tiene un primer plano de simetría longitudinal B-B paralelo a las paredes frontales 16, 16' y un plano de simetría transversal A-A ortogonal al plano longitudinal B-B. El volumen interior definido por el cristalizador 1 está abierto en la parte superior para permitir la inserción de metal líquido y está abierto en el fondo para permitir que el propio metal salga en forma de producto semiacabado sustancialmente rectangular, tras la solidificación de una capa de revestimiento exterior 22 en la superficie interior de las paredes perimetrales 16, 16', 17, 18.

[0024] Las paredes perimetrales frontales 16, 16' comprenden una parte central ampliada 2 que define una cubeta central, cuyo tamaño es adecuado para permitir la introducción de un descargador 3 a través del cual el metal líquido se introduce continuamente en el baño 4. Dicho descargador 3 se sumerge en el volumen interior del cristalizador en una profundidad P (véase la figura 3) medida desde un borde superior 1B de las paredes 16, 16', 17, 18 del cristalizador 1. El descargador 3 comprende una sección de salida 27, que se desarrolla simétricamente tanto con respecto al plano de simetría transversal A-A como con respecto al plano de simetría longitudinal B-B. La sección de salida 27 define una o más aberturas a través de las cuales el baño 4 es alimentado con líquido metálico de un cucharón, por ejemplo.

60 [0025] De nuevo con referencia a la vista de la figura 3, el volumen interior del cristalizador 1, es decir, el baño de metal líquido 4 contenido en él, se divide en una porción central 41 y dos partes laterales 42 y 43 simétricas con respecto a la porción central 41. En particular, la expresión "porción central 41" se refiere a una porción que se

extiende longitudinalmente (es decir, paralela a la dirección del plano B-B) sobre una distancia LS correspondiente a la extensión de las porciones ensanchadas 2 de las paredes 16, 16' que definen la cubeta central, como se muestra en la figura 4, simétricamente con respecto al eje vertical A-A. Además, la porción central 41 se desarrolla verticalmente sobre toda la extensión del cristalizador 1. La expresión "porciones laterales 42, 43" se refiere en su lugar a dos porciones del baño 4 que se desarrollan cada una desde una de las paredes laterales 17, 18 del cristalizador 1 y la porción central 41, tal como se ha definido anteriormente. En particular, la porción entre la parte central 41 y una primera pared lateral 17 (a la izquierda en la figura 3) se indicará como la primera porción lateral 42, y la porción simétricamente opuesta al plano transversal A-A, entre la porción central 41 y la segunda pared lateral 18, se indicará como la segunda porción lateral 43.

[0026] El proceso de acuerdo con la presente invención incluye generar una pluralidad de zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 dentro del baño de metal líquido 4, cada una a través de un freno electromagnético 10', 11', 12', 13', 14', 15'. El proceso incluye además la activación de estas zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 de acuerdo con los parámetros característicos de las condiciones fluidodinámicas del material líquido dentro del baño 4. En particular, las zonas de frenado se activan independientemente entre sí y también en grupos según los parámetros relacionados con la velocidad y ondulación del metal líquido en proximidad de la superficie 7 (o menisco 7) del baño 4. Además, las zonas de frenado también se activan de acuerdo con los caudales de metal líquido en las diversas porciones 41, 42, 43 del baño de líquido 4, como se explica con mayor detalle más adelante.

[0027] Cada zona de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 definida en el presente documento por una zona del baño de metal líquido 4 que está atravesada por un campo magnético generado por un correspondiente freno electromagnético 10', 11', 12', 13', 14', 15' situado fuera del cristalizador 1, como se muestra en las figuras 13 y 14. Más específicamente, los frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' están dispuestos fuera de las paredes laterales de refuerzo 20 y 20' adyacentes a las paredes frontales 16, 16'. Los frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' están configurados de manera que el campo magnético generado a partir de los mismos cruce el baño 4 preferiblemente de acuerdo con direcciones sustancialmente ortogonales al plano longitudinal B-B. Esta solución permite una mayor acción de frenado en el baño de líquido, permitiendo ventajosamente contener el tamaño de los propios frenos 10', 11', 12', 13', 14', 15'. Sin embargo, estos frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' pueden estar configurados para generar campos magnéticos con líneas sustancialmente verticales, es decir, paralelas al plano de simetría transversal A-A o como alternativa, con líneas horizontales, es decir, perpendiculares al plano transversal A-A y en paralelo al plano longitudinal B-B, dentro del baño 4.

[0028] En lo sucesivo en el presente documento, para los fines de la presente invención, la expresión "zona de frenado activada" en el baño de líquido 4 se refiere a una condición según la cual se activa un campo electromagnético, generado por un freno electromagnético correspondiente, que determina una acción de frenado del metal líquido 4 que concierne a la propia zona. La expresión "zona de frenado desactivada" significa en su lugar una condición según la cual dicho campo está "desactivado" para suspender tal acción de frenado al menos hasta una nueva reactivación del correspondiente freno electromagnético. Como se indica más adelante, cada una de las zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 se pueden activar en combinación con otras zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15, o una de cada vez, es decir, incluyendo una "desactivación" simultánea de las otras zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15. La figura 5 muestra frontalmente un cristalizador 1 al que se aplica el proceso según la presente invención. En particular, tal figura muestra una zona de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 que puede activarse de acuerdo con las condiciones fluidodinámicas dentro del baño 4. Según la invención, un primer freno electromagnético 10' está dispuesto para generar una primera zona de frenado 10 en la porción central 41 del baño 4 en proximidad de la sección de salida 27 del descargador 3. Más específicamente, la primera zona de frenado 10 se desarrolla simétricamente con respecto al plano de simetría transversal A-A y tiene una extensión lateral (medida de acuerdo con la dirección paralela al plano lateral B-B) que es menor que la extensión lateral de la misma sección de salida 27.

[0029] Como se muestra de nuevo en la figura 5, la posición de la primera zona de frenado 10 es tal que cuando se activa, los flujos principales 5, 5' de metal líquido se ralentizan precisamente en proximidad de la sección de salida 27 del descargador 3 a favor de las recirculaciones secundarias 6, 6', que de este modo se refuerzan y aumentan su velocidad. La expresión "en proximidad de la sección de salida 27" indica una parte del baño de metal líquido esencialmente junto a dicha sección de salida, como se muestra en la figura 5, por ejemplo. Como se especifica con mayor detalle a continuación con referencia a la figura 6, la activación de la primera zona de frenado 10 es, por lo tanto, particularmente ventajosa en presencia de caudales relativamente bajos que pueden determinar una velocidad de metal líquido lenta en proximidad del menisco 7 del baño 4.

[0030] De acuerdo con una solución preferida, el tamaño de la primera zona de frenado 10 (indicada en la figura 6) se establece de modo que la relación de la extensión lateral L10 de la primera zona de frenado 10 con respecto al tamaño lateral L27 de la sección de salida 27 del descargador 3 está entre 1/3 y 1. Además, la relación de la extensión vertical V10 de la primera zona de frenado 10 (por encima de la sección de salida 27) con respecto a la distancia V27 entre la sección de salida 27 y la superficie 7 del baño 4 está preferiblemente en un intervalo entre 0 y

1. Además, la relación de la extensión vertical V9 de la primera zona de frenado 10 (bajo dicha sección de salida 27) con respecto a la extensión lateral L27 del descargador 3 está entre 0 y 1, siendo preferiblemente igual a 2/3.

5 **[0031]** De acuerdo con la invención, se configura un segundo freno electromagnético 11' para generar una segunda zona de frenado 11 en una posición principalmente por debajo de la primera zona de frenado 10. La segunda zona de frenado 11 es tal que se extiende simétricamente con respecto al plano de simetría transversal A-A y está comprendida preferiblemente en la porción central 41 del baño 4. La relación de la extensión lateral L11 de la segunda zona de frenado 11 con respecto al tamaño lateral LS de la parte central 41 está preferiblemente entre 1/8 y 2/3 (véase la figura 8). La segunda zona de frenado 11 puede extenderse verticalmente desde el fondo 28 del
10 cristalizador 1 hasta la sección de salida 27 del descargador 3, preferiblemente desde 1/6 de la altura H del cristalizador 1 a una distancia D11 desde la sección de salida 27 del descargador 3 correspondiente a aproximadamente 1/4 de la anchura L27 de la misma sección de salida 27.

15 **[0032]** Un tercer freno electromagnético 12' está dispuesto para generar una tercera zona de frenado 12 en la primera porción lateral 42 del baño 4 para estar lateralmente comprendida entre la superficie interior de la primera pared perimetral 17 y el plano de simetría transversal A-A. Tal tercera zona de frenado 12 se extiende preferiblemente lateralmente entre la superficie interior de la primera pared lateral 17 y un primer borde lateral 19' del descargador 3 orientado hacia la misma primera pared lateral 17. La tercera zona de frenado 12 puede desarrollarse verticalmente desde 1/3 de la altura H del cristalizador 1 al menisco 7 del baño 4, preferiblemente desde la mitad de
20 la altura H del cristalizador 1 a una distancia D12 desde la superficie 7 del baño 4 igual a 1/6 del tamaño lateral L27 del descargador 3.

25 **[0033]** Un cuarto freno electromagnético 13' está dispuesto para generar una cuarta zona de frenado 13 que refleja sustancialmente la tercera zona de frenado 12 con respecto al eje de simetría transversal A-A. Más precisamente, dicha cuarta zona de frenado 13 se desarrolla en la segunda porción 43 del baño 4 para estar lateralmente comprendida entre la superficie interior de la segunda pared lateral 18 y el plano de simetría transversal A-A del cristalizador 1, y preferiblemente entre dicha superficie interior y un segundo borde lateral 19" del descargador 3 orientado hacia dicha segunda pared lateral 18. Al igual que para la tercera zona de frenado 12, la cuarta zona de frenado 13 también puede desarrollarse verticalmente desde 1/3 de la altura del cristalizador 1 al menisco 7 del baño
30 4, preferiblemente desde la mitad de la altura del cristalizador 1 a una distancia D12 desde la superficie 7 del baño 4 igual a 1/6 del tamaño lateral L27 del descargador 3.

35 **[0034]** Un quinto freno electromagnético 14' se dispone para generar una quinta zona de frenado correspondiente 14 principalmente en la primera porción lateral 42 del baño 4 y principalmente en una posición por debajo de la tercera zona de frenado 12 definida anteriormente. La quinta zona de frenado 14 se extiende preferiblemente de manera que quede completamente comprendida entre la primera pared lateral 17 y la porción central 41. La quinta zona de frenado 14 puede extenderse verticalmente entre el borde inferior 28 del cristalizador 1 y la sección de salida 27 del descargador 3, preferiblemente desde una altura d de aproximadamente 1/7 de la altura H del cristalizador 1 hasta una distancia D14 (en la figura 6) desde la sección de salida 27 del descargador 3 igual a
40 aproximadamente 1/3 de la anchura L27 del propio descargador.

45 **[0035]** Un sexto freno electromagnético 15' está dispuesto para generar una sexta zona de frenado 15 que refleja sustancialmente la quinta zona de frenado 14 con respecto al eje de simetría transversal A-A. Por lo tanto, la sexta zona de frenado 15 está situada en la segunda porción lateral 43 del baño de líquido 4 y se extiende principalmente en una posición por debajo de la cuarta zona de frenado 13. La sexta zona de frenado 15 está preferiblemente situada completamente dentro de la segunda parte lateral 43 del baño 4, es decir, entre la segunda pared lateral 18 y la porción central 41. Por lo que se refiere a la quinta zona de frenado 14, la sexta zona de frenado 15 también puede extenderse verticalmente entre el borde inferior 28 del cristalizador 1 y la sección inferior 27 del descargador
50 3, preferiblemente desde una altura igual a aproximadamente 1/7 de la altura H del cristalizador 1 hasta una distancia D14 desde la sección de salida 27 igual a aproximadamente 1/3 de la anchura del propio descargador.

55 **[0036]** Como se ve, la disposición de seis zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 permite corregir ventajosamente múltiples situaciones fluidodinámicas que, de lo contrario, darían lugar a fallos en el producto semiacabado, incluso a un fenómeno de ruptura destructivo. Cabe señalar que la activación de la primera zona de frenado 10 y de la segunda zona de frenado 11 permite ralentizar ventajosamente los flujos centrales 5, 5' de metal líquido en proximidad de la sección de salida 27 del descargador 3 y en una zona inferior cerca del fondo 28 del cristalizador 1, respectivamente. La activación de la tercera zona de frenado 12 y de la cuarta zona de frenado 13 (en lo sucesivo en el presente documento también denominadas "zonas de frenado laterales superiores") permite en su lugar ralentizar los flujos de metal 6, 6' que están dirigidos hacia el menisco 7, mientras que la activación de la quinta zona
60 de frenado 14 y de la sexta zona de frenado 15 (en lo sucesivo también denominada "zonas de frenado laterales inferiores") permite ralentizar los flujos próximos al fondo del baño 4. Como se especifica más detalladamente a continuación, las zonas de frenado pueden explicar una acción de frenado diferente según la intensidad del campo magnético generado por los respectivos frenos electromagnéticos. En particular, cada zona de frenado 10, 11, 12,

13, 14, 15 puede aislarse ventajosamente con respecto a las zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15, es decir, estar rodeada por una región de metal líquido "no frenado ". En todos los casos, se considera dentro de la presente invención la posibilidad de que los campos magnéticos se superpongan dentro del baño 4, determinando así una superposición de las zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15.

5 **[0037]** La figura 6 se refiere a una primera situación fluidodinámica en la que los caudales insertados por el descargador 3 son relativamente bajos, determinando así recirculaciones secundarias excesivamente débiles 6 y 6' hacia el menisco 7, que no garantizan velocidades adecuadas para que el menisco trabaje con una buena velocidad de colada y buena calidad final. En presencia de esta situación, es decir, cuando la velocidad V del metal líquido en la proximidad del menisco 7 es inferior a un primer valor de referencia, se activa entonces la primera zona de frenado 10 para explicar una acción de frenado en el baño 4 en una zona central en la proximidad de la sección de salida 27 del descargador 3. La expresión "en proximidad del menisco 7" indica un baño de metal líquido que se extiende sustancialmente entre el menisco 7 y un plano de referencia sustancialmente paralelo al menisco 7 y en el que la sección de salida del descargador se dispone virtualmente.

15 **[0038]** Al aumentar la resistencia fluidodinámica, se determina en esta zona un refuerzo de las recirculaciones secundarias 6 y 6', es decir, la velocidad V en la proximidad de la superficie 7 aumenta. Si la velocidad V en la proximidad de la superficie 7 es inferior a un segundo valor de referencia, sin embargo por encima del primer valor, la quinta zona de frenado 14 y la sexta zona de frenado 15 se activan entonces para reforzar adicionalmente las recirculaciones secundarias 6, 6', es decir, restablecer las velocidades V en el menisco 7.

20 **[0039]** La figura 7 se refiere a una segunda situación fluidodinámica posible en la que es evidente una condición de asimetría de los caudales de metal dirigidos desde el descargador 3 a las porciones laterales 42, 43 del baño 4. Bajo esta condición, las zonas de frenado situadas en la porción lateral 42, 43 del baño 4 se activan ventajosamente, a las que se dirige un caudal más alto. En este caso mostrado en la figura 7, los flujos metálicos 5', 6' dirigidos a la segunda porción lateral 43 del baño metálico 4 son más intensos (es decir, a mayor velocidad) que los dirigidos hacia la otra porción. Bajo esta condición, la cuarta zona de frenado 13 y la sexta zona de frenado 15 situadas principalmente en la segunda porción 43 se activan ventajosamente. Esta solución genera una resistencia fluidodinámica hacia los caudales más intensivos 5', 6', favoreciendo así una redistribución más simétrica de los caudales en el baño de metal líquido 4.

25 **[0040]** De nuevo con referencia a la figura 7, si los caudales fueran en todos los casos excesivos, las zonas de frenado laterales situadas en la porción lateral, a las que se dirige un caudal más bajo, podrían activarse ventajosamente para obtener condiciones óptimas. En este caso, la intensidad de la acción de frenado en las últimas zonas se establece de manera que sea inferior a la de las otras zonas laterales. En este caso mostrado en la figura 7, por ejemplo, la intensidad de frenado en la tercera zona de frenado 12 y en la quinta zona de frenado 14 se establece como menor que en la cuarta zona de frenado 13 y en la sexta zona de frenado 15 en la que actúan los flujos más intensos 5', 6'.

30 **[0041]** La figura 8 se refiere a una tercera condición posible en la que están presentes caudales altos, casi simétricos, que dan lugar a una velocidad y ondulación excesivas en el menisco 7, y no garantizan condiciones óptimas para el proceso de colada. Bajo esta condición, cuando la velocidad V y la ondulación de dicho metal líquido en proximidad de la superficie 7 superan un valor de referencia predeterminado, se activan ventajosamente todas las zonas laterales afectadas (tercera zona de frenado 12, cuarta zona de frenado 13, quinta zona de frenado 14 y sexta zona de frenado 15). Además, bajo esta condición, la intensidad de la acción de frenado se diferencia de manera que las zonas de frenado laterales superiores (tercera zona de frenado 12 y cuarta zona de frenado 13) desarrollan una acción de frenado más intensa en comparación con la desarrollada por las zonas de frenado laterales inferiores (quinta zona de frenado 14 y sexta zona de frenado 15). Con el fin de mejorar el proceso de colada y las condiciones, la segunda zona de frenado central inferior (es decir, la segunda zona de frenado 11) también se activa preferiblemente para ralentizar los flujos en el centro.

35 **[0042]** Bajo una condición fluidodinámica adicional (figuras 9 y 10), en la que solamente las recirculaciones secundarias 6 y 6' son particularmente intensas (es decir, las velocidades V en el menisco 7 son superiores a un valor predeterminado), en la proximidad de la superficie 7 del baño, sólo se podría activar ventajosamente la zona de frenado lateral superior (tercera zona de frenado 12 y cuarta zona de frenado 13). Una posible activación de la segunda zona de frenado 11 permite ventajosamente frenar también los flujos de metal líquido 5, 5' en el centro del baño 4, restableciendo así las condiciones fluidodinámicas óptimas. De hecho, en la proximidad de la segunda zona de frenado 11, los flujos metálicos podrían verse afectados por la activación previa de la tercera zona de frenado 12 y de la cuarta zona de frenado 13.

40 **[0043]** La figura 11 se refiere a otra condición fluidodinámica posible en la que los chorros principales 5, 5' necesitan frenarse especialmente, es decir, una condición en la que el caudal en la porción central 41 del baño 4 excede un valor predeterminado. Con el fin de restablecer la correcta redistribución de los movimientos internos, las

zonas de frenado laterales inferiores (quinta zona de frenado 14 y sexta zona de frenado 15) pueden activarse ventajosamente. Con el fin de optimizar la distribución, la segunda zona de frenado lateral 11 dentro de la misma porción central 41 del baño 4, tal como se muestra en la figura 12, puede activarse posiblemente.

5 **[0044]** Como se ha indicado anteriormente, las zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 pueden activarse cada una independientemente entre sí, pero alternativamente pueden activarse en grupos, lo que significa indicar la posibilidad de activar varias zonas de frenado juntas de manera que algunas zonas están al menos parcialmente unidas en una única zona de acción. Con referencia a la figura 8A, por ejemplo, las zonas de frenado laterales (indicadas por los números de referencia 12, 14, 13, 15) situadas principalmente en una misma porción lateral 42, 43 del baño de líquido 4, pueden activarse conjuntamente para generar una zona de frenado de un único lado (delimitada por una línea discontinua en la figura 8A). En este caso ilustrado en la figura 8A, la tercera zona de frenado 12 y la quinta zona de frenado 14 se activan juntas para generar una primera zona de frenado lateral 81, mientras que la cuarta zona de frenado 13 y la sexta zona de frenado 15 se activan conjuntamente para generar una segunda zona de frenado lateral 82 que refleja la primera zona de frenado lateral 82 con respecto al plano de simetría transversal A-A.

20 **[0045]** Con referencia a la figura 8B, las zonas de frenado (indicadas por los números de referencia 10, 12 y 13) en una posición más próxima a la superficie 7 del baño (indicada por los números de referencia 10, 12 y 13) pueden conectarse operativamente para generar una única zona de frenado superior 83, mientras que las zonas de frenado (indicadas por los números de referencia 11, 14, 15) en una posición más próxima al fondo del baño 4 pueden conectarse a su vez para generar una única zona de frenado inferior 84. La activación de la zona de frenado inferior 84 se proporciona ventajosamente, por ejemplo, en el caso de chorros particularmente intensos 5 como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 11 y 12, mientras que la activación de la zona de frenado superior 83 es particularmente ventajosa en el caso de recirculaciones secundarias particularmente intensas 6, 6'

25 **[0046]** La presente invención se refiere además a un aparato de colada continua para planchones finos que comprende un cristalizador 1, un descargador 3 y un dispositivo para controlar los flujos de metal líquido en el cristalizador 1. En particular, dicho dispositivo comprende una pluralidad de frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15', cada uno de los cuales genera, tras su activación, una zona de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 dentro del baño de metal líquido 4 definido por las paredes perimetrales 16, 16', 17, 18 del cristalizador 1. Dichos frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' pueden activarse y desactivarse independientemente entre sí o alternativamente en grupos. De acuerdo con la presente invención, hay seis frenos electromagnéticos para generar cada uno, si se activan, una zona de frenado como se ha descrito anteriormente.

35 **[0047]** Preferentemente, los frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' comprenden cada uno al menos un par de polos magnéticos dispuestos simétricamente fuera del cristalizador 1 y cada uno en una posición cercana y externa con respecto a una pared de refuerzo térmico-mecánica 20 o 20' adyacente a una pared frontal correspondiente 16, 16'. En una realización preferida, cada par de polos (uno actuando como polo positivo, el otro como polo negativo) genera, tras su activación, un campo magnético que cruza el baño de metal líquido 4 según direcciones sustancialmente ortogonales a las paredes frontales 16, 16' del cristalizador 1. En esta configuración, cada polo magnético (positivo y negativo) comprende un núcleo y una bobina de alimentación enrollada alrededor de dicho núcleo. Las bobinas de alimentación relacionadas con los polos magnéticos del mismo freno se suministran simultáneamente para generar el campo magnético correspondiente (es decir, para activar una zona de frenado correspondiente), cuya intensidad será proporcional a la corriente de suministro de las bobinas.

45 **[0048]** Para cada freno electromagnético, los polos magnéticos pueden configurarse para generar un campo electromagnético, en el que las líneas cruzan el baño 4, preferiblemente según direcciones ortogonales a las paredes frontales 16, 16'. Como alternativa, los polos magnéticos podrían generar campos magnéticos cuyas líneas cruzan flujos magnéticos verticales u horizontales.

50 **[0049]** En una posible realización, por ejemplo, los polos magnéticos del mismo freno electromagnético (por ejemplo, el polo magnético 10A y el polo magnético 10B del primer freno 10' simétrico recíprocamente al plano B-B) podrían comprender cada uno dos bobinas de suministro dispuestas con el fin de generar un campo magnético, cuyas líneas atraviesan el baño 4 vertical o horizontalmente.

55 **[0050]** En una realización adicional, el campo magnético que cruza el baño 4 también podría generarse por la cooperación de polos magnéticos pertenecientes a varios frenos electromagnéticos, pero dispuestos en el mismo lado con respecto al baño 4. Por ejemplo, un polo magnético del tercer freno electromagnético 12' y el polo magnético del cuarto freno 13' situado en el mismo lado con respecto al baño 4 pueden configurarse para actuar uno como polo positivo y el otro como polo negativo, para generar un campo magnético cuyas líneas cruzan el baño 4.

60 **[0051]** En todos los casos, el uso de los frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' definidos por dos polos magnéticos que tienen un núcleo y una bobina de alimentación enrollada alrededor de dicho núcleo, permite obtener

las correspondientes zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15, cada una de las cuales puede estar bien definidas y aisladas con respecto a las otras zonas. Además, según la intensidad, cada zona de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 puede presentar ventajosamente una conformación geométrica diferente de otras. En esencia, contrariamente a la solución descrita en el documento FR 2772294, los frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' empleados en el aparato según la invención permiten obtener zonas de frenado posiblemente aisladas entre sí, cada una con una conformación geométrica específica.

[0052] Las figuras 13 y 14 son vistas frontal y en planta, respectivamente, de una primera realización posible de un aparato de acuerdo con la presente invención. La figura 15 es una vista adicional de tal aparato desde un punto de observación opuesto al de la figura 14. En particular, la figura 13 permite ver la posición vertical asignada a los polos magnéticos de los frenos 10', 11', 12', 13', 14', 15' para generar las diversas zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15. Por otra parte, las figuras 14 y 15 permiten ver el cristalizador 1 fuera de la posición simétrica, tomado por los polos magnéticos de cada freno con respecto al plano longitudinal B-B. La figura 14 muestra solamente los polos 10A, 10B, 12A, 12B, 13A, 13B del primer 10', tercer 12' y cuarto 13' de freno electromagnético, por simplicidad. De manera similar, en la figura 15 sólo se muestran, por simplicidad, los polos magnéticos 11A, 11B, 14A, 14B, 15A, 15B relacionados con el segundo freno electromagnético 11', el tercer freno electromagnético 14' y el sexto freno electromagnético 15'.

[0053] Considerando, por ejemplo, el primer freno electromagnético 10, cabe destacar que un primer polo magnético 10A y un segundo polo magnético 10B se disponen simétricamente con respecto al plano de simetría B-B y en una posición centrada en el plano de simetría transversal A-A. Del mismo modo, los pares de polos magnéticos 12A, 12B y 13A, 13B, relacionados con el tercer 13' y el cuarto 14' frenos, respectivamente, se disponen simétricamente con respecto al plano B-B, pero a diferentes alturas y en otras posiciones longitudinales de las previstas para 10A, 10B del primer freno electromagnético 10'.

[0054] De acuerdo con una realización preferida, el aparato comprende un par de paredes de refuerzo 20, 20', cada una dispuesta en contacto con una pared frontal 16, 16' del cristalizador 1 para aumentar su resistencia termomecánica. Los polos magnéticos 12A, 12B, 13A, 13B, 10A, 10B de los diversos frenos electromagnéticos están dispuestos en una posición adyacente a estas paredes de refuerzo 20, 20', que están hechas de acero austenítico para permitir que el campo magnético generado por los polos dentro del baño 4 a pasar.

[0055] El aparato de acuerdo con la invención comprende preferiblemente también un par de placas ferromagnéticas 21, 21', cada una dispuesta paralela a las paredes de refuerzo 20, 20' de modo que, para cada freno electromagnético 10', 11', 12', 13, 14', 15', cada polo magnético esté entre una placa ferromagnética 21, 21' y una pared de refuerzo 20, 20'. Con referencia a la figura 14, por ejemplo, cabe destacar que los polos magnéticos 10A, 12A, 13A están entre la placa ferromagnética 21 y la pared de refuerzo 20 adyacente a la primera pared frontal 16, mientras que los polos 10B, 12B, 13B están entre la placa ferromagnética 21' y la otra placa de refuerzo 20' adyacente a la segunda pared frontal 16' del cristalizador 1. El uso de las placas ferromagnéticas 21, 21' permite cerrar ventajosamente el flujo magnético generado por los núcleos magnéticos desde el lado opuesto al baño de metal líquido 4. De este modo, la reluctancia magnética del circuito disminuye en beneficio de una disminución de la electricidad consumida para activar los polos, considerando la intensidad del flujo magnético como una constante.

[0056] Si el aparato se activa para corregir la condición fluidodinámica en la figura 6, entonces a través de la primera placa ferromagnética 21, el flujo magnético puede estar principalmente cerrado entre el polo 10A y los polos 14A y 15A juntos. De forma similar, en el lado opuesto al plano de simetría longitudinal B-B, el flujo magnético puede estar principalmente cerrado entre el polo 10B y los polos 14B, 15B juntos.

[0057] En este caso mostrado en la figura 9, en el que se proporciona la activación de las zonas laterales superiores 12, 13, las placas ferromagnéticas 21, 21' permiten que el flujo magnético generado entre los polos de los frenos electromagnéticos 12' y 13' se cierre, mientras que para la condición mostrada en la figura 10, las placas ferromagnéticas 21, 21' permiten cerrar el flujo magnético generado entre los polos por los frenos electromagnéticos 12', 13' y 11'. En los casos mostrados en las figuras 8, 8A y 8B, el flujo magnético entre los polos de los frenos electromagnéticos se puede cerrar ventajosamente de diversas maneras. Por ejemplo, en el caso de la figura 8A, el flujo magnético puede cerrarse parcialmente entre los polos 13A, 13B del freno 13' y los polos magnéticos 15A, 15B del freno 15' activados conjuntamente y parcialmente entre los polos magnéticos 12A, 12B del freno 12' y los polos 14A, 14B del freno 14' activados conjuntamente. De manera similar, en el caso de la figura 8B, el flujo magnético se cierra ventajosamente entre los polos 10A, 10B, 12A, 12B, 13A, 13B de los frenos electromagnéticos 10', 12', 13' activados en grupo, y los polos 11A, 11B, 14A, 14B, 15A, 15B de los frenos electromagnéticos 11', 14', 15' también están activados en el grupo.

[0058] Si los pesos y dimensiones necesitan reducirse y/o el proceso de colada no requiere toda la flexibilidad y configuraciones aseguradas por las placas 21, 21' de material ferromagnético, entonces el flujo magnético generado por los polos puede cerrarse por medio de conexiones ferromagnéticas directas entre los diversos polos. Para el

- modo de activación mostrado en la figura 6, por ejemplo, y en el caso de colada exclusivamente a caudales bajos, puede disponerse un par de placas en forma de T invertidas pueden paralelas a las paredes de refuerzo 20, 20' para permitir el cierre entre los polos magnéticos de los frenos 10', 14' y 15' que están activados. De manera similar, en el modo de activación mostrado en la figura 10 dictado por condiciones de colada que requieren que las recirculaciones secundarias 6, 6' sean ralentizadas, se pueden usar ventajosamente dos placas invertidas en forma de T en lugar de las placas ferromagnéticas más grandes 21, 21'. En este caso, cada placa en forma de T permitirá que se cierre el flujo magnético, que se genera por los polos magnéticos dispuestos del mismo lado con respecto al plano de simetría longitudinal B-B y que pertenecen a los frenos electromagnéticos activados 11', 12' y 13'.
- 5
- 10 **[0059]** La figura 16 se refiere a una segunda realización del aparato de acuerdo con la invención a través de la cual el flujo magnético se cierra independientemente entre dos polos simétricos del mismo freno electromagnético (por ejemplo, los polos simétricos 10A, 10B del primer freno 10' o los polos 12A, 12B del tercer freno 12', o los polos 13A, 13B del cuarto freno electromagnético 13') dispuestos adyacentes a las dos paredes de refuerzo 20, 20' de acero austenítico. Esta configuración puede obtenerse utilizando otro par de placas ferromagnéticas 21", que conectan transversalmente las dos placas 21, 21' en proximidad de los bordes laterales de ésta última. Esta solución permite reducir aún más la reluctancia del circuito magnético. En algunos casos particulares, estas dos placas 21 pueden reemplazarse por la estructura mecánica de soporte del cristalizador 1 y por las paredes de refuerzo termomecánicas 20 y 20' (no mostradas).
- 15
- 20 **[0060]** La figura 17 se refiere a una realización adicional de un aparato de acuerdo con la presente invención, en el que se incluyen inserciones ferromagnéticas 10", 12", 13" en cada una de las paredes 20, 20' de dimensiones verticales y laterales mayores que o iguales a los polos magnéticos de los frenos magnéticos 10', 12', 13', y tan gruesos o más finos que las paredes 20, 20' de acero austenítico, respectivamente.
- 25
- 30 **[0061]** Esta solución permite contener ventajosamente el consumo eléctrico destinado a las bobinas que alimentan los polos magnéticos de los diversos frenos 10', 11', 12', 13', 14', 15' para obtener las intensidades de fuerza necesarias en las diversas zonas de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15 que pueden activarse en el baño 4.
- 35 **[0062]** La figura 18 se refiere a una realización adicional del aparato de acuerdo con la invención que, de forma similar a la solución de la figura 16, permite contener la electricidad utilizada. En este caso, cada una de las paredes de refuerzo 20, 20' de acero austenítico comprende unas aberturas 10"', 12"', 13"', a través de las cuales los correspondientes polos magnéticos de los correspondientes frenos 10', 12', 13' respectivamente, se disponen para poner los mismos en una posición cercana a las paredes perimetrales 16, 16' de cobre del cristalizador 1. En particular, estas aberturas 10"', 12"', 13"' son mayores que los polos magnéticos correspondientes y preferiblemente de una medida vertical sobredimensionada para permitir oscilaciones verticales a las que se somete el cristalizador 1 durante el proceso de colada.
- 40 **[0063]** Cabe señalar que en las figuras 17 y 18 sólo se muestran las inserciones ferromagnéticas 10", 12", 13" y las aberturas 10"', 12"', 13"' relacionadas con el primer freno 10', con el tercer freno 12 y con el cuarto freno 13', respectivamente, pero también se proporcionan inserciones correspondientes y aberturas correspondientes (no vistas en estas figuras) para el segundo freno 11', para el quinto freno 14' y para el sexto freno electromagnético 15. Para todas las realizaciones desveladas anteriormente, el dispositivo para controlar los flujos pueden conectarse al cristalizador 1 y oscilar así verticalmente con el mismo. Sin embargo, para limitar las masas móviles, el aparato permanece preferiblemente independiente del cristalizador 1 y mantiene una posición fija con respecto a este último.
- 45 Además, en todos los casos considerados, la intensidad del campo magnético puede establecerse independientemente para cada zona de frenado 10, 11, 12, 13, 14, 15, o varias zonas de frenado pueden tener la misma intensidad. Dicha intensidad puede alcanzar 0,5 T. Por lo tanto, se alcanzan resultados excelentes en términos de rendimiento y ahorro energético cuando la intensidad del campo magnético está entre 0,01 T y 0,3 T.
- 50 **[0064]** Con referencia a las figuras 19, 20, 21, la estructura del dispositivo puede simplificarse de acuerdo con la variabilidad del proceso de colada continua dentro del descargador 3. En particular, si las condiciones de colada son estables, el dispositivo sólo puede comprometer los frenos electromagnéticos 10', 11', 12', 13', 14', 15' realmente útiles para controlar los flujos de metales líquidos. Esta solución permite ventajosamente reducir no sólo los costes de funcionamiento sino también, y sobre todo, la masa total del dispositivo. Por lo tanto, en este sentido, considerando, por ejemplo, las condiciones de colada ilustradas esquemáticamente en la figura 6 (es decir, a baja velocidad y bajo caudal), el dispositivo sólo puede comprender el segundo freno electromagnético 11', el tercer freno electromagnético 12' y un cuarto freno electromagnético 13', como se ilustra esquemáticamente en la figura 19.
- 55 **[0065]** De manera similar, si el proceso de colada y la conformación del descargador 3 estuvieran acompañados de velocidades de recirculación secundarias 6, 6', de acuerdo con las condiciones ilustradas esquemáticamente en las figuras 9 y 10, sería posible instalar en el dispositivo sólo el segundo freno electromagnético 11', el tercer freno electromagnético 12', el tercer freno electromagnético 13', de acuerdo con la disposición esquemáticamente mostrada en la figura 20. En el caso adicional en el que el proceso de colada se acompañó de altas velocidades de
- 60

flujo y alta ondulación del menisco (como se ilustra esquemáticamente en la figura 8), el dispositivo podría simplificarse instalando el segundo freno electromagnético 11', el tercer freno electromagnético 12', el cuarto freno electromagnético 13', el quinto freno electromagnético 14' y el sexto freno electromagnético 15', y ventajosamente "renunciando" a la instalación del primer freno electromagnético 10'.

5 [0066] Las figuras 19, 20, 21 mencionadas indican cada una, una configuración específica del dispositivo proporcionado para una condición de colada específica. Es conveniente especificar que en tales figuras, se ilustra la configuración específica del dispositivo de forma simplificada por medio de la primera placa ferromagnética 21 y un polo 10A, 11A, 12A, 13A, 14A, 15A de cada electroimán 10', 11', 12', 13', 14', 15' dispuesto sobre dicha primera placa ferromagnética. En dichas figuras, los rectángulos dibujados con una línea discontinua tienen el propósito de indicar los electroimanes que "no están instalados" con respecto a la configuración de seis electroimanes mostrada, por ejemplo, en la figura 13.

10 [0067] El proceso de acuerdo con la invención permite cumplir plenamente las tareas y objetos predeterminados. En particular, la presencia de una pluralidad de zonas de frenado que pueden activarse/desactivarse independientemente o en grupos permite ventajosamente controlar la distribución de los flujos dentro del baño en cualquier condición fluidodinámica que se produzca durante el proceso de colada. Al incluir zonas de frenado diferenciadas, el proceso es ventajosamente flexible, fiable y fácil de implementar.

15 [0068] Finalmente, vale la pena mencionar que el dispositivo para controlar los flujos de metal en el cristalizador 1 de acuerdo con la presente invención permite no sólo la activación simultánea de varias zonas de frenado sino también la activación de zonas de frenado individuales.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para controlar los flujos de metal líquido en una colada continua de planchones finos, en el que se proporcionan:

- 5 - un cristalizador (1) que comprende paredes perimetrales (16, 16', 17, 18) que definen un volumen de contención para un baño de metal líquido;
- un descargador (3) dispuesto centralmente en dicho baño (4) para descargar dicho metal líquido;
- 10 - un primer freno electromagnético (10') para generar una primera zona de frenado (10) en una porción central (41) de dicho baño (4) en proximidad de una sección de salida (27) de dicho metal líquido desde dicho descargador (3), estando dicha porción central (41) delimitada entre dos paredes frontales perimetrales (16, 16') de dicho cristalizador (1);
- 15 - un segundo freno electromagnético (11') para generar una segunda zona de frenado (11) en dicha porción central (41) de dicho baño (4) en una posición por debajo de dicha primera zona de frenado (10);
- un tercer freno electromagnético (12') para generar una tercera zona de frenado (12) en una primera porción lateral (42) de dicho baño (4) entre dicha porción central (41) y una primera pared lateral perimetral (17) sustancialmente ortogonal a dichas paredes frontales (16, 16');
- 20 - un cuarto freno electromagnético (13') para generar una cuarta zona de frenado (13) dentro de una segunda porción lateral (43) de dicho baño (4), que es simétrica a dicha primera porción lateral (42) de dicho baño (4) con respecto a un plano de simetría (A-A) sustancialmente ortogonal a dichas paredes perimetrales frontales (16, 16');
- un quinto freno electromagnético (14') para generar una quinta zona de frenado (14) principalmente en dicha primera porción lateral (42) de dicho baño (4) en una posición principalmente por debajo de dicha tercera zona de frenado (12);
- 25 - un sexto freno electromagnético (15') para generar una sexta zona de frenado (15) en dicha segunda porción lateral (43) de dicho baño (4) en una posición principalmente por debajo de dicha cuarta zona de frenado (13), comprendiendo cada uno de dichos frenos electromagnéticos (10', 11', 12', 13', 14', 15') que comprende un par de polos magnéticos dispuestos simétricamente con respecto a un plano de simetría (B-B) de dicho cristalizador (1), que es sustancialmente paralelo a las paredes frontales opuestas (16, 16') de dicho cristalizador, comprendiendo cada polo magnético un núcleo y una bobina alimentada por corriente directa, estando dichos polos magnéticos (10', 11', 12', 13', 14', 15') configurados para generar un campo magnético que cruce dicho baño (4) según las direcciones sustancialmente ortogonales a dichas paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador, comprendiendo dicho aparato un par de placas ferromagnéticas (21, 21') dispuestas cada una en paralelo a una de dichas paredes de refuerzo (20, 20'), de manera que los polos magnéticos, dispuestos en un mismo lado con respecto a dicho plano de simetría (B-B), están comprendidos entre una de dichas paredes de refuerzo (20, 20') y una de dichas placas ferromagnéticas (21, 21'),
- 35 - en el que dicho proceso incluye la activación de dichas zonas de frenado (10, 11, 12, 13, 14, 15) independientemente o en grupos según los parámetros característicos de las condiciones fluidodinámicas de dicho metal líquido en dicho baño (4).

2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la activación de dicha primera zona de frenado (10) se proporciona cuando la velocidad de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) es inferior a un primer valor de referencia, así como la activación de dicha quinta zona de frenado (14') y dicha sexta zona de frenado (15') si, tras la activación de dicha primera zona de frenado (10), dicha velocidad de dicho metal líquido es inferior a un segundo valor de referencia superior a dicho primer valor de referencia.

3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la activación de las zonas de frenado (12, 14, 13, 15) situadas en una primera de las porciones laterales (43, 42) de dicho baño (4) se proporciona si el caudal de metal líquido dirigido hacia la primera de las porciones laterales (43, 42) es superior al caudal dirigido hacia una segunda de las porciones laterales (42, 43).

4. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las zonas de frenado (13, 15) relacionadas con la porción lateral (43) con el caudal más alto de metal líquido se activan para desarrollar una mayor acción de frenado con respecto a las zonas de frenado (12, 14) relacionadas con la otra porción lateral (42) con el caudal más bajo.

5. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la activación de las zonas de frenado (12, 14, 13, 15) relacionadas con las porciones laterales (43, 42) de dicho baño (4) se proporciona cuando la velocidad y ondulación de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) exceden un valor de referencia predeterminado, siendo dicha tercera zona de frenado (12) y dicha cuarta zona de frenado (13) activadas para desarrollar una mayor acción de frenado con respecto a dicha quinta zona de frenado (14) y dicha sexta zona de frenado (15).

6. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 5, en el que se proporciona la activación de dicha segunda zona de frenado (11).

7. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se proporciona la activación de las zonas de frenado (12, 14, 13, 15) relacionadas con las partes laterales (43, 42) de dicho baño (4) cuando la velocidad de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) supera un valor de referencia predeterminado.

8. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 7, en el que se proporciona la activación de dicha segunda zona de frenado (11).

9. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la activación de dicha tercera zona de frenado (12) y de dicha cuarta zona de frenado (13) se proporciona cuando las velocidades (V) de dicho flujo metálico en el menisco de dicho baño (4) son superiores a un valor predeterminado.

10. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 9, en el que también se proporciona la activación de dicha segunda zona de frenado (11).

11. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se proporciona la activación:

- de un grupo de zonas de frenado (12, 14) activables en dicha primera porción lateral (42) de dicho baño (4); y/o
- de un grupo de zonas de frenado (13, 15) activables en dicha segunda porción lateral (43) de dicho baño (4).

12. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se proporciona la activación en el grupo de la primera zona de frenado (10), la tercera zona de frenado (12) y la cuarta zona de frenado (13) y/o la activación en el grupo de la segunda zona de frenado (11), la quinta zona de frenado (14) y la sexta zona de frenado (15).

13. Un aparato de colada continua para planchones finos que comprende:

- un cristalizador (1);
- un descargador (3) adaptado para descargar metal líquido en dicho cristalizador (1),
- un dispositivo para controlar los flujos de metal líquido en dicho cristalizador (1), comprendiendo dicho dispositivo una pluralidad de frenos electromagnéticos (10', 11', 12', 13', 14', 15'), cada uno de los cuales es activable para generar una zona de frenado correspondiente (10, 11, 12, 13, 14, 15) en un baño de metal líquido delimitado por dos paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador (1) que están opuestas entre sí, y por dos paredes laterales (17, 18) de dicho cristalizador (1), que están opuestas entre sí y son ortogonales a dichas paredes frontales (16, 16'), comprendiendo cada uno de dichos frenos electromagnéticos (10', 11', 12', 13 14', 15') un par de polos magnéticos dispuestos simétricamente con respecto a un plano de simetría (B-B) de dicho cristalizador (1), que es sustancialmente paralelo a dichas paredes frontales (16, 16'), comprendiendo cada polo magnético un núcleo y una bobina alimentados por corriente continua, estando dichos polos magnéticos configurados para generar un campo magnético que atraviesa dicho baño (4) de acuerdo con direcciones sustancialmente ortogonales a dichas paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador (1), en el que dicho aparato comprende un par de paredes de refuerzo (20, 20'), cada una exteriormente adyacente a una de dichas paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador, comprendiendo dicho aparato un par de placas ferromagnéticas (21, 21') dispuestas cada una en paralelo a una de dichas paredes de refuerzo (20, 20') de manera que los polos magnéticos, dispuestos en un mismo lado con respecto a dicho plano de simetría (B-B), estén comprendidos entre una de dichas paredes de refuerzo (20, 20') y una de dichas placas ferromagnéticas (21, 21')

y en el que:

- un primer freno electromagnético (10') configurado para generar, si se activa, una primera zona de frenado (10) en una porción central (41) de dicho baño (4) en proximidad de una sección de salida (27) de dicho metal líquido desde dicho descargador (3), estando dicha porción central (41) delimitada entre dichas paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador (1);
- un segundo freno electromagnético (11') configurado para generar, si se activa, una segunda zona de frenado (11) en dicha porción central (41) de dicho baño (4) en una posición principalmente por debajo de dicha primera zona de frenado (10);
- un tercer freno electromagnético (12') configurado para generar, si se activa, una tercera zona de frenado (12) en una primera porción lateral (42) de dicho baño (4) entre dicha porción central (41) y una primera pared lateral perimetral (17) comprendida sustancialmente entre dichas paredes frontales (16, 16');
- un cuarto freno electromagnético (13') configurado para generar, si se activa, una cuarta zona de frenado

(13) dentro de una segunda porción lateral (43) de dicho baño (4), que es simétrica a dicha primera porción central (41) de dicho baño (4) con respecto a un plano de simetría (A-A) sustancialmente ortogonal a dichas paredes frontales (16, 16');

5 - un quinto freno electromagnético (14') configurado para generar, si se activa, una quinta zona de frenado (14) en dicha primera porción lateral (42) de dicho baño (4) en una posición principalmente por debajo de dicha tercera zona de frenado (12);

10 - un sexto freno electromagnético (15') configurado para generar, si se activa, una sexta zona de frenado (15) en dicha segunda porción lateral (43) de dicho baño (4) en una posición principalmente por debajo de dicha cuarta zona de frenado (13).

y en el que dichos frenos electromagnéticos (10', 11', 12', 13', 14', 15') son activables y desactivables independientemente entre sí o en grupos de acuerdo con unos parámetros característicos de las condiciones fluidodinámicas de dicho metal líquido en dicho baño (4).

15 **14.** Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dichos frenos electromagnéticos (12', 13', 14', 15') relacionados con las porciones laterales (43, 42) de dicho baño (4) están configurados para activarse cuando la velocidad y la ondulación de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) superan un valor de referencia predeterminado, estando dicho tercer freno electromagnético (12') y dicho cuarto freno electromagnético (13') configurados para activarse para desarrollar una mayor acción de frenado con respecto a
20 dicho quinto freno electromagnético (14') y dicho sexto freno electromagnético (15') y en el que también se activa dicho segundo freno electromagnético.

25 **15.** Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dichos frenos electromagnéticos (12', 14', 13', 15') relacionados con las porciones laterales (43, 42) de dicho baño (4) y dicho segundo freno (11') están configurados para activarse cuando la velocidad de dicho metal líquido en proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) excede un valor de referencia predeterminado.

30 **16.** Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicho tercer freno electromagnético (12'), dicho cuarto freno electromagnético (13') y dicho segundo freno electromagnético (11') están configurados para activarse cuando las velocidades (V) de dicho flujo de metal en el menisco de dicho baño (4) son superiores a un valor predeterminado.

35 **17.** Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicho primer freno electromagnético (10') está configurado para activarse cuando la velocidad (V) de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) sea menor que un primer valor de referencia, así como dicho quinto freno electromagnético (14') y dicho sexto freno electromagnético (15') están configurados para activarse si, al activarse dicho primer freno electromagnético (10'), dicha velocidad de dicho metal líquido es más lenta que un segundo valor de referencia más alto que dicho primer valor de referencia.

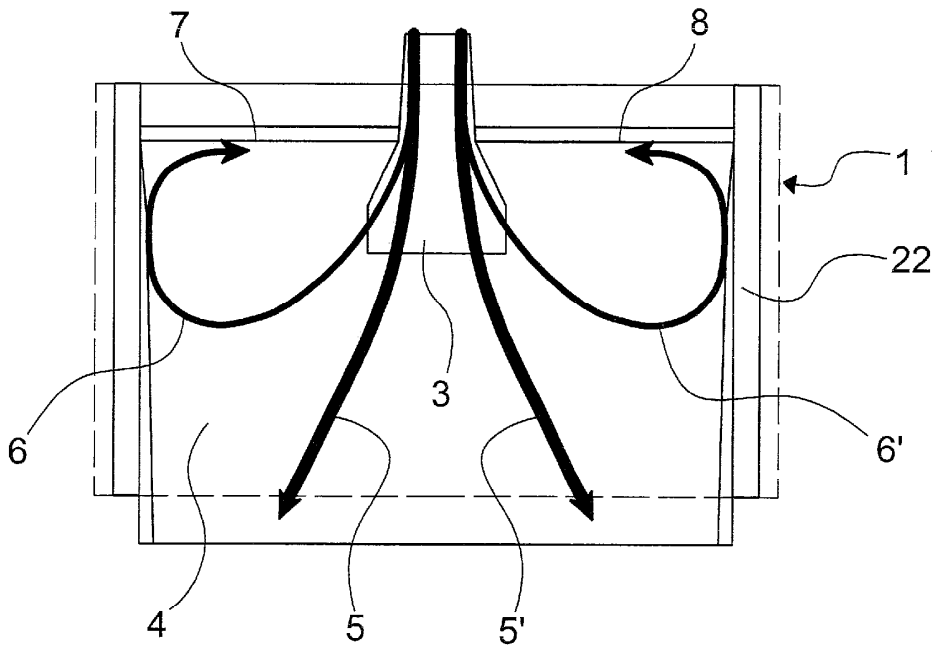


Fig. 1

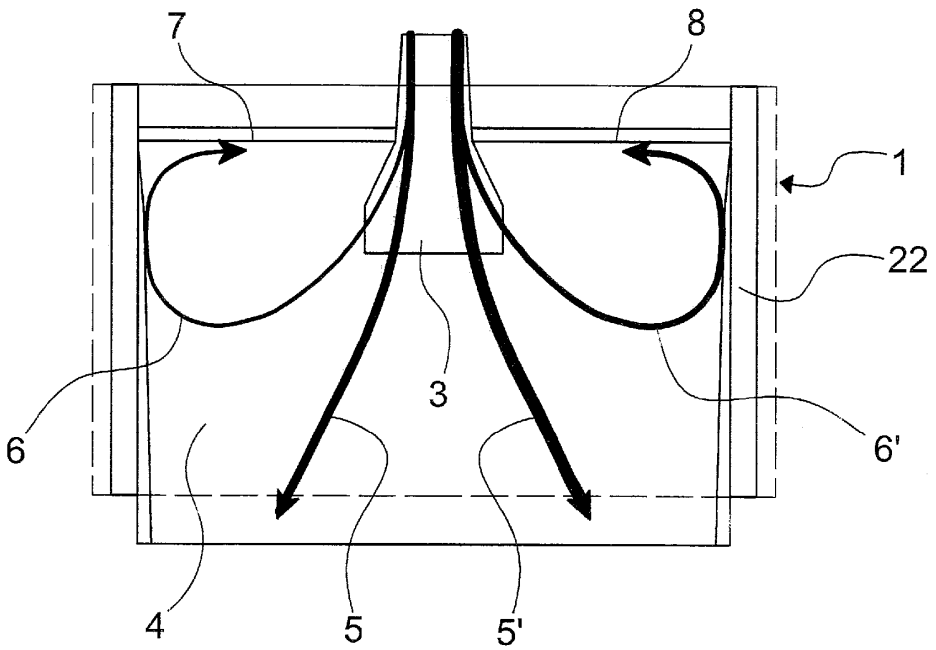


Fig. 2

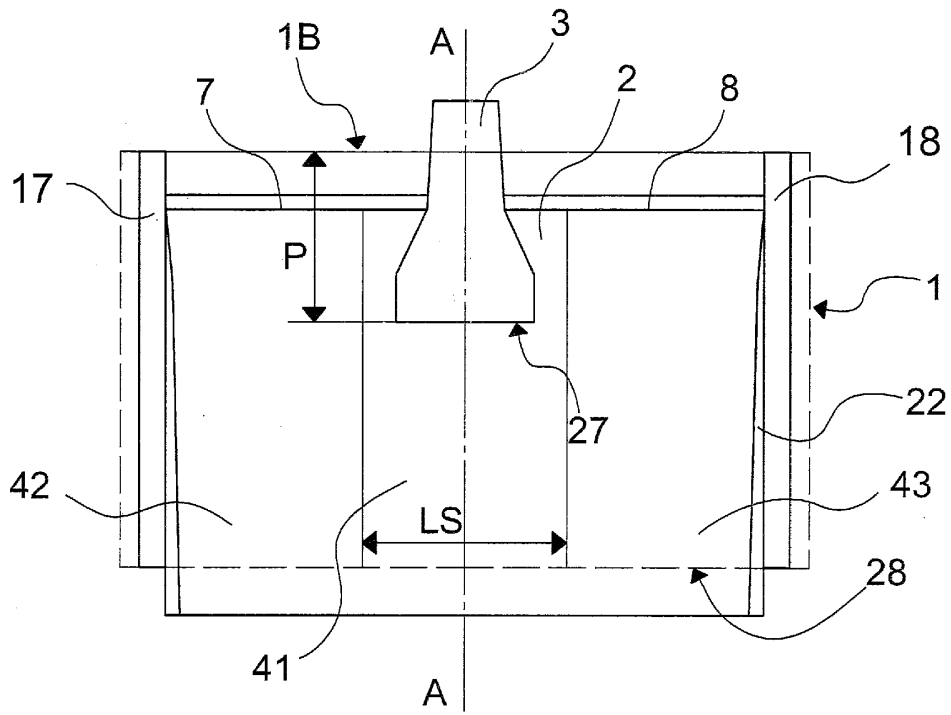


Fig. 3

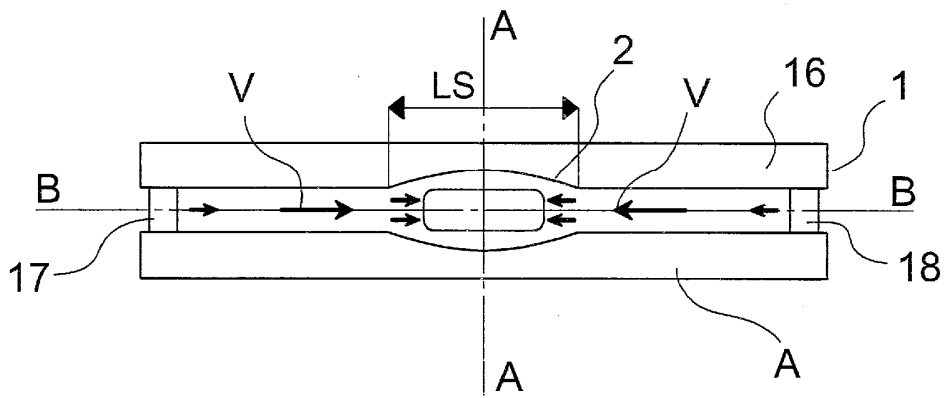


Fig. 4

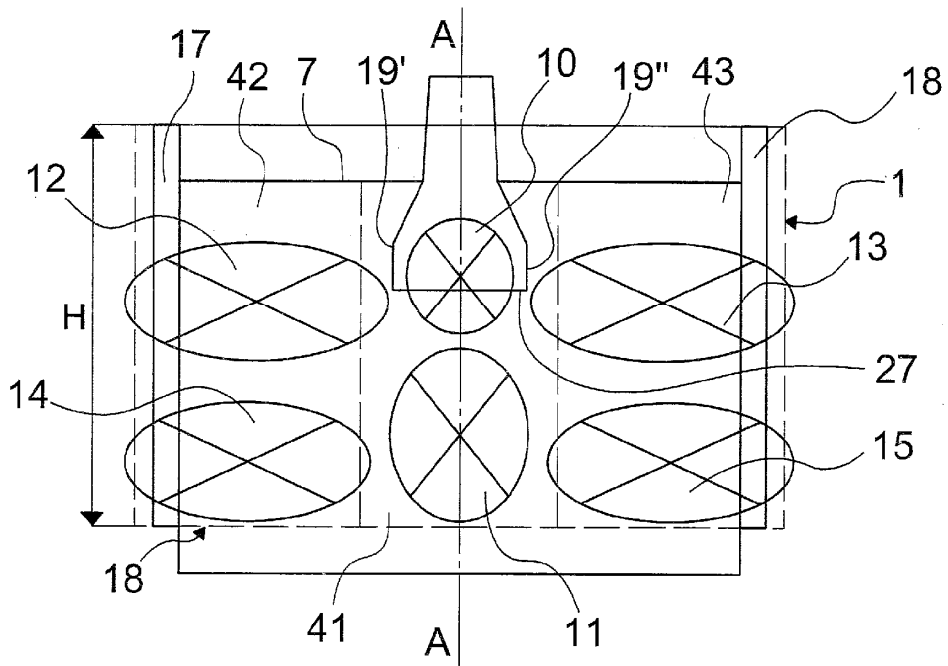


Fig. 5

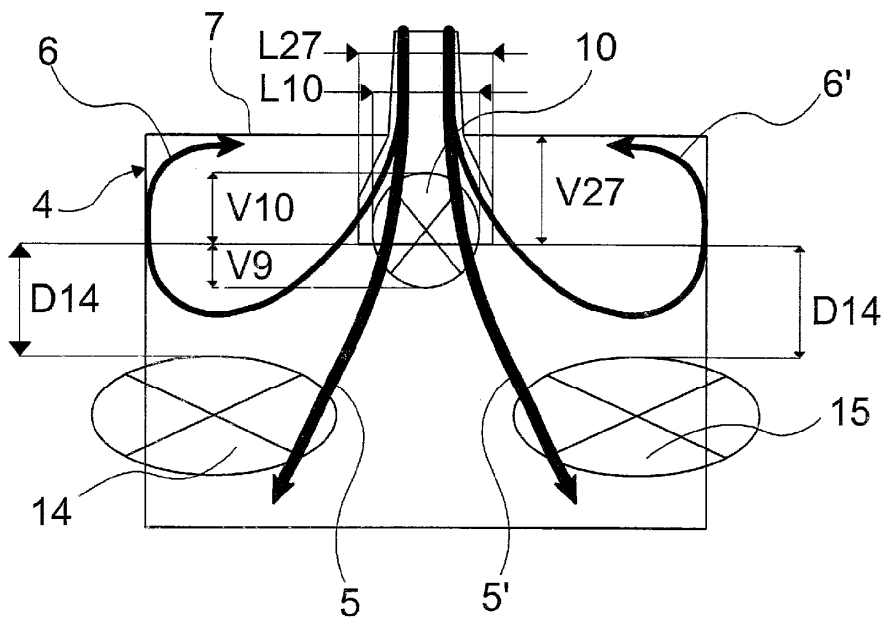


Fig. 6

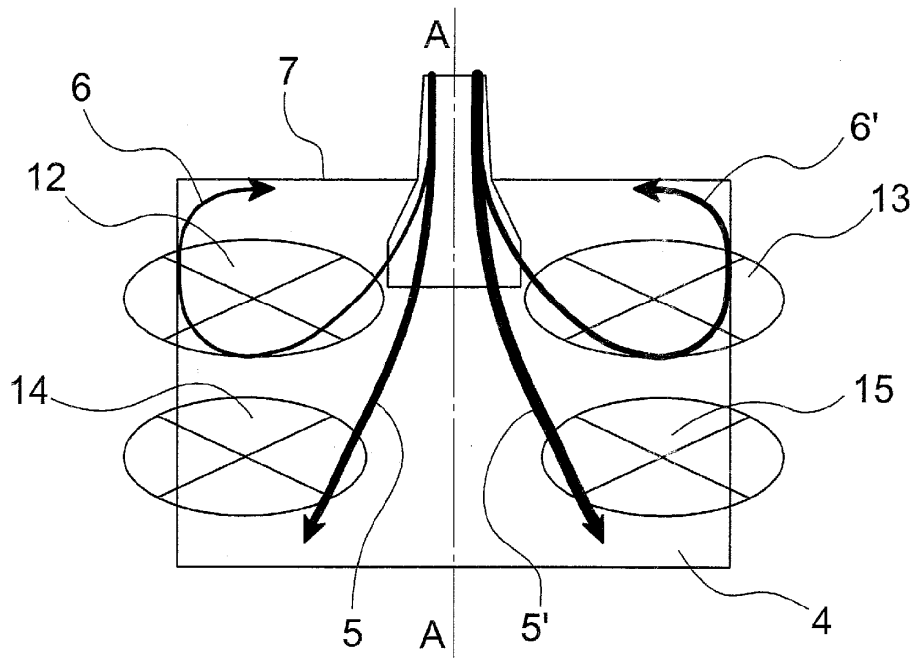


Fig. 7

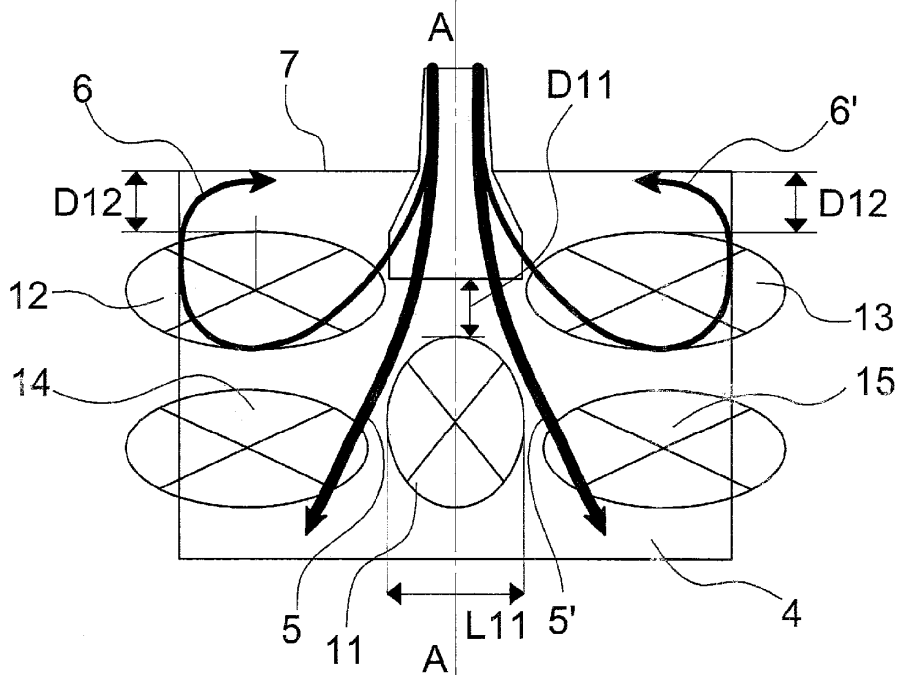


Fig. 8

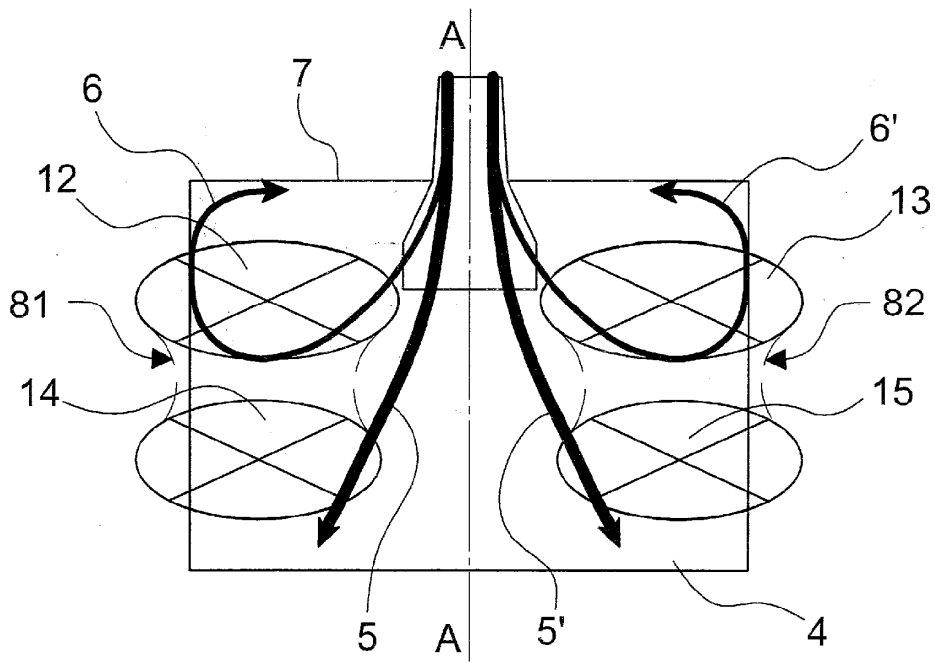


Fig. 8A

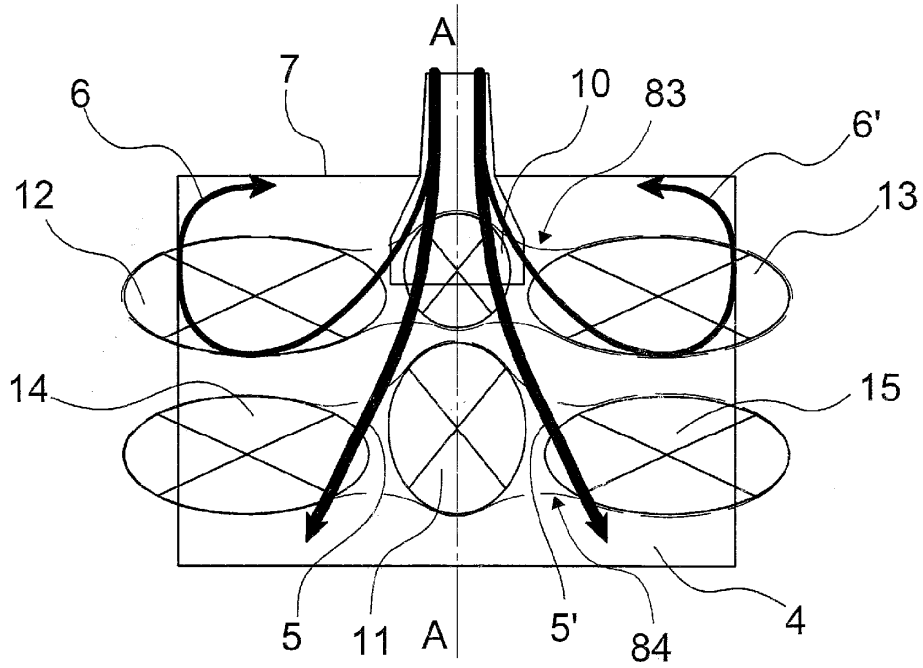


Fig. 8B

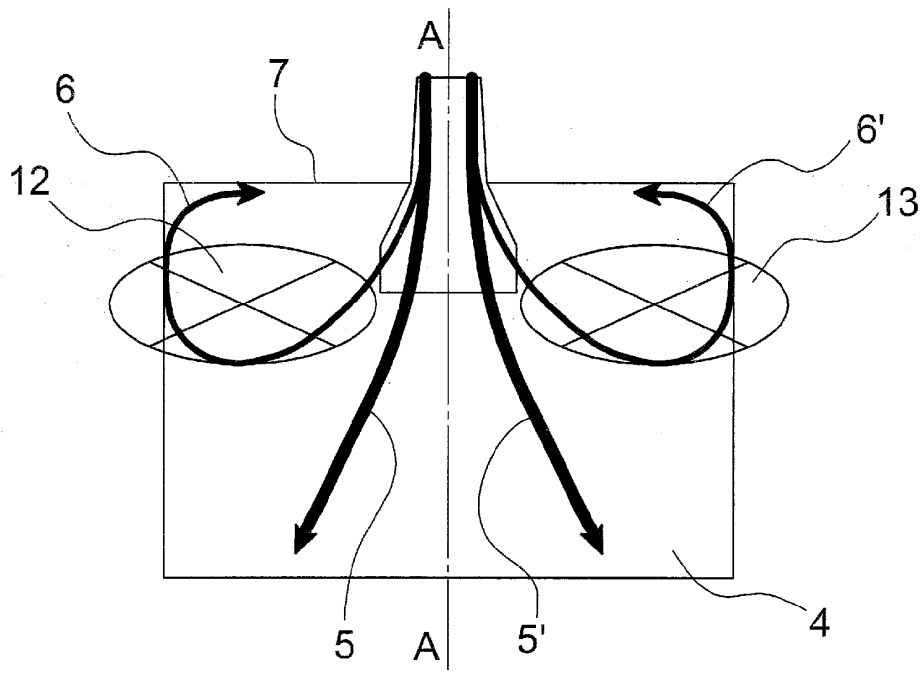


Fig. 9

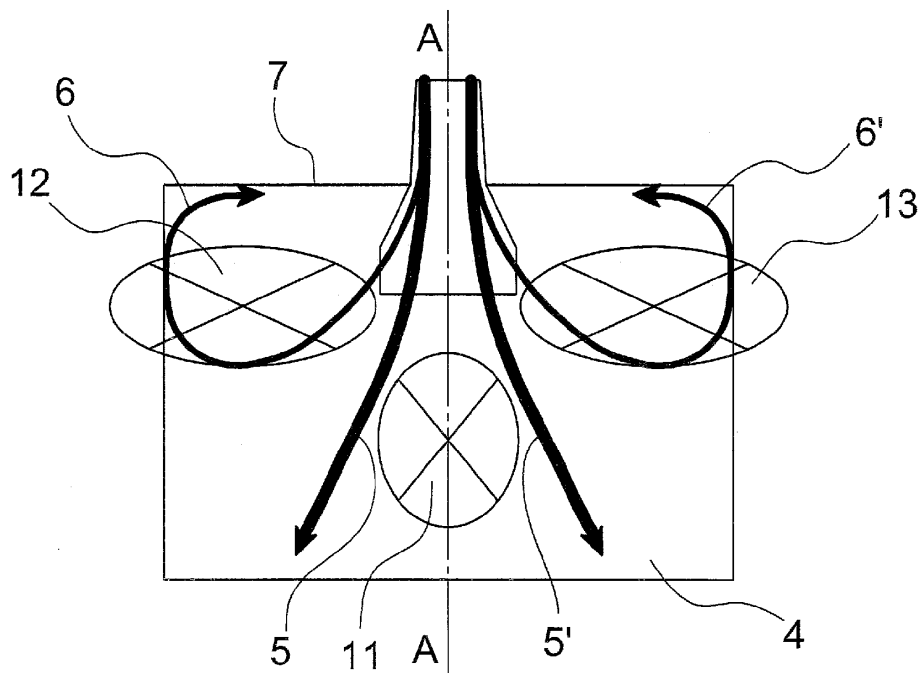


Fig. 10

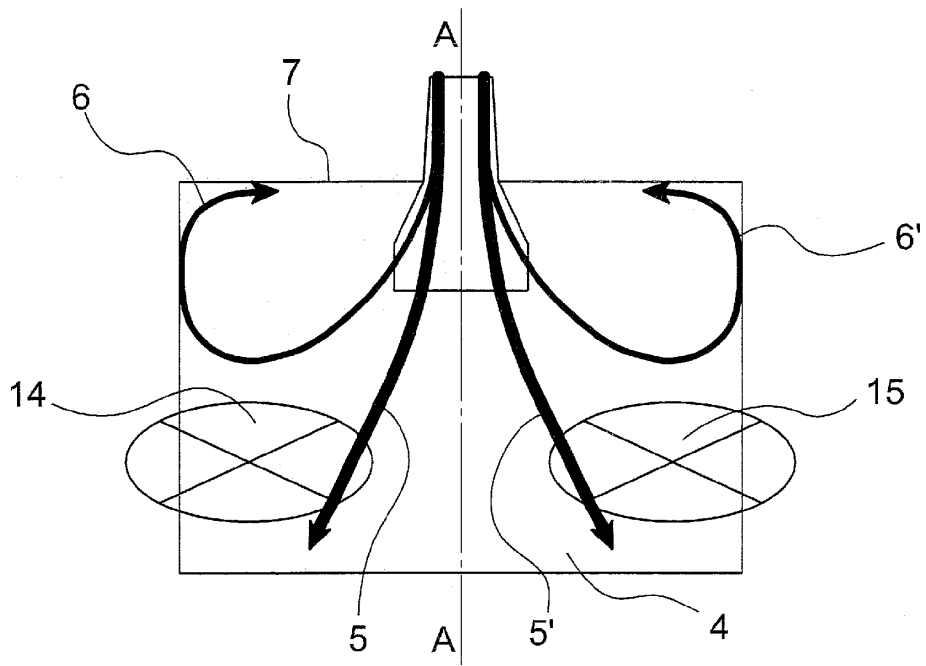


Fig. 11

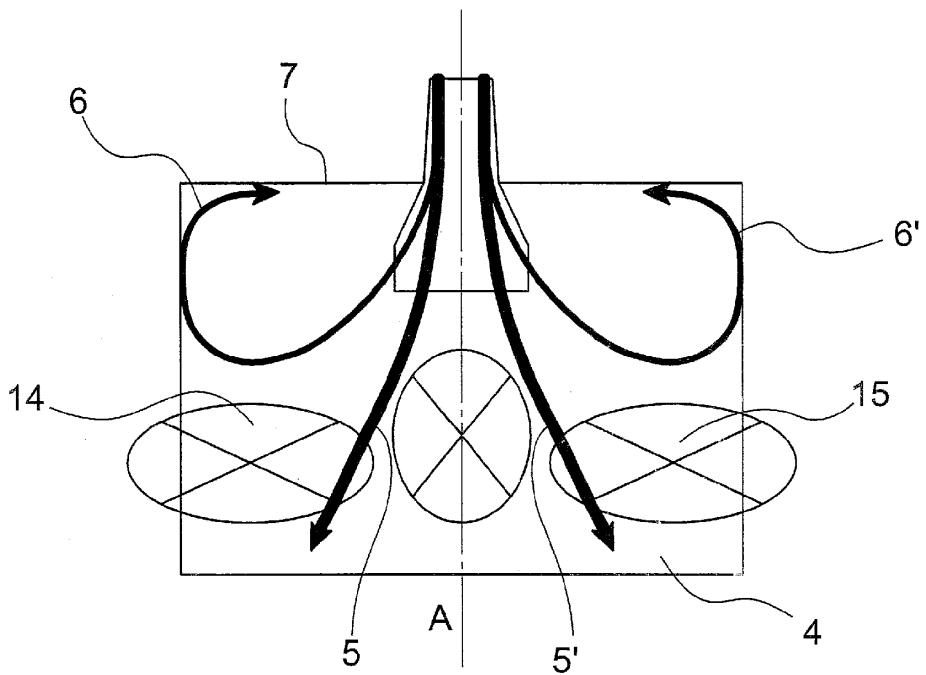


Fig. 12

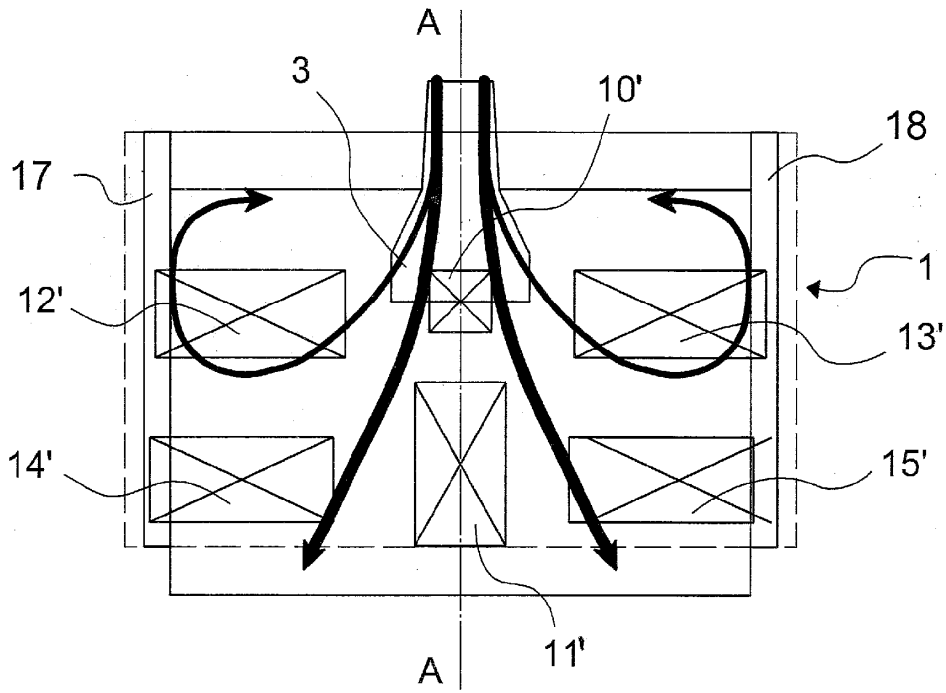


Fig. 13

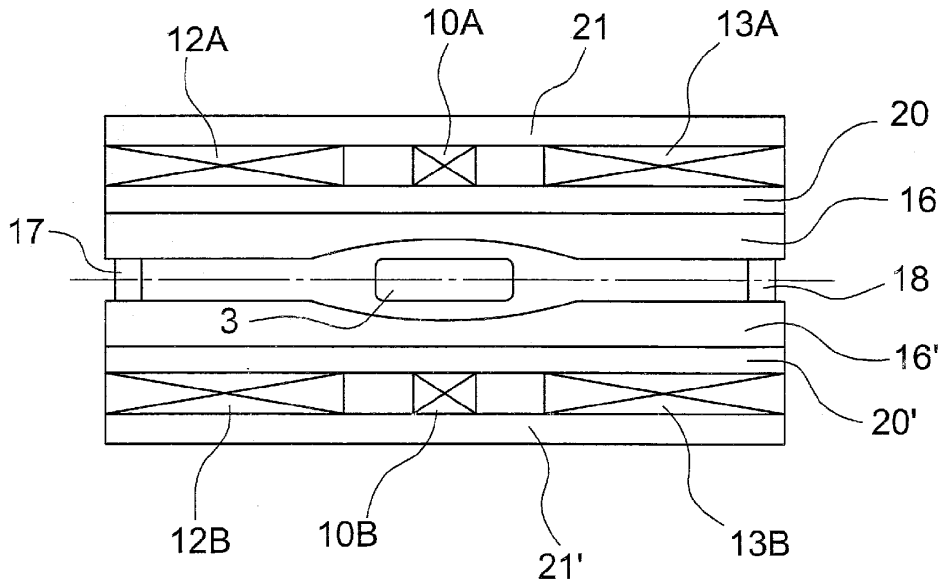


Fig. 14

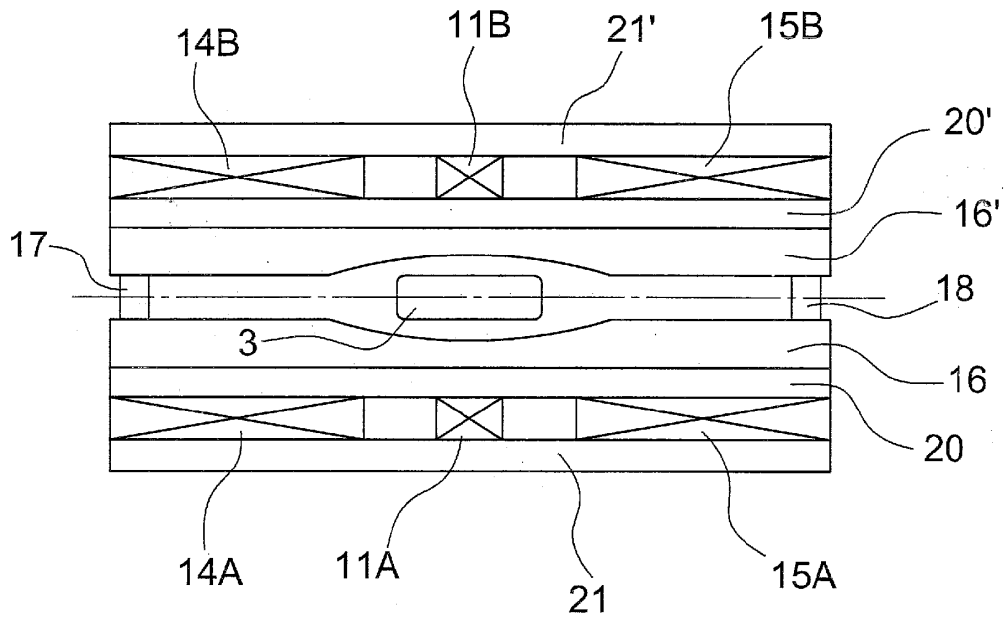


Fig. 15

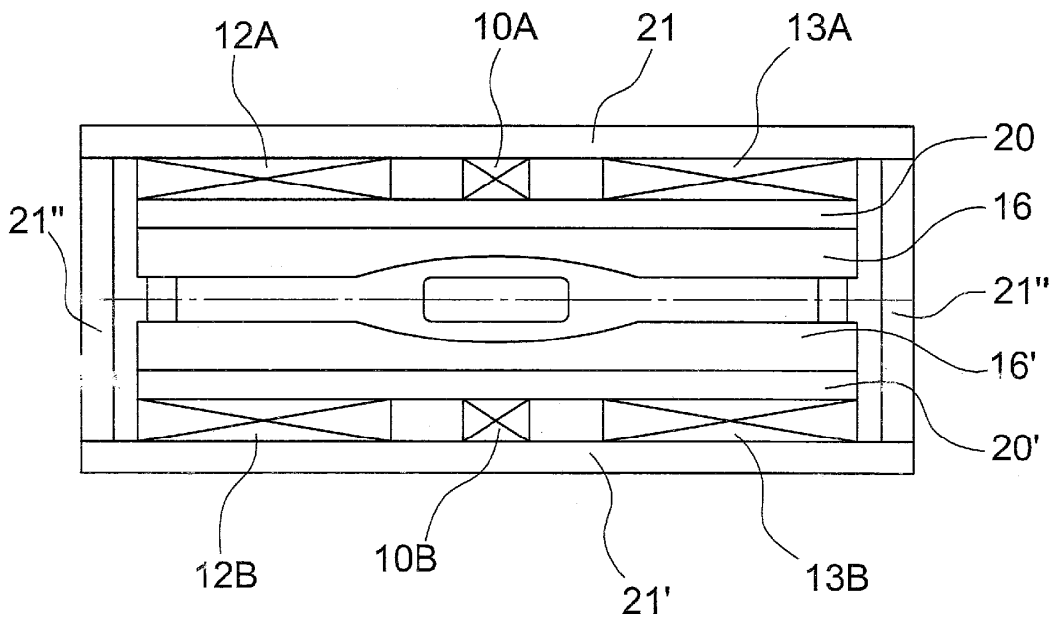


Fig. 16

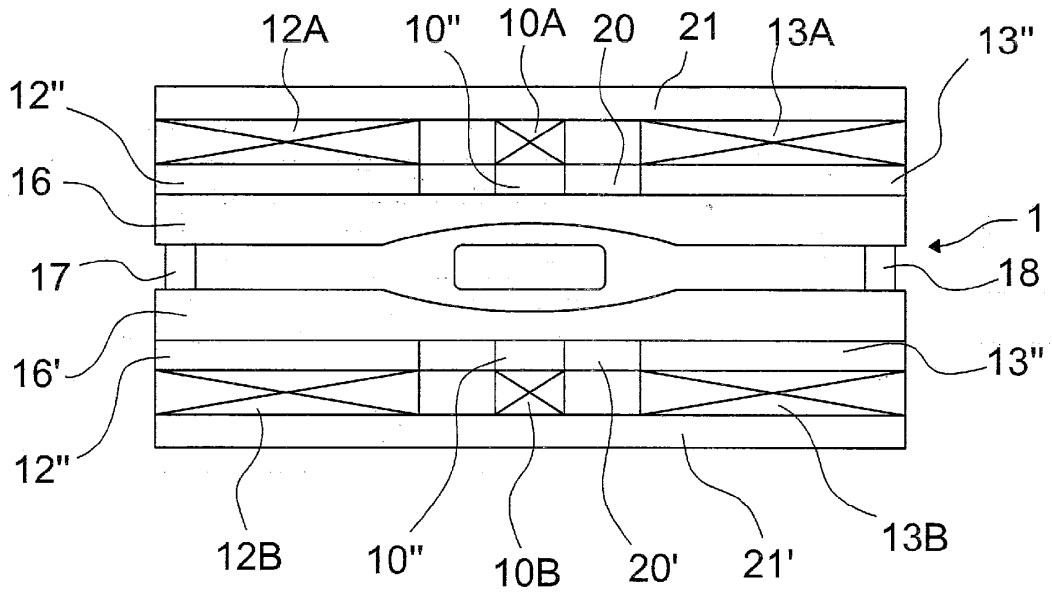


Fig. 17

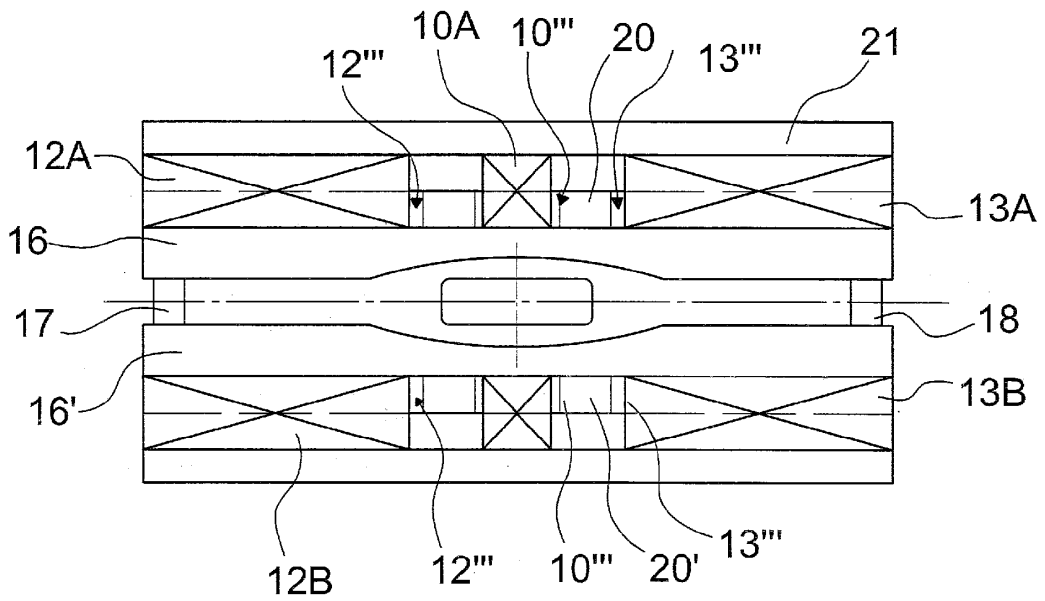


Fig. 18

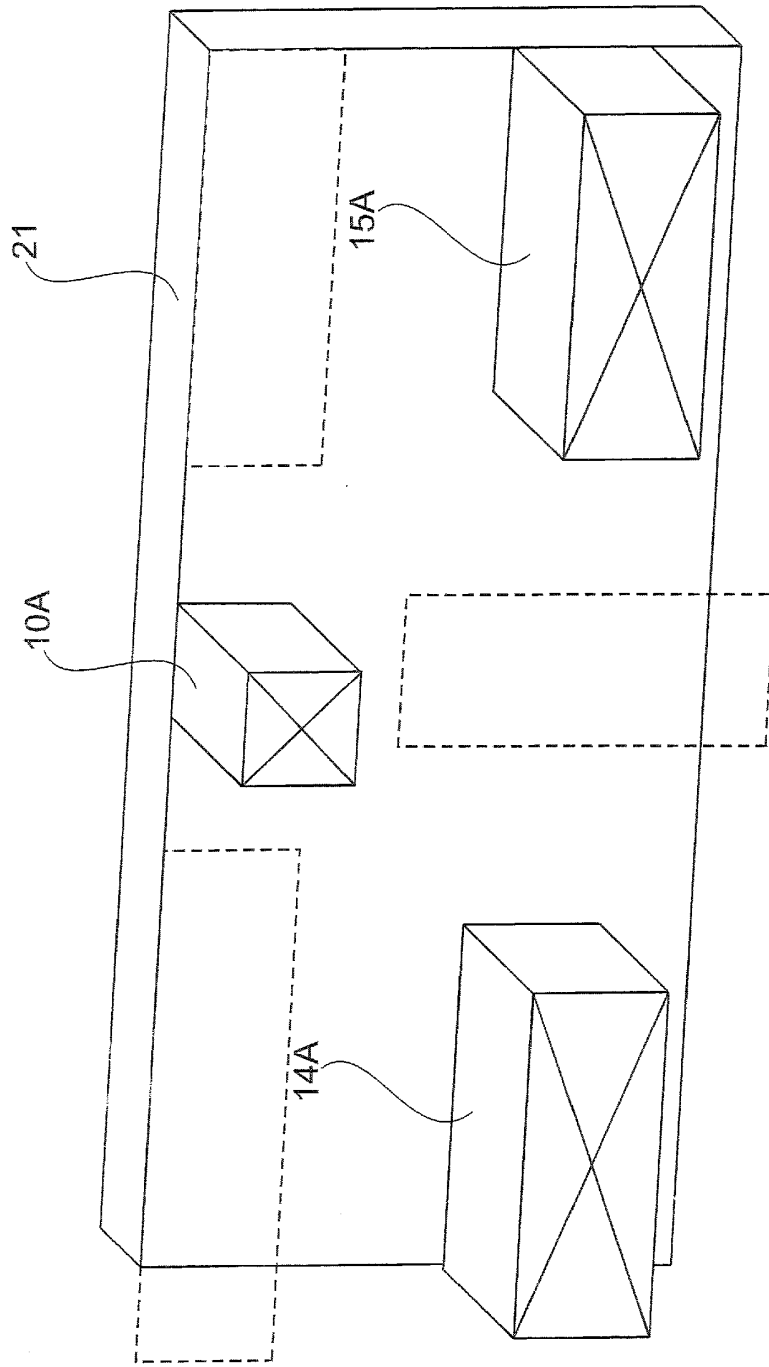


Fig. 19

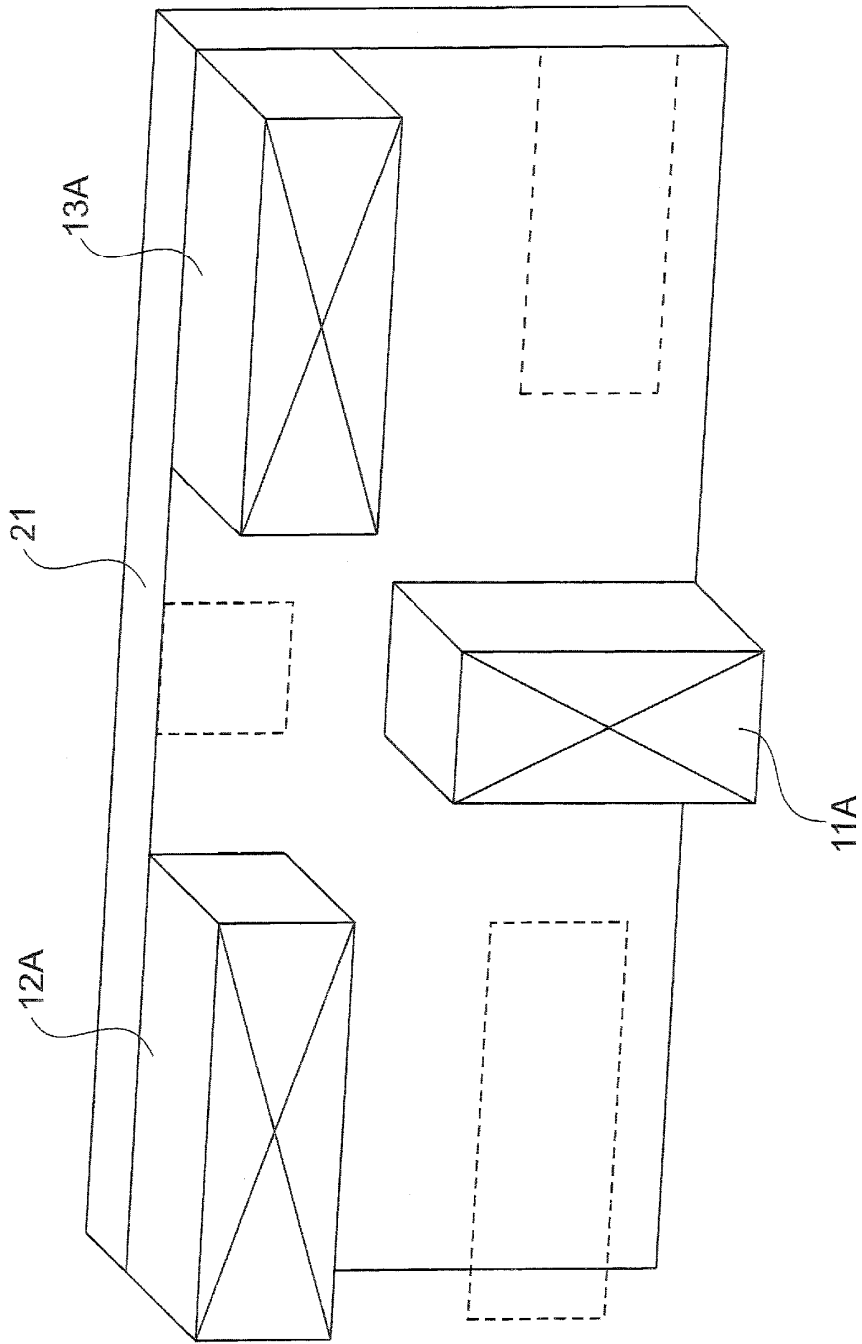


Fig. 20

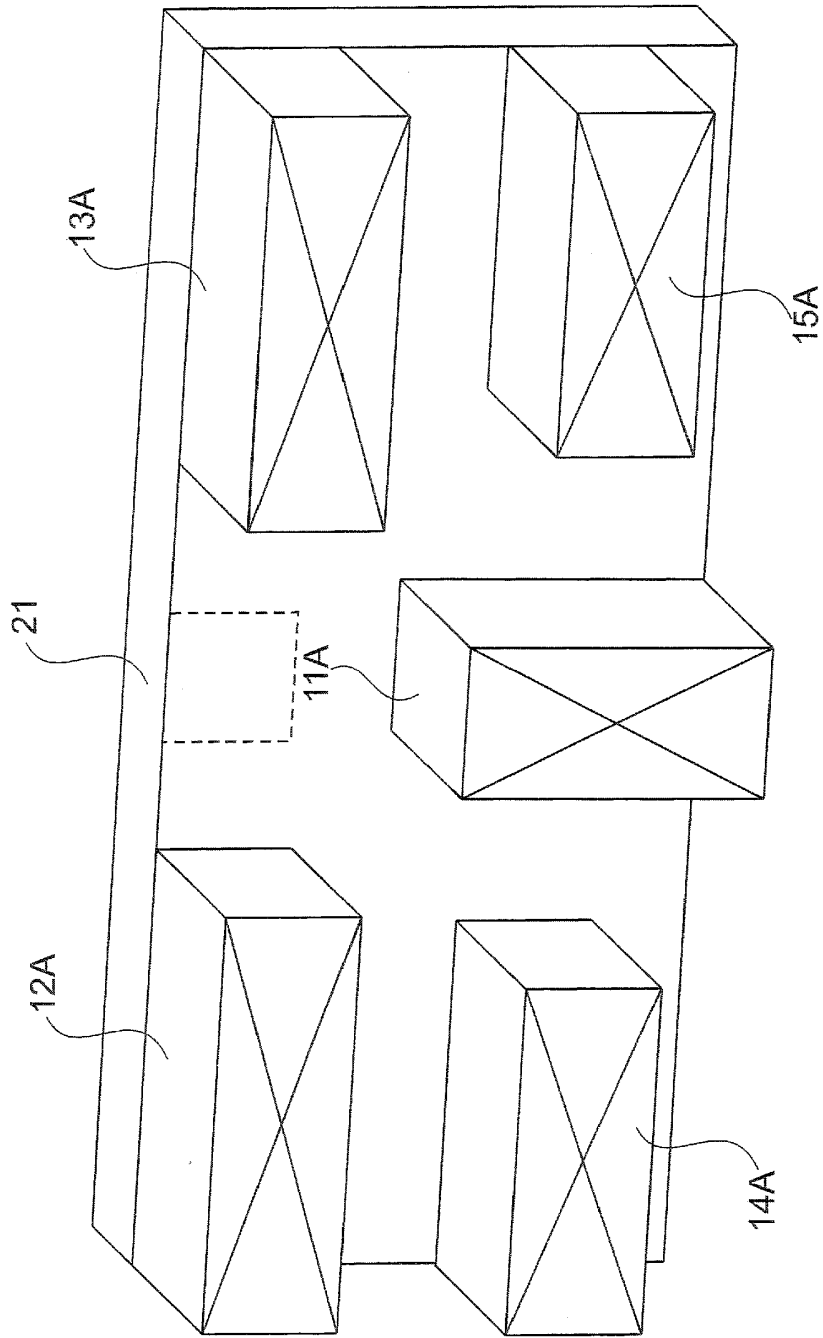


Fig. 21