



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 350 262**

51 Int. Cl.:
B22D 11/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06820242 .3**

96 Fecha de presentación : **18.10.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1954427**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.08.2008**

54 Título: **Regulación del modo de agitación electromagnética en la altura de una lingotera de colada continua.**

30 Prioridad: **28.11.2005 FR 05 12112**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.01.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.01.2011

73 Titular/es: **ROTELEC
Tour Mercuriales
40, rue Jean Jaures
93170 Bagnolet, FR**

72 Inventor/es: **Kunstreich, Siebo**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 350 262 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

El presente invento trata de la colada continua de productos metálicos planos, de acero en particular. Más particularmente el invento se refiere a la gestión de los movimientos de circulación del metal líquido colado en el seno de la lingotera de colada por la aplicación de fuerzas electromagnéticas con el fin de mejora de la calidad de los productos colados y/o de la productividad de la instalación de colada.

Se recuerda que se entiende por productos “planos” los desbastes planos, pequeños desbastes planos, desbastes planos delgados... o cualquier otra forma de sección recta “alargada”, es decir cuya anchura es al menos el doble del espesor.

Las lingoteras con las que los productos planos son colados tienen normalmente dos grandes caras (o paredes) de cobre o aleación de cobre, enérgicamente enfriadas por circulación de agua en contacto con ellas, y dispuestas una frente a otra a una distancia que define el espesor del producto colado. Estas paredes de cara total están completadas en el extremo por dos pequeñas paredes laterales de modo que forman un espacio de colada estanco que reproduce la sección rectangular deseada. Está previsto un sistema de enfriamiento de las paredes que comprende cámaras de agua y canales de enfriamiento para asegurar por medio de estas paredes una extracción de calor suficiente fuera del metal colado. Es suficiente una extracción de calor que lleva en la salida de la lingotera a la formación de una piel de metal solidificada regular al contacto de estas paredes enfriadas en su contorno y con un espesor de algunos centímetros con el fin de conferir al producto colado una cubierta mecánicamente resistente para permitir su solidificación completa por tracción en las etapas inferiores del enfriamiento secundario (chorros de agua directos) de la máquina de colada.

Como se sabe, la superficie libre o metal de colada en la lingotera (la superficie libre que se designará a continuación por la palabra “menisco”, corrientemente admitida por comodidad de lenguaje) está generalmente recubierta por una escoria de cobertura. La colada se efectúa desde ese momento con la ayuda de una boquilla sumergida unas decenas de centímetros bajo el menisco en la lingotera y provista en su extremo de salida de unas aberturas laterales por las que el metal líquido sale en dirección de las caras pequeñas de la lingotera.

Nadie ignora hoy día la importancia de la influencia, tanto en la calidad metalúrgica del metal colado (limpieza de inclusiones incluida) como sobre el éxito de la operación de colada propiamente dicha o de su productividad, de los flujos del metal en fusión en el seno de la máquina de colada.

5

Ésta es la causa por la que después de más de treinta años ahora, y con resultados diversos pero siempre técnicamente convincentes, los procedimientos de colada continua del acero que aplican constantemente fuerzas electromagnéticas tienden a limitar estos flujos del metal líquido según modos circulatorios variados y de los que según los casos y los efectos buscados, algunos se estiman más adecuados que otros.

10

Esquemáticamente, solamente hay que considerar dos grandes clases de acción electromagnética: la que aplica campos magnéticos estáticos y ésta, propia de la agitación electromagnética, que aplica para esto campos magnéticos móviles.

15

En lo que se refiere a la primera clase de acción se limitará aquí a citar el documento WO 99/11404A que describe la presencia en lo alto de la lingotera, en las caras grandes de ella, un par de barras magnéticas horizontales separadas una de otra lo suficiente para envolver las aberturas de salida de la boquilla de colada. Cada barra actúa a modo de freno con respecto a los movimientos del metal líquido que la atraviesa, contribuyendo así las barras inferiores a reducir la profundidad de penetración en el seno de la lingotera de los chorros de metal salidos de la boquilla, actuando la barra superior para calmar la agitación en el menisco frenando los movimientos metálicos que suben hacia arriba.

20

25

En la clase de acción propia a la agitación electromagnética, la aplicación de la última puede hacerse al nivel de la lingotera propiamente dicha y/o al nivel de la zona de enfriamiento secundaria de la máquina de colada.

30

En el caso de la agitación en la lingotera, el campo magnético que actúa a través de las paredes grandes de cobre está producido por inductores que se encuentran bien directamente sumergidos en la cámara de agua superior de la lingotera, o encajonados y por tanto dotados de su propio circuito de enfriamiento.

35

Hoy día se usan varios tipos de agitación electromagnética en la lingotera. Se puede esquematizarlos brevemente de la manera siguiente:

Un primer tipo (véase por ejemplo el documento JP 1.228.645 o el EP 0750958) consiste en un movimiento giratorio del metal en fusión al nivel del menisco alrededor del eje de colada, esto a fin de mejorar la calidad de la superficie de los productos colados. Para hacer esto se aplican campos magnéticos deslizantes horizontalmente en la región del menisco según toda la anchura de las caras grandes de la lingotera y cuyo sentido de deslizamiento se invierte entre una cara grande y la otra. Para hacer esto se monta un par de inductores polifásicos de estructura plana de tipo “estator de motor lineal asíncrono” en la parte alta de la lingotera, extendiéndose cada inductor en toda la anchura de la cara grande.

Un segundo tipo de agitación preconizada consiste en situar los inductores aproximadamente a la mitad de la altura de la lingotera a fin de poder aplicar al nivel de las aberturas de salida de la boquilla sumergida esta vez un campo magnético que desliza según las semianchuras de las caras grandes. Este campo está producido por inductores planos polifásicos montados enfrente de las caras grandes de la lingotera, a razón esta vez de dos pares de inductores, un par por cara grande, formando los inductores un par y estando dispuestos simétricamente a una parte y a otra del eje de colada definido por la boquilla y cubriendo cada uno aproximadamente la mitad de la anchura de la cara grande. El conjunto formado por estos cuatro inductores está conectado a una o varias alimentaciones eléctricas polifásicas que dirigen todo de forma coherente. Así, el campo magnético producido desliza en sentido opuesto en los dos inductores de un mismo par y en el mismo sentido en los inductores de las caras diferentes dispuestos enfrente uno de otro a una parte y a otra del producto colado.

En una primera versión, a menudo designada con la palabra EMLA (véase por ejemplo el documento EP 1.551.560), el campo desliza hacia el exterior, es decir de la boquilla hacia las caras pequeñas de la lingotera, por lo tanto en el sentido de los chorros de metal en fusión que llegan a la lingotera por las aberturas de la boquilla. El objeto principal en este caso es promover o estabilizar una configuración denominada “doble bucle” de circulación del acero líquido en la lingotera. Una configuración de tipo “doble bucle” se manifiesta favorable en particular a un aporte regular de calorías en la

zona del menisco, el cual tiende naturalmente a enfriarse por pérdida de calor en el curso de la colada a pesar de la presencia de la escoria de cobertura.

5 En otra versión, denominada por la palabra EMLS (véase por ejemplo el documento EP 0.650.785), el campo magnético desliza esta vez hacia el interior, por lo tanto desde las caras pequeñas laterales hacia la boquilla, es decir a contracorriente de los chorros de metal que llegan a la lingotera. El objeto en este caso es “frenar” los chorros de forma que se atenúe su fuerza con el fin de disminuir las fluctuaciones al nivel del menisco y los torbellinos provocados por una velocidad de flujo demasiado
10 importante.

Estos diferentes ejemplos, por supuesto, no constituyen una lista exhaustiva de las prácticas posibles de agitación electromagnética en una lingotera de colada continua actualmente a la disposición del metalúrgico. No obstante representan las
15 dos grandes clases de agitación actualmente preconizadas para la colada de los productos planos (rotación en el menisco o ayuda a los chorros de salida de la boquilla en frenado o aceleración) y a los que se encuentra enfrentado el metalúrgico cuando debe efectuar una elección en favor de una tecnología y renunciar a otra. En ese momento, en efecto, cada tecnología de agitación está exclusivamente, o casi
20 exclusivamente, dedicada a uno de estos dos modos de agitación antes citados, de forma que la elección de un equipo de agitación es apremiante, por lo tanto selectiva del único modo de agitación que este equipo permitirá en las buenas condiciones operativas en todo caso.

25 El invento tiene como objeto solucionar este inconveniente proponiendo para la colada continua de productos planos un útil de agitación electromagnética sencillo y polivalente.

Para esto el invento tiene como objeto una regulación del modo de agitación
30 electromagnética del metal líquido en la altura de una lingotera de colada continua de productos metálicos planos con boquilla sumergida dotada de aberturas de salida laterales dirigidas hacia las paredes pequeñas de la lingotera, estando equipada dicha lingotera, en cada una de sus caras grandes con un par de inductores lineales polifásicos con un campo magnético deslizante horizontalmente según la anchura de
35 dicha cara grande y dispuestos a una parte y a otra del eje de colada definido por la

boquilla, estando cada boquilla conectada a una alimentación eléctrica que dirige el conjunto de los cuatro inductores coherentemente, caracterizado la regulación

- porque al estar los inductores montados deslizantes según la altura de la lingotera se pasa, por traslación vertical de dichos inductores, de una posición funcional baja PB que actúa al nivel de las aberturas de salida de la boquilla de colada, en la que el sentido de deslizamiento del campo es invertido entre los inductores de un mismo par y conservado entre los dos inductores enfrente uno de otro en dos pares diferentes, en una posición funcional alta PA, que actúa en el nivel del menisco del metal líquido en la lingotera, en la que el campo desliza en el mismo sentido en los inductores de un mismo par y en sentido opuesto entre los dos pares, y recíprocamente;

- y en que, durante el paso de una posición funcional a otra, se invierte el sentido de deslizamiento del campo magnético de uno solamente de los dos inductores de un mismo par, así como del de los dos inductores del otro par, que es su simétrico con respecto al eje de colada.

De este modo, el invento consiste, sobre la base de un equipo electromagnético formado normalmente por cuatro inductores lineales con un campo que desliza horizontalmente dispuestos a una parte y a otra del eje de colada en cada una de las caras grandes de la lingotera, en prever:

- un montaje móvil de este equipo según la dirección vertical, es decir según la altura de la lingotera (con la ayuda por ejemplo de un tornillo sin fin, de gatos hidráulicos, de piñones-cremallera, o de cualquier otro medio adaptado);

- y un medio basculante de corriente al nivel de la alimentación eléctrica que permite invertir el sentido de deslizamiento del campo magnético producido por al menos dos inductores entre los cuatro, uno una vez escogido sobre una cara grande en posición simétrica con respecto al eje de colada.

Desde entonces, como se habrá sin duda ya comprendido, se puede fácilmente con un solo y mismo equipo de agitación electromagnética:

- bien ayudar en la dirección de la corriente o en contracorriente (EMLA o EMLS) a los chorros de metal que entran en la lingotera al nivel de las aberturas de salida de la boquilla de colada (posición de acción baja PB del equipo en la proximidad o en medio de la lingotera);

- bien poner el metal líquido colado en rotación alrededor del eje de colada al nivel del menisco en la lingotera (posición de actuación alta PA del equipo).

5 Como complemento el invento tiene también como objeto un equipo de agitación electromagnética para una lingotera de colada continua de productos metálicos planos para la aplicación de este método, que comprende:

- una batería de al menos cuatro inductores lineales con campo magnético deslizante;

10 - al menos una alimentación eléctrica polifásica que alimenta dichos inductores y provista de un inversor para al menos dos de los cuatro inductores;

- y medios motorizados de montaje móvil de dicha batería en la lingotera de colada continua destinada a recibirla, siendo dichos medios aptos para asegurar una traslación vertical de la batería entre al menos dos posiciones funcionales PA y PB separadas una de otra según la altura de la lingotera.

15

Se observará que en la técnica anterior ya existen lingoterías de colada continua que permiten modificar verticalmente la posición de un equipo de agitación electromagnética incorporado. Pero, tales lingoterías están destinadas a la colada continua de desbastes o de palanquillas, es decir a productos largos, y el inductor implicado es, en consecuencia, único, anular y exclusivamente dedicado a una puesta en rotación del metal colado (véase el documento USP 4.957.158 o el EP 0.778.098).

20

En lo que se refiere a los productos planos ya existen equipos que permiten aplicar un campo magnético a diferentes alturas de la lingotera. El documento WO 99-11404 describe por ejemplo una instalación de este tipo. Se observará no obstante que este tipo de instalación propone de hecho disponer varios juegos de inductores, montados fijos los unos sobre los otros a lo largo de las paredes grandes de la lingotera.

25

30 El invento se comprenderá mejor y otros aspectos y ventajas aparecerán más claramente a la vista de la descripción que sigue, dada a título de ejemplo en referencia a los dibujos anejos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática general en alzado del perfil de una lingotera de colada continua de desbastes planos de acero equipada con los medios según el invento;

35

- la figura 2 muestra de forma esquemática en un plano vertical medio que pasa por el eje de colada y paralelo a las caras grandes de la lingotera las dos posiciones funcionales alta PA y baja PB de la batería de inductores que se mueve según la altura de la lingotera;

5 - la figura 3 (parte 3a y parte 3b) es una representación análoga a la de la figura 2, pero según una vista paralela esta vez a las caras pequeñas de la lingotera;

- la figura 4 es un esquema de principio que muestra, vista desde encima de la lingotera, el modo de acción de los inductores con campo magnético que deslizan cuando éstos se encuentran en la posición funcional alta PA;

10 - las figuras 5a y 5b muestran respectivamente según una vista análoga a la de la figura 4 el modo de actuación de los inductores con campo magnético deslizante cuando éstos se encuentran en la posición funcional baja PB.

15 En las figuras los mismos elementos son designados con referencias numéricas idénticas.

20 Se habrá comprendido que la aplicación del invento consiste en permitir a los inductores deslizar verticalmente a lo largo de la cara grande de la lingotera modificando al mismo tiempo algunas de sus conexiones de alimentación eléctrica con objeto de modificar su acción de agitación según el lugar en altura donde se encuentran.

25 La figura 1, que representa la lingotera 1 para la colada de desbastes planos de acero 2, ilustra de forma general los medios de aplicación del invento. De forma clásica esta lingotera tiene dos pares de placas (dos placas grandes 3 y dos pequeñas 4) de cobre o de aleación de cobre enfriadas por una fuerte circulación de agua contra su superficie externa desde una cámara de llegada de agua inferior 20 hasta una cámara de evacuación de agua superior 21. El montaje unido por los bordes y estanco del conjunto de estas cuatro placas define el espacio de colada de forma rectangular

30 alargada. Se calificará de forma "alargada" una geometría del formato de colada cuyos lados grandes tienen una longitud al menos doble de la de los lados pequeños.

35 El espacio de colada de la lingotera es alimentado con metal líquido por una boquilla sumergida 5 centrada en el eje de colada A y cuyo extremo alto está fijado de forma estanca en la abertura de fondo de un repartidor (no representado) situado por

encima a una pequeña distancia. El extremo bajo libre de la boquilla, que se ve mejor en las figuras 2 y 3, está provisto de aberturas de salida laterales 17 dirigidas hacia las caras pequeñas 4. Este extremo se hunde normalmente en la lingotera a una profundidad de aproximadamente 15 a 30 cm bajo la superficie libre 9 (o menisco) de metal en fusión en la lingotera, o aproximadamente de 25 a 40 cm por debajo del borde superior de las placas de cobre.

Una unidad de agitación electromagnética 6, unida a una alimentación eléctrica 7 bi o trifásica, está montada enfrente de las caras grandes 3 de la lingotera. Más precisamente, esta unidad de agitación está montada en el nicho habitualmente dejado disponible entre la cámara de agua superior 21 y la cámara de agua inferior de llegada 20, cámaras que tienen forma de cajones, con unos 20 cm de altura cada una, situadas justo detrás de las partes finales de las placas grandes 3.

La alimentación eléctrica 7 tiene un convertidor con objeto de hacer variar la frecuencia de la corriente. En efecto, mediante la elección de la frecuencia de la corriente de excitación de los inductores se fija la velocidad de deslizamiento del campo magnético producido. La regulación de la intensidad de esta corriente permite ajustar la intensidad del campo magnético.

La unidad de agitación electromagnética 6 tiene una batería con cuatro inductores lineales (10a, 10b y 11a, 11b), preferiblemente idénticos, con una estructura del tipo "estator de motor lineal asíncrono". Se trata de inductores, planos preferiblemente, de tecnología clásica con polos magnéticos salientes bobinados de forma alargada según la vertical y dispuestos paralelos entre sí según la longitud del inductor, la cual se determina de forma que se pueda cubrir aproximadamente una semianchura de las placas grandes 3 de la lingotera. Los bobinados que rodean los polos magnéticos están formados ventajosamente por dos conductores huecos enfriados preferiblemente por circulación interna de un fluido de enfriamiento del agua tratada. Poseen así su propio circuito de enfriamiento independientemente por tanto del de la lingotera que los contiene. Estos inductores tienen entre 200 y 300 mm de altura en lo que se refiere a su parte activa (caras polares de los polos), bien entre 400 y 500 mm de dimensión exterior, teniendo en cuenta las cabezas de las bobinas que sobresalen en una parte y otra de los polos.

35

Los cuatro inductores están agrupados de dos en dos por pares 10 y 11, a razón de un par de inductores por cada cara grande 3 de la lingotera. Los inductores de un par están dispuestos a una parte y a otra de la boquilla 5, y los dos pares están uno frente al otro en una parte y en la otra del producto colado 2. Los inductores de un primer par están unidos a una distancia entre sí (unos 10 cm) por uniones 19 para formar un conjunto mecánicamente rígido.

Están conectados individualmente a la alimentación eléctrica 7. Un basculador 8 está previsto al nivel de esta alimentación para permitir la inversión del sentido de la corriente, por lo tanto del deslizamiento del campo magnético producido, en al menos dos inductores de pares diferentes.

De acuerdo con el invento, los inductores están montados móviles en traslación vertical en la lingotera. El uso de medios de desplazamiento clásicos de las cargas pesadas tales como gatos hidráulicos, sistemas de piñón-cremallera, gatos mecánicos como tornillos sin fin provistos de motor 16, etc... es perfectamente posible e incluso aconsejable. Su amplitud de funcionamiento debe no obstante ser apta para permitir el desplazamiento de la batería de inductores 6 a lo largo de 10 ó 20 cm aproximadamente, apenas más. La experiencia ha mostrado en efecto que este desplazamiento en altura relativamente pequeño es suficiente para permitir a los medios del invento actuar con la selectividad requerida sobre el metal líquido en la lingotera como a continuación se va a ver con más detalle.

El desplazamiento de los inductores, que se realiza verticalmente, tiene la ventaja, debido a un peso de varias toneladas del conjunto móvil, de prever a una parte y a otra de cada par de inductores, rampas de guiado 18 que cooperan con las aberturas 15 previstas a este fin en los extremos alto y bajo de los bordes exteriores de cada inductor para asegurar la traslación correcta de la batería de inductores.

Esta traslación vertical está asegurada por medios de mando motorizados que comprenden una unidad de mando 14 propiamente dicha, que dispone la puesta en marcha de los gatos hidráulicos o, como aquí se ha ejemplificado, motores eléctricos reversibles 16 montados en un extremo de los gatos de tornillo 12. De este modo están aseguradas, por la puesta en rotación axial de los tornillos sin fin 12, las traslaciones verticales de la batería 6 de inductores entre una posición funcional alta

que actúa al nivel del menisco 9 y una posición funcional baja que actúa al nivel de las aberturas de salida de la boquilla 5.

5 Esta unidad 14 está conectada a la alimentación eléctrica 7 para activar el basculador 8 durante estas traslaciones y asegurar de este modo las inversiones necesarias de las conexiones de los enrollamientos de los inductores en las fases de alimentación eléctrica. Puesto que cada inductor produce en efecto por construcción un campo magnético que desliza horizontalmente sobre una semianchura, y una sola, de las caras grandes 3 de la lingotera según la forma en la que su conexión eléctrica está dispuesta, este campo se dirige bien hacia el exterior (de la boquilla a la cara pequeña), o hacia el interior (de la cara pequeña hacia la boquilla).

15 En lo que sigue se hará referencia conjuntamente a las figuras 2 a 5 a fin de tener una aproximación más completa de los medios aplicados para la realización del invento.

20 Se comienza por dar algunas precisiones dimensionales útiles para el buen entendimiento del invento. Es preciso primeramente subrayar que la posición funcional de los inductores en la altura de la lingotera, posición móvil por naturaleza de acuerdo con el invento, tiene límites de recorrido, por supuesto tensiones por el tamaño en altura de los inductores propiamente dichos y por las dimensiones de los órganos de la lingotera presentes en este lugar, en la cámara de agua superior sobre todo.

25 Una lingotera actual de colada continua de desbastes planos de acero tiene una longitud de alrededor de 900 mm. Sus cajones de agua superior 21 e inferior 20 tienen aproximadamente 200 mm de altura. El nicho disponible entre ellos es por tanto de 500 mm. Si los inductores tienen 400 mm de altura este nicho tiene un tamaño suficiente para recibirlos y permite su desplazamiento en altura una distancia de 10 cm.

30

35 Se considera que tal amplitud de desplazamiento es suficiente para la aplicación del invento. No obstante, es perfectamente posible aumentar en 10 cm en la dirección de la altura reduciendo otro tanto la altura del cajón de agua superior 21 sin disminuir por tanto la eficacia del enfriamiento de la lingotera. Esta variante de construcción es la que corresponde a las figuras adjuntas. Se da así una amplitud de movilidad en

altura de 20 cm, esto por supuesto en el sentido de una mayor selectividad de las acciones respectivas de agitación del metal colado buscadas al nivel del menisco o al nivel de las aberturas de salida de la boquilla.

5 Para describir geoméricamente esta movilidad se conviene en mantener el punto medio en altura de la parte activa de los inductores como referencia de nivel. Ésta es una elección arbitraria. Se podría por supuesto elegir otra referencia en el inductor, por ejemplo su borde superior, sin que esto cambie independientemente de la aplicación del invento o su comprensión.

10

Así, cuando la batería de inductores 6 es subida al punto máximo hasta hacer tope con el fondo del cajón superior 21 la configuración de agitación se encuentra en la posición funcional alta PA. Dicho de otro modo, el punto de referencia, en medio de las partes activas, va a colocarse en una cota de altura registrada PA. Aunque esta parte activa de los inductores esté necesariamente desfasada hacia abajo con respecto al nivel del menisco 9, allí donde la acción de agitación es entonces deseada, en posición funcional alta PA, esta acción se experimenta sin embargo eficazmente en la zona del menisco. Los inductores (representados en líneas de puntos gruesos en la figura 2) están entonces conectados a la alimentación eléctrica para generar un movimiento giratorio en la superficie del metal en fusión alrededor del eje de colada A. A este efecto los dos inductores 10a, 10b de un mismo par 10 generan un campo que desliza en el mismo sentido (de izquierda a derecha en la figura 4) teniendo por tanto un efecto de agitación uniforme en toda la anchura de la cara asociada. Por el contrario, el sentido de deslizamiento del campo es invertido del par 10 al otro par 11 en la otra cara grande de la lingotera.

25

Cuando la batería de los inductores es descendida 10 ó 15 cm hacia abajo, aproximadamente por lo tanto una semialtura de la lingotera hasta incluso hacer tope con el cajón inferior 20 (véase la figura 3a), la configuración de agitación está en posición funcional baja PB. En la posición funcional baja PB la agitación electromagnética se experimenta fuertemente al nivel de las aberturas de salida 17 de la boquilla 5, allí donde entonces es requerida aunque la parte activa de los inductores esté allí desfasada hacia abajo con respecto a este nivel. Los inductores están entonces conectados a la alimentación eléctrica 7 con objeto de generar campos magnéticos que deslizan en la misma dirección de la corriente (figura 5a) o a

35

contracorriente (figura 5b) de los chorros de metal 18 que salen de las aberturas en dirección de las caras pequeñas 4 de la lingotera. Se recuerda que la configuración en la misma dirección de la corriente es sinónimo de aceleración de los chorros (tipo EMLA) mientras que la configuración a contracorriente de tipo EMLS es por lo tanto
5 sinónimo de “frenado” de los chorros.

En esta fase puede ser útil aportar las siguientes precisiones. Como ya se ha resaltado al principio, se encuentra en efecto que es suficiente desplazar los inductores 10 ó 15 cm como máximo hacia arriba desde una posición
10 aproximadamente media en la lingotera para poder distinguir una acción de agitación al nivel de las aberturas de salida de una acción de agitación al nivel del menisco, e inversamente. La experiencia demuestra que incluso cuando no se encuentre localizado en el centro de la parte activa de los inductores, desde el momento en el que el lugar en el que se quiere ejercer la acción de agitación en la altura de la
15 lingotera se encuentra, si no en esta parte activa, sí al menos en su proximidad inmediata, ésta se manifiesta plenamente eficiente. En caso de necesidad por otra parte, la reserva de potencia entregada por la alimentación podrá compensar la eventual baja de fuerza electromagnética que surge en el lugar de la acción de agitación requerida en la altura de la lingotera debida al alejamiento de éste de la parte
20 activa de los inductores.

Hechas estas precisiones, se reanuda el curso normal de la descripción. Según el invento, durante el paso de la posición baja PB a la posición alta PA o inversamente, la unidad de mando 14 actúa sobre el basculador 8 para invertir la conexión de fases
25 eléctricas de dos inductores cualesquiera situados en simetría axial con respecto a la boquilla 5, cada uno en una cara grande 3 de la lingotera, de modo que se invierta el sentido de deslizamiento del campo magnético que generan. Para hacerlo basta con invertir dos fases cualesquiera de las tres de una alimentación trifásica, o invertir el sentido de la corriente de una fase en el caso de una alimentación bifásica.

30

Así, el paso de la posición baja PB a la posición alta PA aplica una agitación que genera un movimiento de rotación axial del metal líquido en la parte alta de la lingotera. Por el contrario, el paso de la posición alta PA a la posición baja PB deja al operador la elección de una ayuda a los chorros de metal reciente salidos de la

boquilla, por agitación lineal magnética cuya acción puede ser efectuada en modo acelerador de chorros (figura 5a) o en frenado de los chorros (figura 5b).

Más precisamente, en el caso ejemplificado en las figuras:

5 a) Se pasa de una posición funcional alta PA con agitación rotativa de la figura 4, en la que en consecuencia los campos magnéticos de los inductores 10a y 10b deslizan los dos de izquierda a derecha y los campos de los inductores de enfrente 11a y 11b deslizan los dos de derecha a izquierda (siendo lo contrario por otra parte perfectamente equivalente), a una posición baja PB con agitación lineal en la cual
10 existen dos posibilidades:

- bien, como lo muestra la figura 5a - trayecto (a), se invierte el sentido de deslizamiento del campo magnético del inductor 10a y del inductor 11b (simétrico del inductor 10b con respecto al eje de colada A) para volverse a encontrar en una configuración de agitación de tipo en la dirección de la corriente con los chorros de
15 metal que llegan 18 (modo EMLA);

- o, como lo muestra la figura 5b - trayecto (b), se invierte el sentido de deslizamiento del campo del inductor 10b y del inductor 11a (su simétrico con respecto al eje de colada A) para volver a encontrarse en una configuración de agitación lineal de tipo a contracorriente de los chorros 18 (modo EMLS).

20 b) Inversamente, se pasa de una posición funcional baja PB con agitación lineal:

- según el modo en la dirección de la corriente (figura 5a) a una posición alta PA con agitación rotativa (figura 4 – trayecto (a)) invirtiendo el sentido de deslizamiento del campo magnético producido solamente por los inductores 10a y 11b;

- o según un modo a contracorriente (figura 5b) con esta misma posición alta PA
25 con agitación rotativa (figura 4 – trayecto (b)) invirtiendo el sentido de deslizamiento del campo magnético producido solamente por los inductores 10b y 11a.

Por supuesto, la alimentación 7 permite entregar intensidades de corriente y de frecuencias ajustables a valores escogidos de antemano. La unidad de mando 14, a la
30 que está conectada, puede hacer frente a esta posibilidad de forma que haga variar la intensidad de la fuerza aplicada. En efecto, mientras que en modo “acelerador” (tipo EMLA) se tiene la ventaja de que los cuatro inductores ejercen sobre el metal una fuerza similar, esta configuración no es siempre deseable por el movimiento giratorio al nivel del menisco. Por ejemplo, se puede tener la ventaja de que los dos inductores

cuyo campo desliza en contra del flujo de metal líquido aportan una fuerza magnética más importante que los otros.

5 Por supuesto que el invento no sabría limitarse a los ejemplos expuestos en la presente memoria sino que tiene múltiples variantes o equivalentes en la medida en la que se respeta su definición dada por las reivindicaciones anejas.

10 Por ejemplo, un sistema con motor de arrastre único con cadena y piñones dentados montados en el extremo de los gatos de tornillo 12 puede sustituir al sistema descrito con motores individuales por gatos.

15 Por otra parte, es posible concebir un bobinado de los enrollamientos de los inductores cuyas cabezas de bobina (es decir, las partes eléctricas que sobresalen del circuito magnético), no sean ya verticales como de ordinario sino replegadas hacia el exterior, al menos en lo que se refiere a las cabezas de las bobinas superiores. Se podrá así, si se desea, ganar un poco de distancia de fin de carrera cuando la batería de inductores haga tope con el fondo del cajón de la cámara de agua superior para situarse en posición de acción alta.

20 Además, por otra parte los conductores eléctricos que forman los bobinados de los inductores pueden ser completos. El mantenimiento térmico de los inductores podrá en este caso estar asegurado por inmersión de cada par de inductores en un cajón estanco recorrido por una circulación de líquido de enfriamiento.

25 Por otra parte, el invento puede ser aplicado por supuesto tanto en el transcurso de una misma colada como entre dos coladas sucesivas.

REIVINDICACIONES

1. Método de regulación del modo de agitación electromagnética del metal líquido en la altura de una lingotera (1) de colada continua de productos metálicos planos (2) con boquilla sumergida (5) dotada de aberturas de salida laterales (17) dirigidas hacia las paredes pequeñas (4) de la lingotera, estando dicha lingotera equipada en cada una de sus caras grandes (3) con un par (10, 11) de inductores lineales polifásicos (10a..., 11b) con un campo magnético que desliza horizontalmente según la anchura de dicha cara grande y dispuestos a una parte y a otra de la boquilla, estando cada inductor conectado a una alimentación eléctrica (7) que dirige el conjunto de estos cuatro inductores de forma coherente, estando el método **caracterizado**:

- porque los inductores (10a..., 11b) al estar montados deslizantes verticalmente según la altura de la lingotera se pasa, por traslación de dichos inductores, de una posición funcional baja PB, que actúa al nivel de las aberturas de salida de la boquilla, en la cual el sentido de deslizamiento del campo está invertido entre los inductores de un mismo par (10 u 11) y conservado entre los inductores enfrente uno de otro en dos pares diferentes (10 y 11) en una posición de acción funcional alta PA que actúa al nivel del menisco (9) del metal líquido en la lingotera, en la que el campo desliza en el mismo sentido en los inductores de un mismo par (10 u 11) y en sentido opuesto entre los dos pares (10 y 11), y recíprocamente;

- **y porque** durante el paso de una posición funcional a la otra se modifica la conexión de los inductores (10a..., 11b) en dicha alimentación eléctrica a fin de invertir el sentido de deslizamiento del campo magnético de sólo uno (10a) de los dos inductores de un mismo par (10) así como de éste (11b) entre los dos inductores del otro par (11), que es simétrico con respecto al eje de colada (A).

2. Método según la reivindicación 1 **caracterizado porque** durante el paso de la posición baja PB a la posición alta PA se invierte la conexión eléctrica de dos inductores (10a, 11b – 10b, 11a) dispuestos simétricamente con respecto al eje de colada (A) en dos pares diferentes (10 y 11) para generar un movimiento giratorio en el seno del metal líquido.

3. Método según la reivindicación 1 **caracterizado porque** durante el paso de la posición alta PA a la posición baja PB se invierte la conexión eléctrica de dos

inductores (10a, 11b – 10b, 11a) dispuestos simétricamente con respecto al eje de colada (A) en dos pares diferentes (10 y 11) a fin de generar un efecto de agitación en mismo sentido o a contracorriente de los chorros de metal que salen de las aberturas de la boquilla de colada.

5

4. Método según la reivindicación 3 **caracterizado porque** con el fin de generar un efecto en el mismo sentido de la corriente de los chorros se invierte la conexión eléctrica de los inductores (10a..., 11b) cuyo campo magnético que producían hasta allí deslizaba en un sentido que va de una cara pequeña (4) de la lingotera hacia la boquilla (5).

10

5. Método según la reivindicación 3 **caracterizado porque** con el fin de generar un efecto en contracorriente de los chorros se invierte la conexión eléctrica de los inductores (10a..., 11b) cuyo campo magnético que producían hasta allí deslizaba en un sentido que va de la boquilla (5) hacia una cara pequeña (4) de la lingotera.

15

6. Equipo de agitación electromagnética para una lingotera de colada continua de productos metálicos planos que comprende una batería (6) de al menos cuatro inductores lineales (10a, 10b, 11a, 11b) con un campo magnético deslizante y una alimentación eléctrica polifásica (7) conectada a cada inductor, **caracterizado porque** dicha alimentación está provista de un basculador de corriente (8) para al menos dos de dichos inductores (10a a 11b), y porque tiene además, por una parte, medios motorizados (12, 13, 14, 16) de montaje móvil de dicha batería de inductores (6) en la lingotera destinada a recibirla, siendo dichos medios aptos para permitir una traslación de dicha batería entre al menos dos posiciones funcionales PA y PB distantes una de otra en la altura de la lingotera.

20

25

7. Equipo de agitación electromagnética según la reivindicación 6 **caracterizado porque** las cabezas de las bobinas que forman los enrollamientos eléctricos de los inductores están replegadas hacia el exterior, al menos en lo relativo a las cabezas superiores.

30

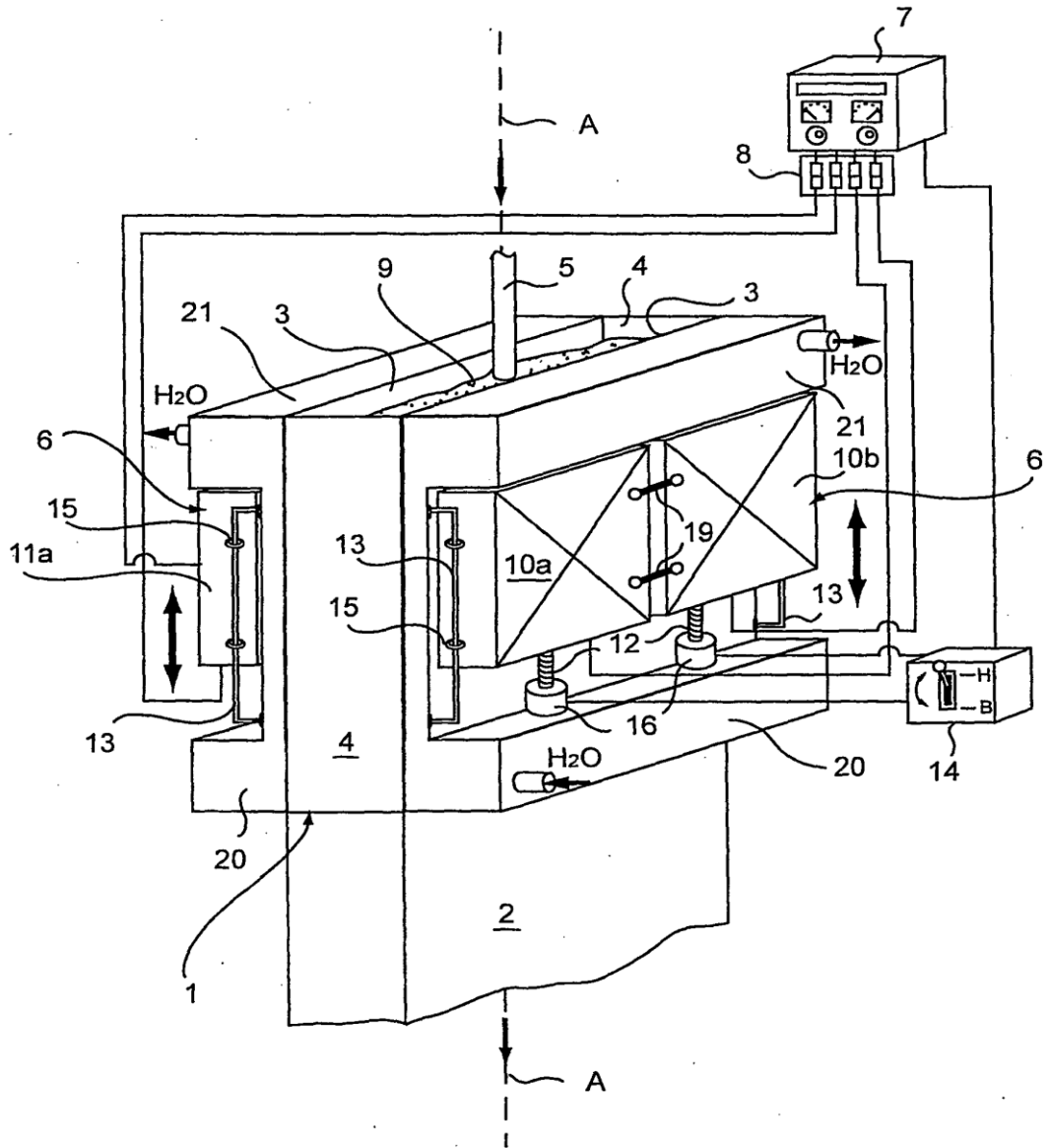


FIG. 1

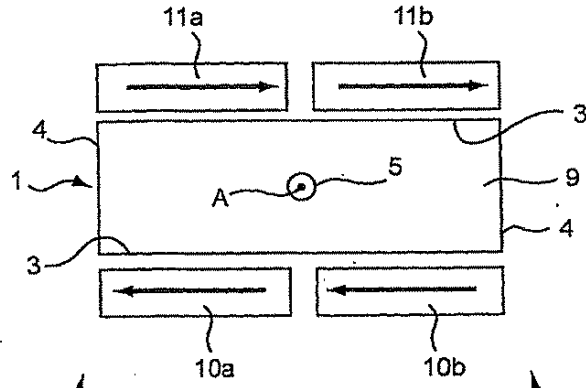


FIG. 4
(PA)

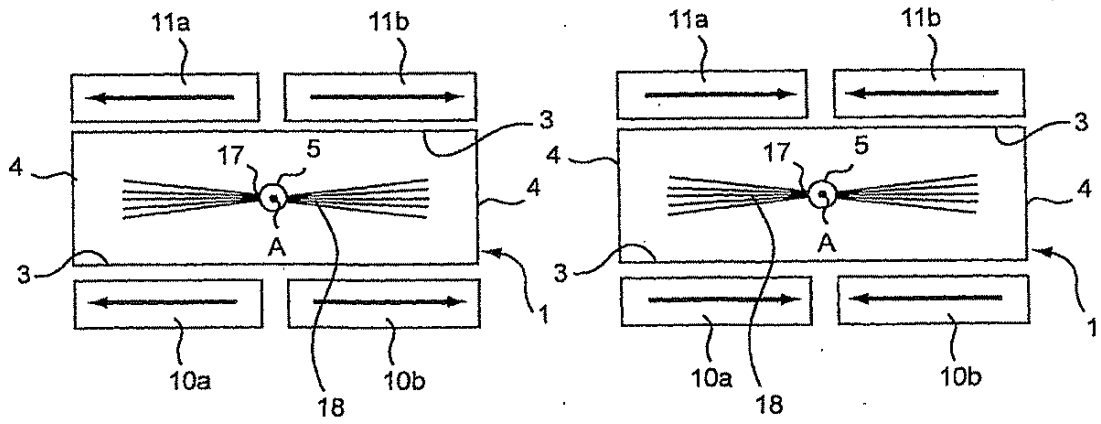
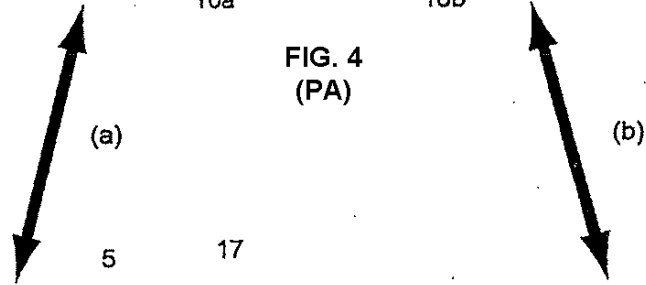


FIG. 5a
(PB)

FIG. 5b
(PB)