

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 202**

51 Int. Cl.:

**B22D 11/115** (2006.01)

**B22D 11/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2011 E 13161846 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2633928**

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:

**22.03.2019**

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 2 705 202 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 invención**

[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

65

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. Otro ejemplo de un aparato para la colada continua de metales se describe en el documento WO 03/041893.

**[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

**[0015]** El objetivo principal de la presente invención es proporcionar un aparato para la colada continua para planchones finos que permita superar los inconvenientes mencionados anteriormente. Dentro del alcance de esta

5 tarea, un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato que sea operativamente flexible, es decir, que permita controlar los flujos de metal líquido en las diversas condiciones de dinámica de fluidos que pueden desarrollarse durante el proceso de fundición, especialmente cuando el proceso de fundición se acompaña de altas velocidades de flujo y alta ondulación del menisco. Otro objetivo es proporcionar un aparato que sea fiable y fácil de implementar a costes competitivos.

10 [0016] La presente invención se refiere, por lo tanto, a un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 y a un proceso para controlar los flujos de metal líquido en un cristalizador para colada continua de planchones finos, como se describe en la reivindicación 15. En particular, el proceso se aplica a un cristalizador que comprende paredes perimetrales que definen un volumen de contención para un baño de metal líquido insertable a través de un descargador dispuesto centralmente en dicho baño. El proceso incluye generar una pluralidad de zonas de frenado de los flujos de dicho metal líquido dentro de dicho baño, cada uno a través de un freno electromagnético. En particular, se incluyen los siguientes:

- 15 – un primer freno electromagnético para generar una primera zona de frenado en una porción central del baño en una posición principalmente debajo de la primera zona de frenado;
- un segundo freno electromagnético para generar una segunda 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;
- 20 – un tercer freno electromagnético para generar una tercera zona de frenado dentro de una segunda porción lateral del baño de metal líquido, que es simétrica a la primera porción lateral con respecto a un plano de simetría sustancialmente ortogonal a las paredes perimetrales frontales del cristalizador;
- un cuarto freno electromagnético para generar una cuarta zona de frenado en la primera porción lateral del baño en una posición principalmente debajo de dicha tercera zona de frenado;
- 25 – un quinto freno electromagnético para generar una quinta zona de frenado en dicha segunda porción lateral de dicho baño en una posición principalmente debajo de dicha cuarta zona de frenado.

[0017] 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.

30 **Breve descripción de las figuras**

[0018] 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:

- 40 - 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 de un baño de metal líquido en un cristalizador de un aparato según la presente invención en el que están indicadas zonas de frenado del metal líquido, activadas en presencia de una primera condición de fluido dinámico;
- 45 - la figura 6 es una vista de un baño de metal líquido en el cristalizador en la figura 5 en el que se indican las zonas de frenado del metal líquido activado en presencia de una segunda condición de fluido dinámico;
- la figura 7 es una vista de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en el que se muestran los grupos de zonas de frenado;
- las figuras 8 y 9 son vistas de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en el que están indicadas las zonas de frenado del metal líquido, activadas en presencia de una tercera condición de fluido dinámico;
- 50 - las figuras 10 y 11 son vistas de un baño de metal líquido en el cristalizador de la figura 5 en el que están indicadas las zonas de frenado del metal líquido, activadas en presencia de una condición dinámica de fluido adicional;
- la figura 12 es una vista de una primera realización del aparato de acuerdo con la invención;
- 55 - la figura 13 muestra un posible modo de instalación de un aparato de acuerdo con la presente invención;
- la figura 14 es una vista esquemática del aparato mostrado en la figura 5.

[0019] Los mismos números de referencia y letras de las figuras se refieren a los mismos elementos o componentes.

60 **Descripción detallada de la invención**

[0020] 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'.

**[0021]** 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.

**[0022]** 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.

**[0023]** 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.

**[0024]** El proceso de acuerdo con la presente invención incluye generar una pluralidad de zonas de frenado 11, 12, 13, 14, 15 dentro del baño de metal líquido 4, cada una a través de un freno electromagnético 11', 12', 13', 14', 15'. El proceso incluye además la activación de estas zonas de frenado 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.

**[0025]** Cada zona de frenado 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 11', 12', 13', 14', 15' situado fuera del cristalizador 1, como se muestra en la figura 12. Más específicamente, los frenos electromagnéticos 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 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 11', 12', 13', 14', 15'. Sin embargo, estos frenos electromagnéticos 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. 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 11, 12, 13, 14, 15 se pueden activar en combinación con otras zonas de frenado 11, 12, 13, 14, 15, o una de cada vez, es decir, incluyendo una "desactivación" simultánea de las otras zonas de frenado 11, 12, 13, 14, 15.

**[0026]** 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 11, 12, 13, 14, 15 que puede activarse de acuerdo con las

condiciones fluidodinámicas dentro del baño 4.

**[0027]** De acuerdo con la invención, se configura un primer freno electromagnético 11' para generar una primera zona de frenado 11 la cual 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 primera 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 5). La primera zona de frenado 11 puede extenderse verticalmente desde el fondo del cristalizador 1 hasta la sección de salida 27 del descargador 3, preferiblemente desde 1/6 de la altura del cristalizador 1 a una distancia D11 desde la sección de salida 27 del descargador 3 correspondiente a aproximadamente 1/4 de la anchura de la misma sección de salida 27.

**[0028]** Un segundo freno electromagnético 12' está dispuesto para generar una segunda 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 segunda zona de frenado 12 se extiende preferiblemente lateralmente entre la superficie interior de la primera pared lateral 17 y un primer borde lateral del descargador 3 orientado hacia la misma primera pared lateral 17. La segunda zona de frenado 12 puede desarrollarse verticalmente desde 1/3 de la altura del cristalizador 1 al menisco 7 del baño 4, preferiblemente desde la mitad de la altura H del cristalizador 1 a una distancia D12 desde la superficie 7 del baño 4 igual a 1/6 del tamaño lateral del descargador 3.

**[0029]** Un tercer freno electromagnético 13' está dispuesto para generar una tercera zona de frenado 13 que refleja sustancialmente la segunda zona de frenado 12 con respecto al eje de simetría transversal A-A. Más precisamente, dicha tercera 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 segunda zona de frenado 12, la tercera zona de frenado 13 también puede desarrollarse verticalmente desde 1/3 de la altura del cristalizador 1 al menisco 7 del baño 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 del descargador 3.

**[0030]** Un cuarto freno electromagnético 14' se dispone para generar una cuarta 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 cuarta 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 cuarta zona de frenado 14 puede extenderse verticalmente entre el borde inferior del cristalizador 1 y la sección de salida 27 del descargador 3, preferiblemente desde una altura de aproximadamente 1/7 de la altura del cristalizador 1 hasta una distancia desde la sección de salida 27 del descargador 3 igual a aproximadamente 1/3 de la anchura del propio descargador.

**[0031]** Un quinto freno electromagnético 15' está dispuesto para generar una quinta zona de frenado 15 que refleja sustancialmente la cuarta zona de frenado 14 con respecto al eje de simetría transversal A-A. Por lo tanto, la quinta 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 tercera zona de frenado 13. La quinta 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 cuarta zona de frenado 14, la quinta zona de frenado 15 también puede extenderse verticalmente entre el borde inferior del cristalizador 1 y la sección inferior 27 del descargador 3, preferiblemente desde una altura igual a aproximadamente 1/7 de la altura del cristalizador 1 hasta una distancia desde la sección de salida 27 igual a aproximadamente 1/3 de la anchura del propio descargador.

**[0032]** Como se ve, la disposición de cinco zonas de frenado 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. La activación de la segunda zona de frenado 12 y de la tercera 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 cuarta zona de frenado 14 y de la quinta 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 11, 12, 13, 14, 15 puede aislarse ventajosamente con respecto a las zonas de frenado 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 11, 12, 13, 14, 15.

**[0033]** La figura 6 se refiere a una 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 6, 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 tercera zona de frenado 13 y la quinta 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.

**[0034]** De nuevo con referencia a la figura 6, 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 6, por ejemplo, la intensidad de frenado en la segunda zona de frenado 12 y en la cuarta zona de frenado 14 se establece como menor que en la tercera zona de frenado 13 y en la quinta zona de frenado 15 en la que actúan los flujos más intensos 5', 6'.

**[0035]** La figura 5 se refiere a otra 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 (segunda zona de frenado 12, tercera zona de frenado 13, cuarta zona de frenado 14 y quinta 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 (segunda zona de frenado 12 y tercera zona de frenado 13) desarrollan una acción de frenado más intensa en comparación con la desarrollada por las zonas de frenado laterales inferiores (cuarta zona de frenado 14 y quinta 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 primera zona de frenado 11) también se activa preferiblemente para ralentizar los flujos en el centro.

**[0036]** Bajo una condición fluidodinámica adicional (figuras 8 y 9), 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 (segunda zona de frenado 12 y tercera zona de frenado 13). Una posible activación de la primera 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 primera zona de frenado 11, los flujos metálicos podrían verse afectados por la activación previa de la segunda zona de frenado 12 y de la tercera zona de frenado 13.

**[0037]** La figura 10 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 (cuarta zona de frenado 14 y quinta zona de frenado 15) pueden activarse ventajosamente. Con el fin de optimizar la distribución, la primera zona de frenado lateral 11 dentro de la misma porción central 41 del baño 4, tal como se muestra en la figura 11, puede activarse posiblemente.

**[0038]** Como se ha indicado anteriormente, las zonas de frenado 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 7, 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 7). En este caso ilustrado en la figura 7, la segunda zona de frenado 12 y la cuarta zona de frenado 14 se activan juntas para generar una primera zona de frenado lateral 81, mientras que la tercera zona de frenado 13 y la quinta zona de frenado 15 se activan conjuntamente para generar una segunda zona de frenado lateral 82 que refleja la primera zona de frenado lateral 81 con respecto al plano de simetría transversal A-A.

**[0039]** 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 11', 12', 13', 14', 15', cada uno de los cuales genera, tras su activación, una zona de frenado 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 11', 12', 13', 14', 15' pueden activarse y desactivarse independientemente entre sí o alternativamente en grupos. De acuerdo con la presente invención, hay cinco frenos electromagnéticos para generar cada uno, si se activan, una zona de frenado como se ha descrito anteriormente.

**[0040]** Preferentemente, los frenos electromagnéticos 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,
- 5 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.
- 10 **[0041]** 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.
- 15 **[0042]** En una posible realización, por ejemplo, los polos magnéticos del mismo freno electromagnético 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.
- 20 **[0043]** 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 segundo freno electromagnético 12' y el polo magnético del tercer freno 13' situado en el mismo lado con respecto al baño 4 pueden configurarse para actuar como polo positivo y el otro como polo negativo, para generar un campo magnético cuyas líneas cruzan el baño 4.
- 25 **[0044]** En todos los casos, el uso de los frenos electromagnéticos 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 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 11, 12, 13, 14, 15 puede presentar ventajosamente una conformación geométrica diferente de otras. En esencia, contrariamente a la
- 30 solución descrita en el documento FR 2772294, los frenos electromagnéticos 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.
- 35 **[0045]** La figura 12 es una vista adicional de un aparato de acuerdo con la presente invención, la cual permite ver el cristalizador 1 fuera de la posición simétrica, tomado por los polos magnéticos de cada freno con respecto al plano longitudinal B-B. En la figura 12 sólo se muestran, por simplicidad, los polos magnéticos 11A, 11B, 14A, 14B, 15A, 15B relacionados con el primer freno electromagnético 11', el cuarto freno electromagnético 14' y el quinto freno electromagnético 15'.
- 40 **[0046]** Considerando, por ejemplo, el primer freno electromagnético 11, cabe destacar que un primer polo magnético 11A y un segundo polo magnético 11B 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 14A, 14B y 15A, 15B, relacionados con el cuarto 14' y el quinto 15' frenos, respectivamente, se disponen simétricamente con respecto al plano B-B, pero a diferentes alturas y en otras posiciones longitudinales de las
- 45 previstas para 11A, 11B del primer freno electromagnético 11'.
- [0047]** 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 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.
- 50 **[0048]** 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 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 12, por ejemplo, cabe destacar que los polos magnéticos 11A, 14A, 15A están entre la placa ferromagnética 21 y la pared de refuerzo 20 adyacente a la primera pared frontal 16, mientras que los polos 11B, 14B, 15B 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
- 60 electricidad consumida para activar los polos, considerando la intensidad del flujo magnético como una constante.
- [0049]** En este caso mostrado en la figura 8, 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 9, las placas
- 65

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 5, 7, 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 7, 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.

**[0050]** 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 9 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'.

**[0051]** 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. Además, en todos los casos considerados, la intensidad del campo magnético puede establecerse independientemente para cada zona de frenado 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.

**[0052]** Con referencia a las figuras 13 y 14, 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 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.

**[0053]** 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 8 Y 9, 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 13.

**[0054]** Las figuras 13, 14 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 11A, 12A, 13A, 14A, 15A de cada electroimán 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 cinco electroimanes.

**[0055]** 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.

**[0056]** 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 aparato de colada continua para planchones finos que comprende:

5 - un cristalizador (1);  
 - un descargador (3), que tiene una sección de salida (27), 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 (11', 12', 13', 14', 15'), cada uno de los cuales es activable para generar un zona de frenado (11, 12, 13, 14, 15) correspondiente en un baño de metal líquido delimitado por dos paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador (1) que son opuestas entre sí, y por dos paredes laterales (17, 18) de dicho cristalizador (1), que son opuestas entre sí y ortogonales a dichas paredes frontales (16,16'), comprendiendo dichos frenos electromagnéticos (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 alimentada por corriente continua, estando configurados dichos polos magnéticos para generar un campo magnético que cruza dicho baño (4) de acuerdo con direcciones sustancialmente ortogonales a dichas paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador (1),

20 en el que dicho aparato comprende un par de paredes de refuerzo (20, 20'), cada una externamente adyacente a una de dichas paredes frontales (16, 16') de dicho cristalizador, comprendiendo cada aparato un par de placas ferromagnéticas (21, 21'), cada una dispuesta paralela a una de dichas paredes de refuerzo (20, 20'), de modo 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 en dichas placas ferromagnéticas (21, 21') y en el que:

- un primer freno electromagnético (11') configurado para generar, si está activado, una primera zona de frenado (11) en dicha porción central (41) de dicho baño (4) en una posición debajo de dicha sección de salida (27) de dicho descargador (3)

30 - un segundo freno electromagnético (12'), configurado para generar, si está activado, una segunda 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 comprendida entre dichas paredes frontales (16, 16');

35 - un tercer freno electromagnético (13'), configurado para generar, si está activado, una tercera 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');

40 - un cuarto freno electromagnético (14'), configurado para generar, si está activado, una cuarta zona de frenado (14) en dicha primera porción lateral (42) de dicho baño (4) en una posición principalmente debajo de dicha segunda zona de frenado (12);

- un quinto freno electromagnético (15'), configurado para generar, si se activa, una quinta zona de frenado (15) en dicha segunda porción lateral (43) de dicho baño (4) en una posición principalmente debajo de dicha tercera zona de frenado (13)

45 y en el que dichos frenos electromagnéticos (11', 12', 13', 14', 15') se pueden activar y desactivar independientemente entre sí o en grupos de acuerdo con los parámetros característicos de las condiciones de fluidos dinámicos de dicho metal líquido en dicho baño (4).

50 2. Un aparato según la reivindicación 1, en el que dichos segundos frenos electromagnéticos (12', 14', 13', 15') que generan zonas de frenado (12, 13, 14, 15) situadas en una de las primeras porciones laterales (43, 42) de dicho baño están configurados para activarse cuando el caudal de metal líquido dirigido hacia dichas primeras porciones laterales (43, 42) es mayor que el caudal dirigido hacia una segunda de las porciones laterales (42, 43).

55 3. Un aparato según la reivindicación 2, en el que dichos frenos electromagnéticos (13', 15') que generan dichas zonas de frenado (13, 15) relacionadas con la porción lateral (43) con el mayor caudal de metal líquido están configurados para activarse para desarrollar una acción de frenado superior con respecto a las zonas de frenado (12, 14) relacionadas con la otra porción lateral (42) con el caudal más bajo.

60 4. Un aparato según la reivindicación 1, en el que dichos frenos electromagnéticos (12', 14', 13', 15') generan zonas de frenado (12, 14, 13, 15) relacionadas 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) excede un valor de referencia predeterminado, estando configurados dicho segundo freno electromagnético (12') y dicho tercer freno electromagnético (13') para desarrollar una acción de frenado superior con respecto a dicho cuarto freno electromagnético (14) y dicho quinto freno electromagnético (15).

65 5. Un aparato según la reivindicación 4, en el que el primer freno electromagnético (11') también está configurado

para activarse cuando la velocidad y la ondulación de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) excede dicho valor de referencia predeterminado.

5 **6.** Un aparato según la reivindicación 1, en el que dichos frenos electromagnéticos (12', 14', 13', 15') que generan zonas de frenado (12, 14, 13, 15) relacionadas con las porciones laterales (43, 42) de dicho baño (4) están configurados para activarse cuando la velocidad de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) excede un valor de referencia predeterminado.

10 **7.** Un aparato según la reivindicación 6, en el que el primer freno electromagnético (11') también está configurado para activarse cuando la velocidad de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) excede un valor de referencia predeterminado.

15 **8.** Un aparato según la reivindicación 1, en el que dicho segundo freno electromagnético (12') y dicho tercer freno electromagnético (13'), que generan respectivamente dicha segunda zona de frenado (12) y dicha tercera zona de frenado (13), están configurados para activarse cuando las velocidades (V) en el menisco son más altas que un valor predeterminado.

20 **9.** Un aparato según la reivindicación 8, en el que también el primer freno electromagnético (11') que genera dicha primera zona de frenado (11) está configurado para activarse cuando las velocidades (V) en el menisco son más altas que un valor predeterminado.

25 **10.** Un aparato según la reivindicación 1, en el que los frenos electromagnéticos (12', 14') que generan zonas de frenado (12, 14) en dicha primera porción lateral (42) de dicho baño son activables en grupo y/o en el que los frenos electromagnéticos (13', 15') que generan zonas de frenado (13, 15) en dicha segunda porción lateral (43) de dicho baño (4) son activables en grupo.

30 **11.** Un aparato según la reivindicación 1, en el que dicho cuarto freno electromagnético (14') y dicho quinto freno electromagnético (15') están configurados para activarse cuando el caudal de metal líquido en la porción central (41) de dicho baño (4) supera un valor predeterminado.

**12.** Un aparato según la reivindicación 1, en el que también dicho primer freno electromagnético (11') está configurado para activarse cuando el caudal de metal líquido en la porción central (41) de dicho baño (4) excede un valor predeterminado.

35 **13.** Un proceso para controlar los flujos de metal líquido en una colada continua de planchones finos, en el que se proporciona:

- 40 - un cristalizador (1) que comprende paredes perimetrales (16, 16', 17, 18), que definen un volumen de contención para un baño de metal líquido (4);
- un descargador (3), que tiene una sección de salida (27), dispuesto centralmente en dicho baño (4) para descargar dicho metal líquido;
- 45 - un primer freno electromagnético (11') para generar una primera zona de frenado (11) en dicha porción central (41) de dicho baño (4) en una posición debajo de dicha sección de salida (27) de dicho descargador (3);
- un segundo freno electromagnético (12') para generar una segunda 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');
- 50 - un tercer freno electromagnético (13') para generar una tercera 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 (16, 16');
- un cuarto freno electromagnético (14') para generar una zona de frenado (14) en dicha primera porción lateral (42) de dicho baño (4) en una posición principalmente debajo de dicha segunda zona de frenado (12);
- un quinto freno electromagnético (15') para generar una quinta zona de frenado (15) en dicha segunda porción lateral (43) de dicho baño (4) en una posición principalmente debajo de dicha tercera zona de frenado (13);

55 en el que dicho proceso incluye la activación de dichas zonas de frenado (10, 11, 12, 13, 14, 15) independientemente o en grupos de acuerdo con los parámetros característicos de las condiciones de dinámica de fluidos de dicho metal líquido en dicho baño (4).

60 **14.** Un proceso según la reivindicación 13, en el que la activación de las zonas de frenado (12, 14, 13, 15) ubicadas en una primera de las porciones laterales (43, 42) de dicho baño (4) se proporciona si el caudal del metal líquido dirigido hacia la primera de las porciones laterales (43, 42) es más alto que el caudal dirigido hacia una segunda de las porciones laterales (42, 43).

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

- 5 **16.** Un proceso según la reivindicación 13, 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 la ondulación de dicho metal líquido en la proximidad de una superficie (7) de dicho baño (4) excede un valor de referencia predeterminado, activándose dicha segunda zona de frenado (12) y dicha tercera zona de frenado (13) para desarrollar una acción de frenado más alta con respecto a dicha cuarta zona de frenado (14) y dicha quinta zona de frenado (15).
- 10 **17.** Un proceso según la reivindicación 16, en el que se proporciona la activación de dicha primera zona de frenado (11).
- 15 **18.** Un proceso según la reivindicación 13, en el que la segunda zona de frenado (12) y la tercera zona de frenado (13) se activan cuando las velocidades (V) en el menisco son más altas que un valor predeterminado.
- 20 **19.** Un proceso según la reivindicación 18, en el que se proporciona la activación de dicha primera zona de frenado (11).
- 25 **20.** Un proceso según la reivindicación 13, en el que dicha cuarta zona de frenado (14) y dicha quinta zona de frenado (15) se activan cuando el caudal de metal líquido en la porción central (41) de dicho baño (4) excede un valor predeterminado.
- 21.** Un proceso según la reivindicación 21, en el que también se activa la primera zona de frenado (11).
- 22.** Un proceso según la reivindicación 13, en el que se proporciona la activación:
- de un grupo de zonas de frenado (12, 14) que pueden activarse en dicha primera porción lateral (42) de dicho baño (4); y/o
  - de un grupo de zonas de frenado (13, 15) activable en dicha segunda porción lateral (43) de dicho baño (4).

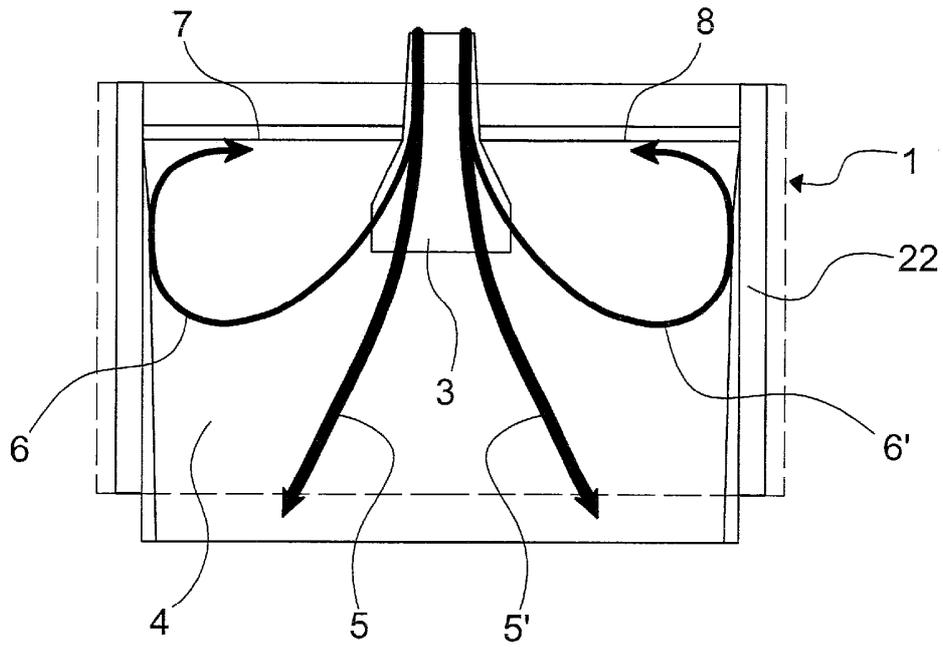


Fig. 1

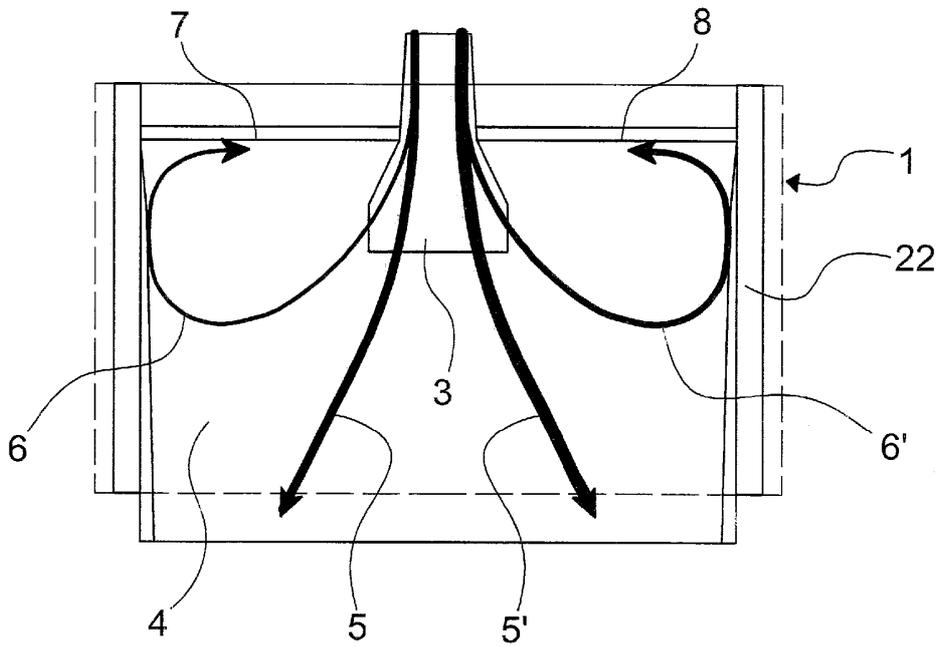


Fig. 2

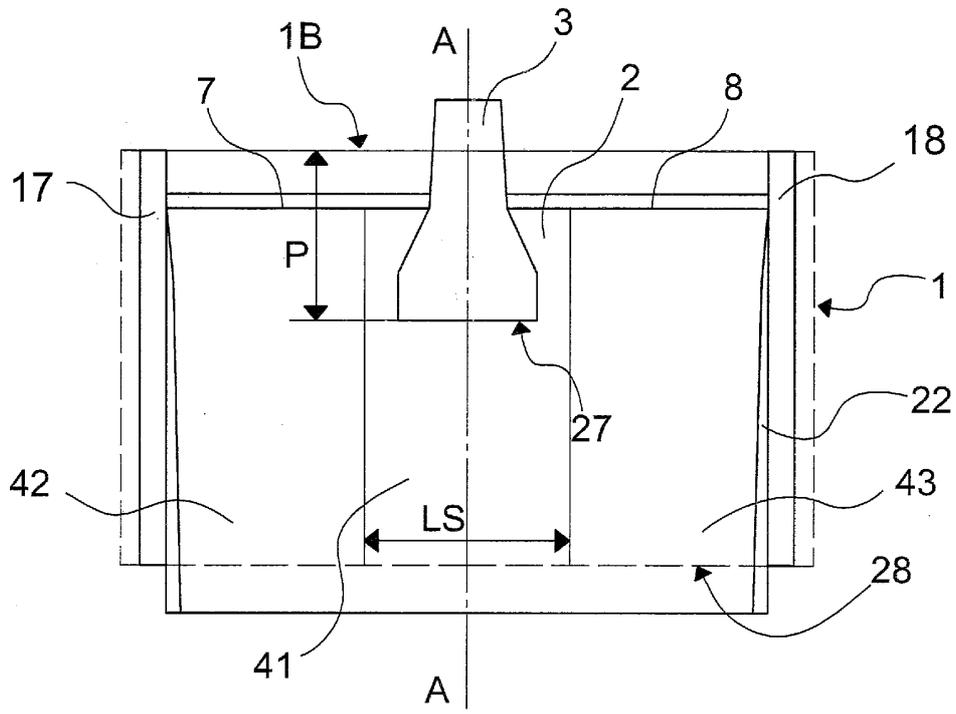


Fig. 3

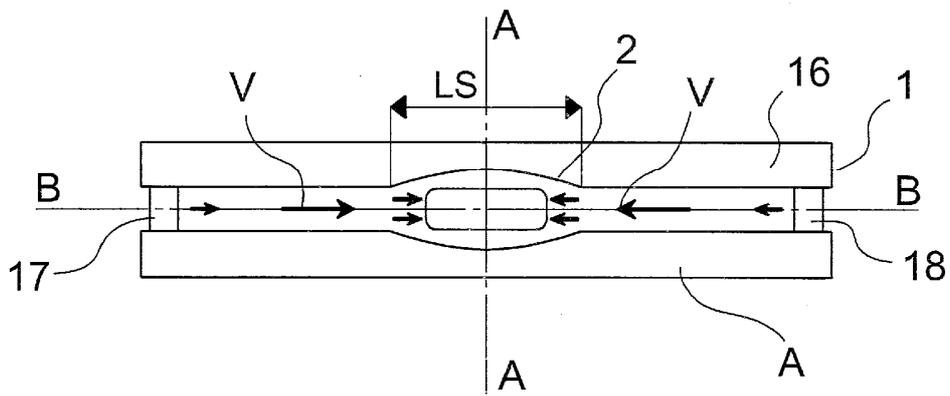


Fig. 4

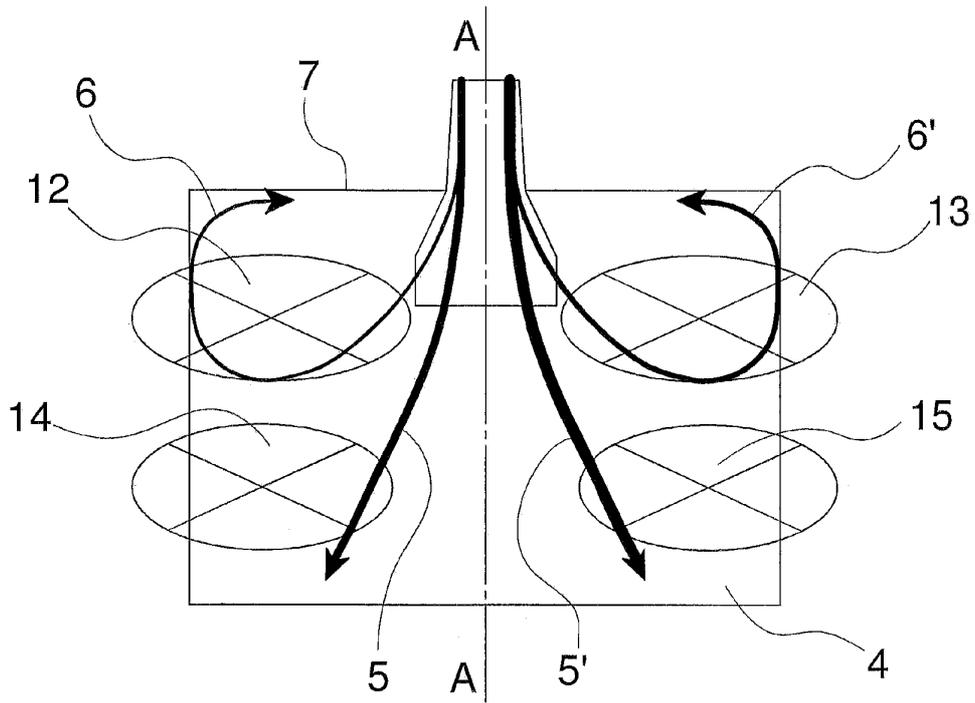


Fig. 6

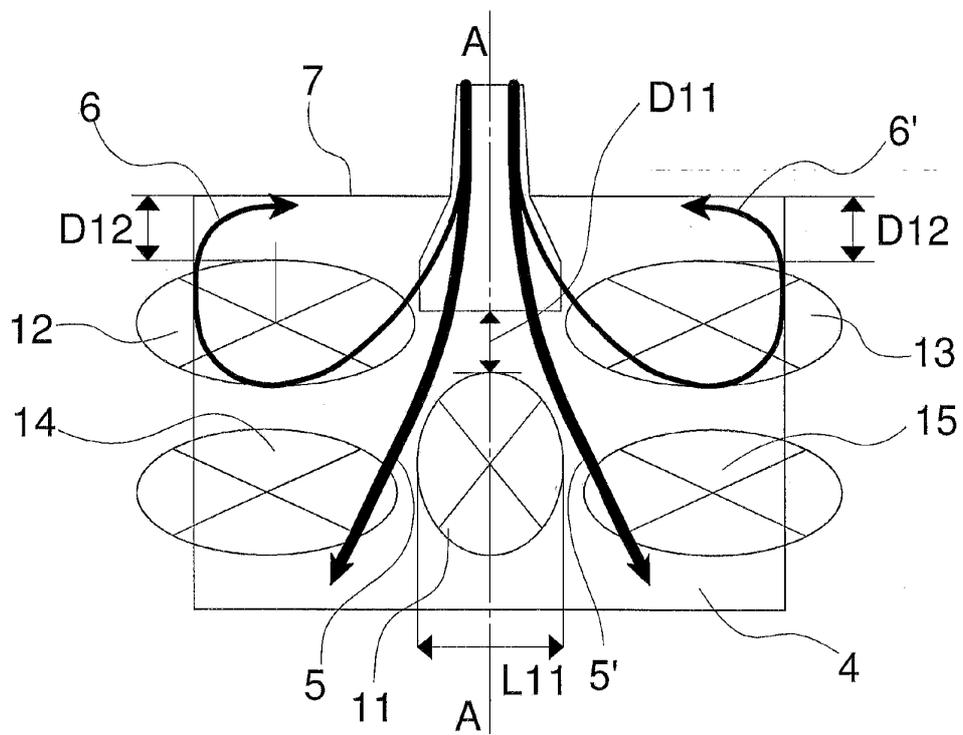


Fig. 5

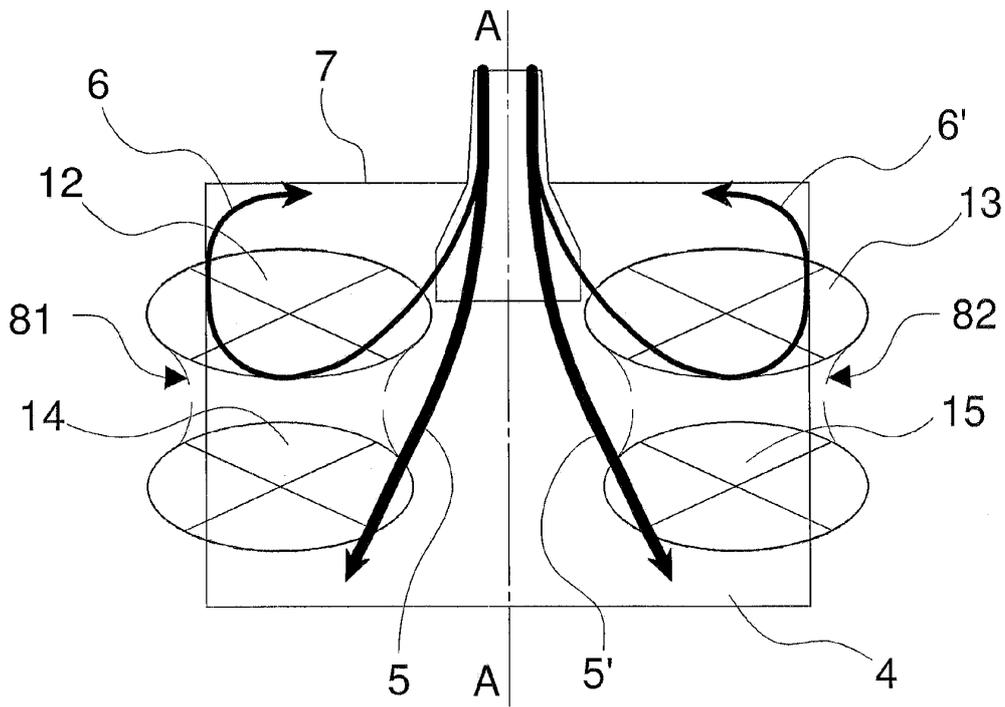


Fig. 7

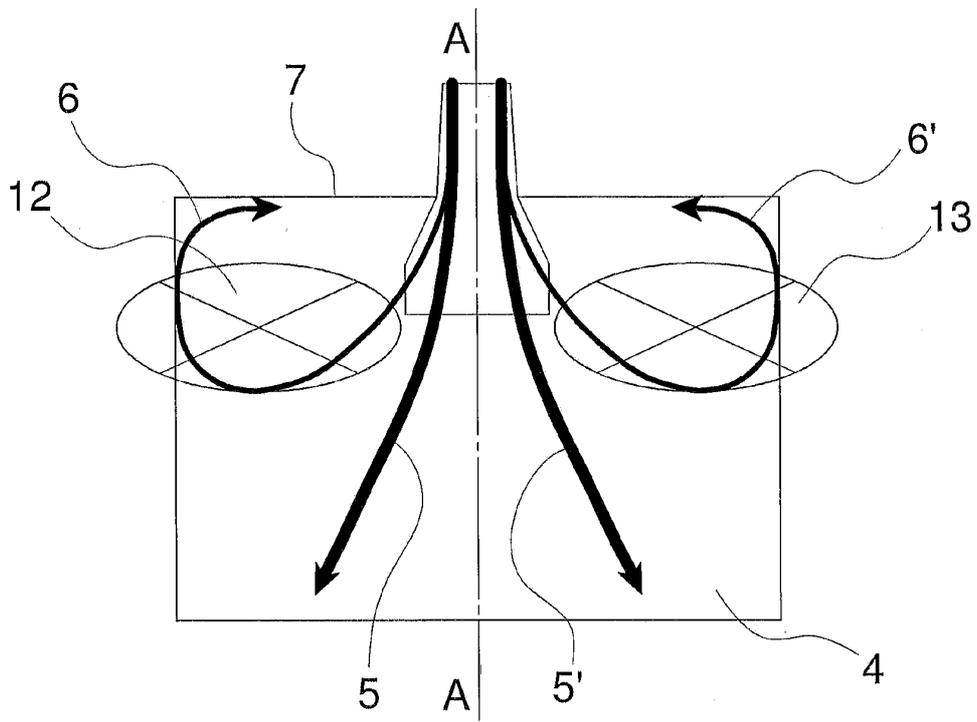


Fig. 8

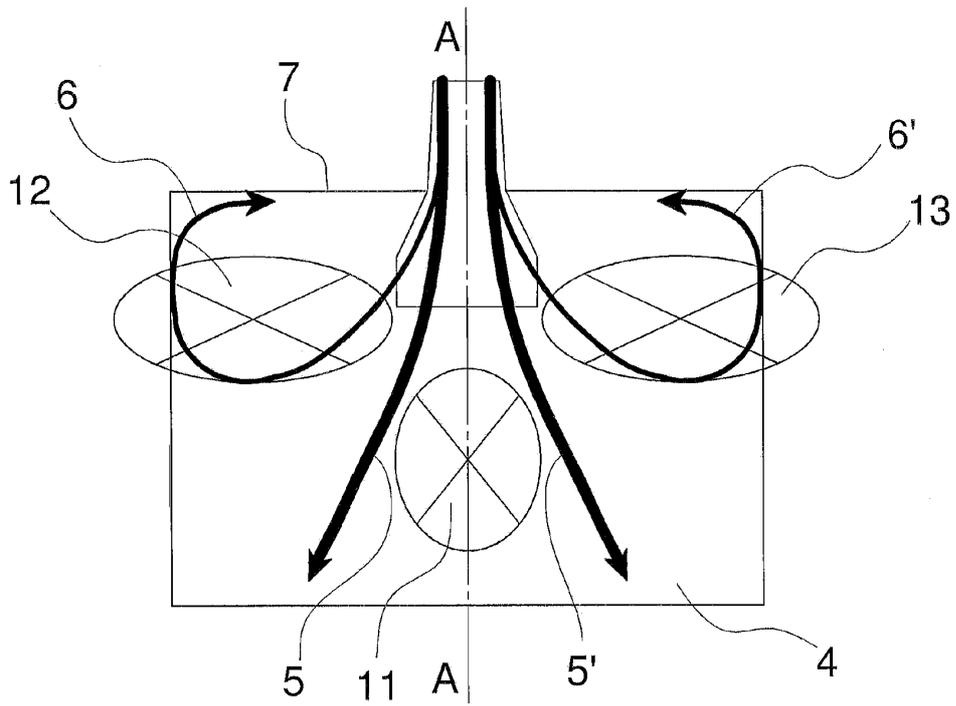


Fig. 9

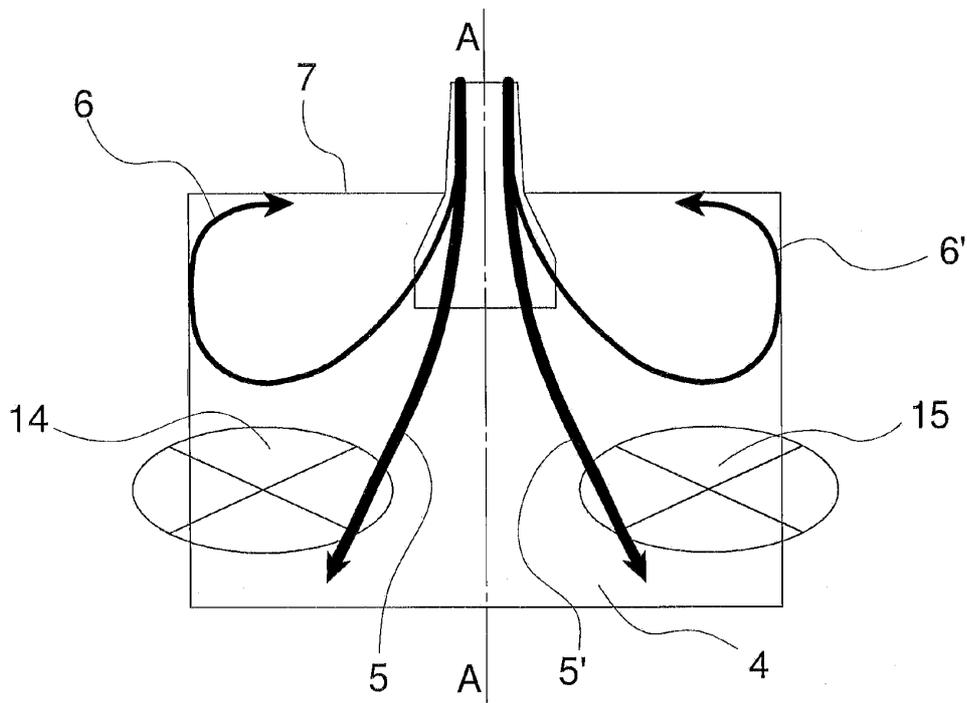
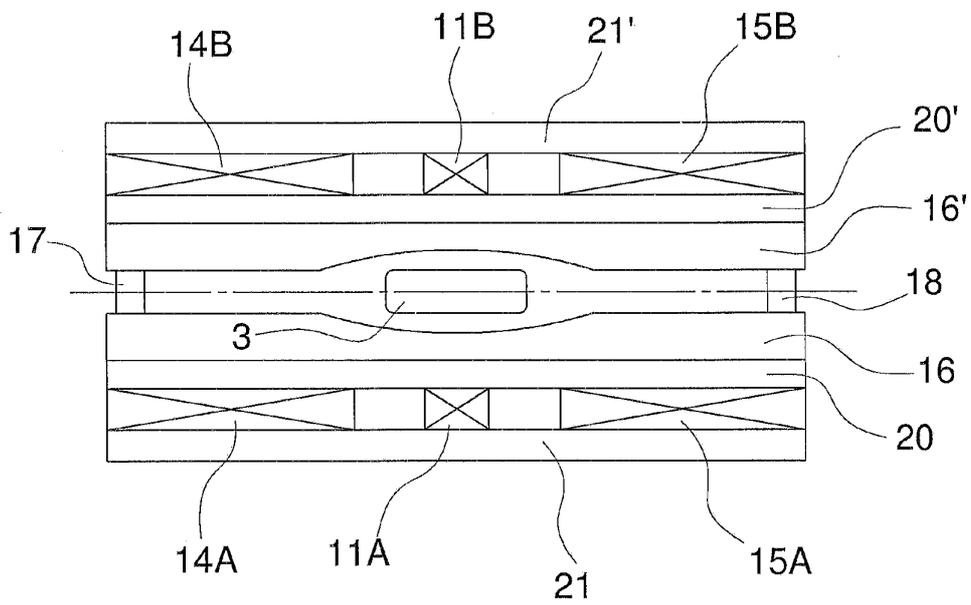
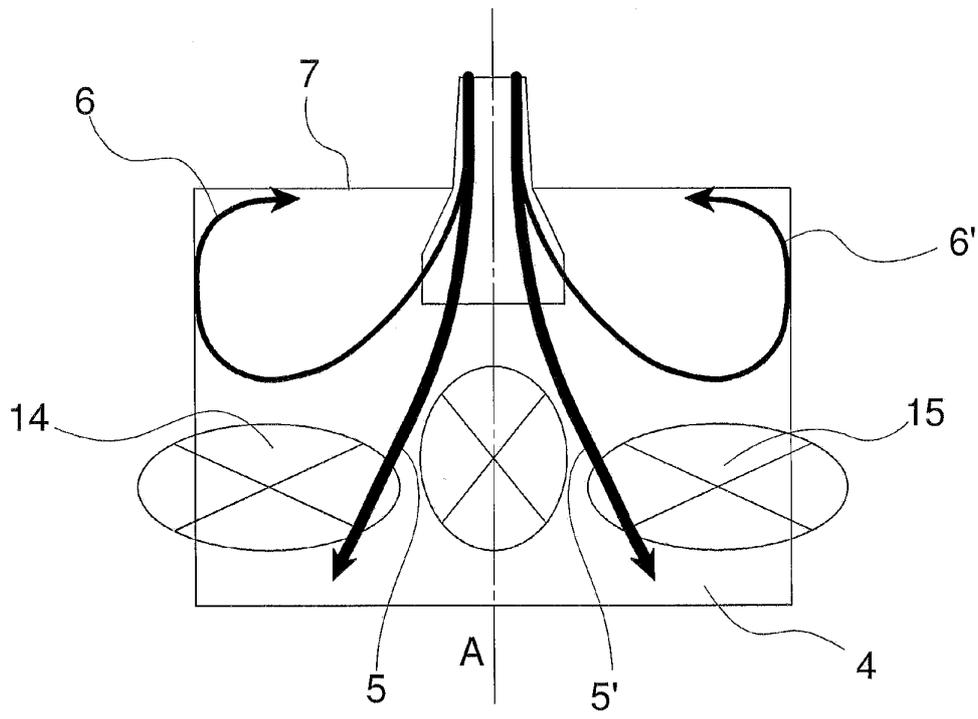


Fig. 10



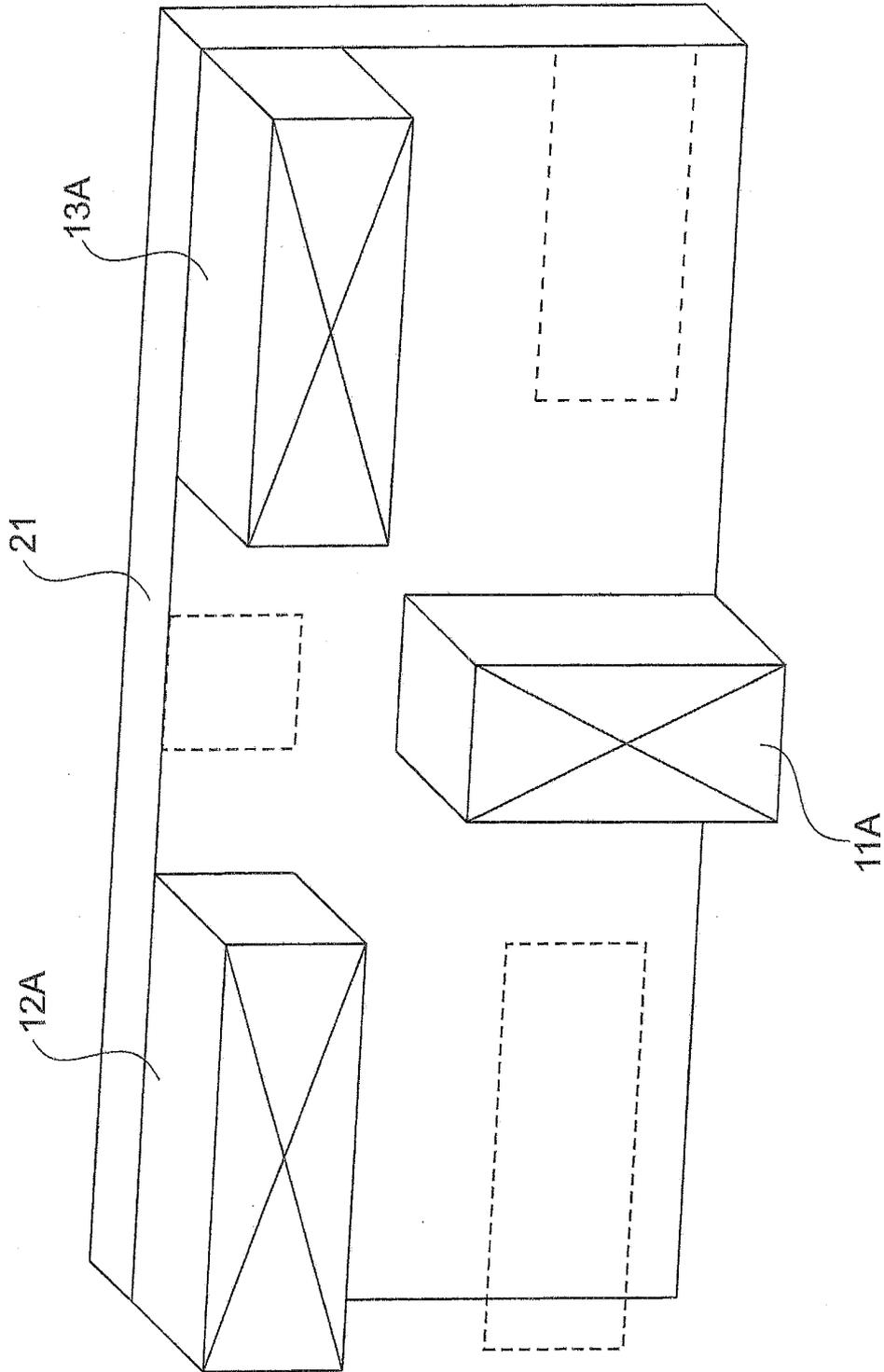


FIG. 13

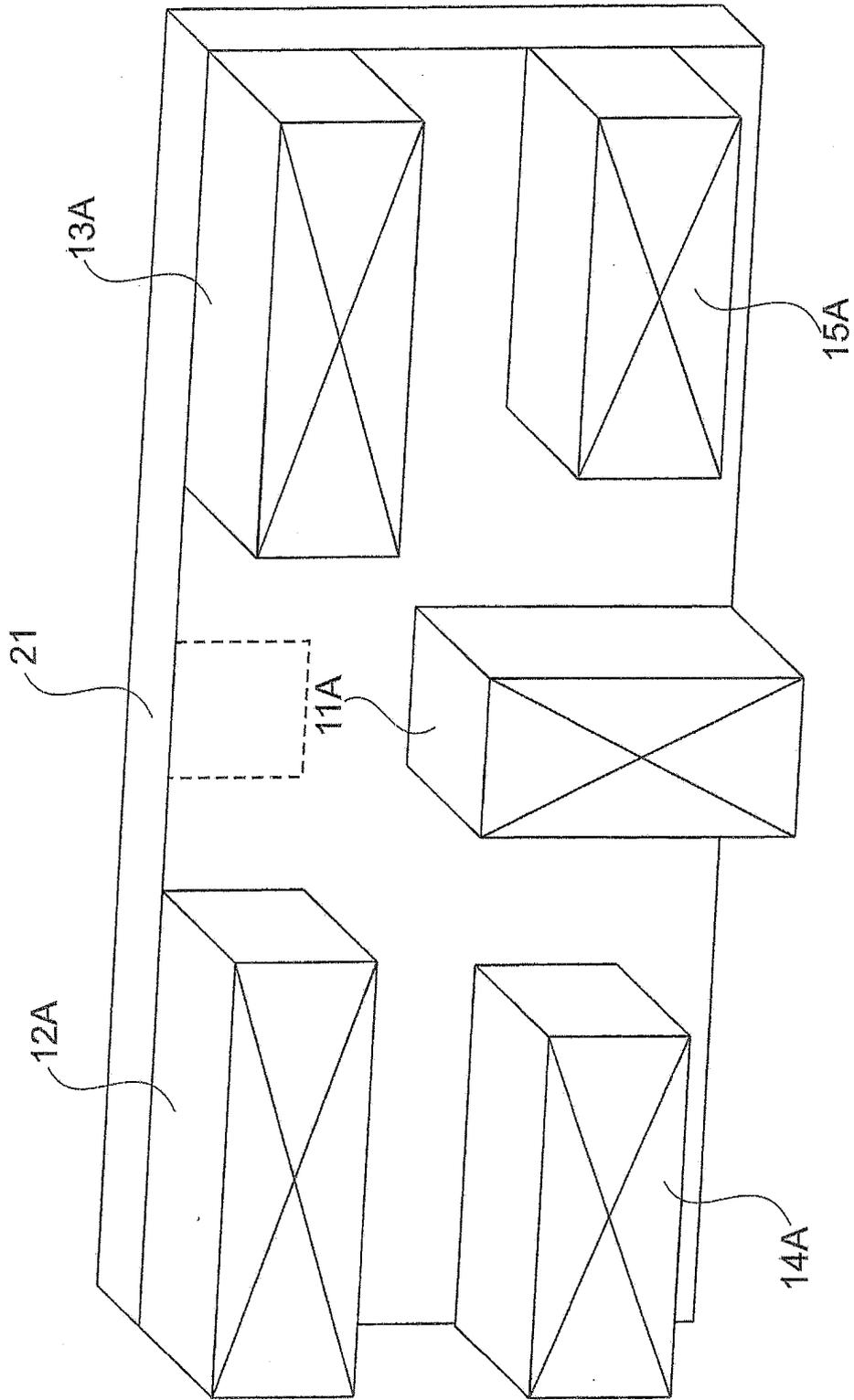


FIG. 14