



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 103**

51 Int. Cl.:
B22D 11/115 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03776964 .3**

96 Fecha de presentación : **09.10.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1551580**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.07.2005**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el control de las coladas en una lingotera de colada continua de desbastes.**

30 Prioridad: **14.10.2002 FR 02 12706**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.05.2011

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

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

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 358 103 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).

DESCRIPCION

La presente invención se refiere a la colada continua de los metales, del acero en particular, en forma de desbastes, o de cualquier otro producto plano alargado análogo.

5 Se refiere más concretamente a la mejora de la calidad de los productos colados por un control de la configuración de los movimientos de convección del metal colado en el seno de la lingotera.

Definitivamente se admite hoy en día, sin por ello ser ya capaz de describir el vínculo de causalidad, que la manera en que se organizan los movimientos de convección del metal en fusión en lingotera es un factor que determina sobre la calidad de los productos obtenidos, tanto en lo que se refiere a la formación de una primera capa de solidificación bien homogénea y regular sobre el perímetro de la lingotera, que respecto a la limpieza superficial y subcutánea (incrustaciones de escoria, picaduras, ampollas, o nivel de limpieza inclusionaria interna).

10

Se sabe así mismo la importancia que toma a este respecto el desarrollo, a partir de su entrada en el espacio de colada, de los flujos de metal líquido que llegan a lingotera por los orificios de salida laterales de la boquilla sumergida que alimenta el sistema de metal que se debe colar.

15 Se citará a este respecto, entre otros, el artículo de P. H. Dauby, M. B. Assar y G. D. Lawson "*viaje en una lingotera de colada continua. Medidas láser y electromagnéticas de la hidrodinámica del acero*" aparecido en la Revista de Metalurgia, en abril de 2001; Vol. 4, pág. 353-356, NPL/EPO XP 008019071, y la publicación hecha por D. Gotthelf, P. Andrzejewski, E. Julius y H. Haubrich "*Mold flow monitoring-a tool to improve caster operation*" en la 3ª Conferencia Europea sobre la Colada Continua en Madrid (ESP) en 1998, p. 825-833 NPL/EPO XP 008019065.

20 Como lo destacan con exactitud estos documentos, hay globalmente tres tipos de vertido de acero líquido en la lingotera: la configuración "bucle simple" y la configuración "bucle doble" que son modos estables, y un vertido de tipo aleatorio, inestable, propio de los regímenes de transición en la operación de colada.

25 Este último se puede describir esquemáticamente como una alternancia errática de modos "bucle simple" y "bucle doble" procedente de disimetrías momentáneas e incontrolables de los vertidos entre los dos semiespacios de colada por una parte y otra de la boquilla debidas, en particular, a perturbaciones, incluso mínimas de energía, a nivel de los orificios de salidas de la boquilla, tal como, por ejemplo, las variaciones diferenciales en el caudal de argón antitaponado entre los dos orificios.

30 Por el contrario, los dos modos de vertido estables antes citados son ellos más explícitos. Se ilustran en las figuras 1A y 1B adjuntas al final de esta memoria. Estas figuras muestran el paso estabilizado de las trayectorias de las corrientes principales en un plan vertical que pasa por el eje de colada y paralelo a las dos grandes caras de una lingotera de colada continua de desbastes. El modo "bucle simple" (fig. 1A) se traduce esencialmente, tal como se ve, en el hecho de que los chorros de metal 1 se dirigen a partir de su salida de los orificios 2 de la boquilla 3 más bien hacia arriba en dirección de la superficie libre (o menisco) 4 del metal colado en lingotera. A este nivel, recorren la anchura del semiespacio de colada en el cual cada uno se desarrolla bordeando las grandes caras de la lingotera hasta alcanzar las pequeñas caras del extremo 5. Se recuerda si es preciso que estas pequeñas caras, denominadas también "caras de bucle" se montan al derecho en el extremo de las grandes caras con el fin de garantizar la continuidad de la periferia interior de la lingotera y en consecuencia la estanqueidad del espacio de colada. Llegados a la pequeña cara, se direcciona globalmente entonces cada chorro 1 hacia abajo en el sentido de la extracción del producto colado representado por la flecha vertical espesa en medio de la figura. Bien entendido, la cartografía precisa de las velocidades es más bien compleja. Muchas de las líneas de corriente, tal como 6, utilizan trayectorias más típicamente parabólicas debido al movimiento del conjunto de extracción hacia abajo, pero esquemáticamente es bien esta forma general en fuente la que brota hacia arriba que afecta a la mirada cuando se observa el modo "bucle simple" en un simulador o sobre maqueta.

35

40

45 En cambio, según el modo "bucle doble" (fig. 1B), cada chorro 1, que llega a lingotera por la boquilla 3, sale de los orificios 2 al horizontal en su conjunto y se propaga así hacia las pequeñas caras 5 dónde todo pasa como si el impacto compartía el chorro en dos corrientes, una corriente principal 8 reflexionada hacia abajo y una corriente secundaria 7 reflexionada hacia arriba en dirección del menisco 4, y a este nivel recorrer entonces el semiespacio de colada en el sentido contrario esta vez, de la pequeña cara 5 hacia la boquilla 3. Allí también, la cartografía real es más bien compleja, pero es bien esta imagen global en "alas de mariposa" la que señala al observador ante la pantalla de un modelador o delante una maqueta que funciona en modo "bucle doble".

50 El progreso de los conocimientos y el cúmulo de la experiencia permiten hoy saber bastante bien cuando y cómo, en función de los parámetros de colada pertinentes, se establecen de manera estable o casi estable uno u otro de los dos modos de vertido ya mencionados. Sin entrar en los detalles, lo que sería por otra parte inútil y superabundante para la comprensión de la invención, se puede decir simplemente que cuanto más desbastes de gran espesor se vierte, del mismo modo, más se vierte a velocidad de extracción baja, más se sitúa en el ámbito de la configuración "bucle simple", y al contrario para lo que se refiere a la configuración "bucle doble".

55

Es necesario decir que la explotación de la máquina de colada continúa sin tener en general a disposición los medios de conocer el modo de vertido estable del metal en el seno de su lingotera. Por otra parte, la mayoría de las

veces, es necesario reconocer que apenas se preocupa, puesto que en cualquier caso, no sabría ni podría intervenir sobre el formato colado o sobre la velocidad de extracción, los cuales son impuestos por la cartera de pedidos y el flujo de materia en el seno de la fábrica.

5 Se encuentra por lo tanto que los recientes trabajos del solicitante confirmaron, sino demostraron la existencia de vínculos de causalidad explícitos entre los defectos de los productos resultantes de la colada por una parte (versus la desaparición de estos defectos) y por otra parte la configuración de los movimientos de convección del metal líquido en lingotera. Así, se encuentra que no solamente los vertidos de tipo inestable serían la causa de los defectos de calidad observados, de lo que se podía dudar, sino también la configuración estable en modo "bucle simple".

10 También, la presente invención tiene como objetivo ofrecer al operador de la colada continua de desbastes una herramienta simple y potente, añadida a su máquina sin tener que reconsiderar su concepción, para permitirle estar indudablemente en modo "bucle doble" sin modificar de ningún modo el ajuste de los parámetros de la colada.

15 Con este objetivo a la vista, la invención tiene por objeto un procedimiento para el control de la configuración de los movimientos del metal líquido colado en una lingotera de colada continua de desbastes metálicos u otro producto plano similar, en particular, de acero, con ayuda de una boquilla sumergida dotada de orificios de salida laterales orientados en frente de pequeñas caras de la lingotera, pudiendo dicha configuración estar en modo "bucle simple" o "bucle doble" o "inestable", procedimiento según el cual se emplea, a nivel de los orificios de la boquilla sumergida, campos magnéticos deslizantes horizontalmente por medio de inductores dispuestos en frente de al menos una gran cara de la lingotera por una y otra parte de la boquilla, y caracterizado porque se hace actuar dichos campos magnéticos deslizantes hacia el exterior, en el sentido que va desde la boquilla hacia cada pequeña cara, y porque se hace actuar durante toda la operación de colada de manera a instalar una configuración permanente estabilizada en modo "bucle doble".

20 De acuerdo con la invención, se aplican campos magnéticos deslizantes horizontalmente hacia el exterior, en el sentido que va desde la boquilla hacia cada pequeña cara, por medio de inductores dispuestos en frente de al menos una gran cara de la lingotera por una y otra parte la boquilla.

25 Según una aplicación, se hace actuar los campos magnéticos deslizantes durante toda la operación de colada.

Según otra aplicación, se hace actuar los campos magnéticos deslizantes solamente si la configuración de los movimientos no está naturalmente ya en modo "bucle doble".

30 Complementariamente, si la configuración está ya naturalmente en modo "bucle doble", se hacen actuar campos magnéticos deslizantes horizontalmente por medio de inductores dispuestos en frente de al menos una gran cara de la lingotera por una y otra parte la boquilla de acuerdo con la variante de realización preferida aclarada anteriormente, pero se regulan dichos inductores con el fin de que los campos producidos por cada uno de ellos deslicen todos en el mismo sentido para imprimir al metal líquido en la lingotera un movimiento del conjunto de rotación alrededor del eje de colada.

35 Tal como ya queda entendido, la invención hace uso de un medio bien conocido y, se puede decir, disponible desde hace tiempo en el comercio, el campo magnético móvil producido por un inductor lineal estático polifásico, para actuar dinámicamente sobre el metal líquido en el seno de la lingotera con el fin de instaurar un modo de colada en "bucle doble", o de estabilizarlo si está ya naturalmente presente.

40 Las primeras aplicaciones de la magnetohidrodinámica (o MHD) a la colada continua de los metales datan ahora de alrededor treinta años y su éxito no ha sido nunca desmentido hasta ahora. Al contrario, progresos continuos jalonan su historia. Las primeras descripciones se refieren a las etapas de la máquina de colada bajo la lingotera, en particular la zona de enfriamiento secundario debido a la ausencia del efecto de pantalla magnética que opondría sino las paredes en cobre de la lingotera. Pero, bien rápidamente, aparecieron alimentaciones en corriente eléctrica polifásicas de tiristores que permitieron trabajar con frecuencias de corriente excitadora bajas, es decir inferior a 10 Hz, de modo que, habida cuenta las potencias disponibles, el efecto de pantalla residual que podían aún oponer las paredes de cobre no representan más un obstáculo para la aplicación de la MHD en la propia lingotera.

45 Algunas aplicaciones en lingotera múltiples y variadas se le confiaron así, que van, para esquematizar, de la simple puesta en movimiento del metal, en rotación alrededor del eje de colada por ejemplo, a su aceleración o su frenado en la dirección de las coladas que tiene ya naturalmente o a los cambios impuestos de dirección. Se le dedicaron numerosos documentos publicados (obras, artículos, patentes). Se citará simplemente aquí, para simple referencia histórica, la patente francesa nº 2.187.465 (IRSID) que data del 1972 y que ya describe una mezcla que remonta a lo largo de las paredes por acción sobre el metal de un campo magnético deslizante verticalmente. Se proponía así favorecer una estructura de solidificación de tipo equiaxial a partir de la lingotera, así como la mejora de la limpieza subcutánea mediante un lavado del frente de solidificación por las corrientes ascendentes de metal líquido que se llevan con ellos las burbujas de gas formadas in situ y las inclusiones no metálicas hasta el menisco en que se fijan por la escoria de cobertura que sobrenada.

55 Se citará también, más cerca de nosotros, la solicitud de patente europea publicada en enero de 2002 bajo el nº 1.166.621 (NKK Corp.) que describe como conseguir el control de la configuración "bucle simple" o "bucle doble" de

las coladas del metal colado en una lingotera de colada continua de desbastes por una boquilla sumergida dotada de orificios de salida lateral giradas en frente de pequeñas caras de la lingotera, empleando para ello, a nivel de los orificios de la boquilla sumergida, campos magnéticos deslizantes horizontalmente producidos por inductores dispuestos en frente de al menos una gran cara de la lingotera en una parte y otra de la boquilla.

5 Del mismo modo, se citará, y porque la solicitud en cuestión se aleja poco de la de la invención, incluso complementaria, la solicitud de patente europea publicada bajo el nº 0.550.785 (NKK corp.). Este documento propone en efecto, la utilización de campos magnéticos deslizantes hacia el interior, es decir, pequeñas caras hacia la boquilla, para frenar los chorros de metal líquido que sale de los orificios con el fin de moderar el vigor de los movimientos en "bucle doble" cuando las velocidades medidas al menisco se consideran demasiado elevadas.

10 Del mismo modo, la misma solicitud de patente europea publicada bajo el nº 0.151.648 (KSC) describe, las elecciones posibles entre una mezcla vertical del metal en lingotera con la ayuda de campos magnéticos deslizantes verticalmente hacia arriba para mejorar la limpieza de superficie del producto colado, y una mezcla horizontal con la ayuda de campos móviles horizontalmente para mejorar entonces la limpieza inclusionaria subcutánea por un efecto de lavado del frente de solidificación. En ese caso, se aconseja, por otra parte, regular los distintos inductores entre sí de modo que los campos deslizantes, que cada uno produce individualmente independientemente de los otros, generan un efecto de conjunto que es preferentemente un movimiento de convección rotativo del metal alrededor del eje de la lingotera. Se sugiere también que campos deslizantes horizontalmente hacia el interior, en sentido opuesto de los chorros procedentes de la boquilla, por lo tanto pequeñas caras hacia la boquilla, serán favorables para la obtención de una limpieza inclusionaria situada en el fondo bajo la piel solidificada. En cambio, campos deslizantes horizontalmente hacia el exterior serán de por sí favorables, al igual que ya lo eran los campos deslizantes que remontan de la patente francesa del 1972 ya mencionada, a un lavado del frente de solidificación con el fin de quitarlo, en el lugar de la acción del campo, de las inclusiones no metálicas así como las burbujas de CO gaseoso formadas por la solidificación el metal.

25 Por otra parte, se habrá tenido en cuenta que este modo operativo de aplicación de campos magnéticos deslizantes horizontalmente hacia el exterior y que actúan en altura a nivel de los orificios de la boquilla sobre los chorros de metal que entran se inscribe a semejanza de una variante preferida de lo que la invención propone hacer sistemáticamente durante toda la colada, pero, en este caso, para imponer un modo de circulación estable en "bucle doble" movimientos de convección del metal en fusión en el seno de la lingotera.

30 En cualquier caso, la invención será bien comprendida y otros aspectos y ventajas aparecerán más claramente habida cuenta la descripción que se presenta a continuación, a título de ejemplo, en referencia a las placas de dibujos anexos en los cuales:

- las figuras 1A y 1B muestran, se recuerda, vista de frente y en elevación en un plano mediano vertical axial que pasa por los orificios de salida lateral de una boquilla sumergida y paralela a las grandes caras de la lingotera, la forma general de las trayectorias de las corrientes de convección del metal líquido en el seno de la lingotera, respectivamente en el caso de un modo "bucle simple" (1A) y en el caso de un modo "bucle doble" (1B);
- 35 - la figura 2 es un gráfico estadístico establecido a partir de una compilación de datos reales y que permite determinar en función de los parámetros de colada que son la velocidad de colada en abscisas y la anchura del desbaste colado en ordenadas, las zonas de funcionamiento naturalmente estable en "bucle simple" - zona S - y en "bucle doble" - zona D -. Los triángulos son sucesos de tipo "bucle simple"; los rombos son sucesos de tipo "bucle doble". Por razones de claridad, los datos correspondientes a sucesos naturalmente inestables, que oscilan aleatoriamente de un modo S a D o de D a S no se han presentado.
- 40 - la figura 3 es una vista esquemática general de lo que es una lingotera de colada continua de desbastes equipada de los medios de la invención;
- la figura 4 es una vista similar a la de la figura 3 pero que muestra un poco más en detalle la tecnología de los inductores lineales de campo deslizante utilizables;
- 45 - la figura 5 es un esquema de principio, que muestra vista desde arriba de la lingotera el modo de acción de los inductores de campo deslizante aplicado según la invención;
- la figura 6 muestra, viniendo de una simulación informática por modelo de cálculo, tres pares de esquemas A, B, C, dispuestos los unos por encima de otros, y representando cada uno las características de los movimientos de convección en el seno de una lingotera de desbastes con distintos valores de la intensidad de los campos magnéticos deslizantes aplicados de acuerdo con la invención.

50 En las figuras, los mismos elementos se designan bajo referencias numéricas idénticas.

Las figuras 1A y 1B que ya sirvieron para ilustrar las definiciones dadas en la parte de introducción de la presente memoria de lo que es necesario entender con las palabras de "bucle simple" y "bucle doble" en el contexto de la invención.

En la figura 2, a la cual se refiere ahora, las zonas S y D, correspondientes respectivamente a los dos tipos de recirculación natural estables “bucle simple” y “bucle doble”, son separadas por una línea doble P de líneas discontinuas ligeramente oblicuos con respecto a la vertical. Esta línea de separación P permite darse cuenta fácilmente que el modo de recirculación natural en “bucle doble”, zona D, se reserva más bien a las elevadas velocidades de colada, es decir superior a 1,4 m/min, y esto cualquiera que sea la anchura de la banda colada, mientras que por debajo de 1,2 m/min aproximadamente, se sitúa casi sistemáticamente en la zona S del “bucle simple”. Entre las dos, basta una pequeña modificación del formato de los productos colados, en este caso de 1/10^a aproximadamente, para pasar de un modo a otro. Del mismo modo, para las anchuras coladas clásicas, que van de 1200 a 2100 mm aproximadamente, se puede fácilmente oscilar de un modo “bucle doble” a un modo “bucle simple” simplemente bajo la influencia de un cambio relativamente mínimo de la velocidad de colada en el intervalo habitual de 1,2 a 1,4 m/min. En cualquier caso, se ve que a la velocidad habitual de 1,3 m/min, el pivote sobre la anchura del producto es de 1500 mm. Por debajo, se permanece en “bucle doble”, por encima, se pasa rápidamente a “bucle simple”. La línea punteada de forma general hiperbólica R representa, en si misma, una colada de referencia con un caudal de metal constante de 4,6 toneladas/min, (producido entre la sección colada y la velocidad de colada si se admite que el nivel en altura del menisco oscila poco en torno de un valor fijo durante la colada).

Se tendrá en cuenta que la línea de separación P vuelve a ponerse hacia la izquierda, ampliando la zona del “bucle doble” cuando la profundidad de inmersión de la boquilla aumenta o, si se utiliza un burbujeo al argón para evitar los riesgos de taponado de la boquilla (coladas de gama baja o de muy bajo carbono calmadas al aluminio por ejemplo), cuando el caudal de argón baja.

Se habrá comprendido, que en resumen, la aplicación de la invención consiste en realidad en hacer desaparecer la línea P trasladándola hacia la izquierda hasta su evicción del diagrama.

A tal efecto, los medios de aplicación de la invención son los ilustrados en la figura 3 en primer lugar. Sobre esta figura, se ve una lingotera 18 para la colada de desbastes de acero 9 constituida esencialmente de dos pares de placas de cobre, o de aleación de cobre, vigorosamente enfriadas por circulación de agua de enfriamiento: un par de grandes placas en frente una a la otra a una distancia que define el espesor del desbaste: son grandes caras; y un par de pequeñas placas, montadas de manera estanca a la derecha del extremo de las grandes placas con el fin de garantizar la continuidad del perímetro interior de la lingotera que define el espacio de colada. Estas placas de cierre lateral del espacio de colada son las pequeñas caras. Están, por regla general, montadas móviles en translación y su posición entre las grandes placas más o menos avanzada hacia el centro es entonces un medio de ajuste de la anchura del desbaste colado.

La lingotera se alimenta de metal fresco por una boquilla sumergida 3 centrada sobre el eje de colada A y cuyo extremo alto se une de manera estanca a la apertura realizada en el fondo de un repartidor no representado. Como ya se vio en las figuras el 1A y 1B, el extremo inferior libre de la boquilla está provisto de orificios de salida lateral, diametralmente opuestos, y se hunde en la lingotera a una profundidad ajustada (alrededor de una cuarentena de centímetros por debajo del borde superior de las placas de cobre), con una orientación angular regulada para que cada orificio esté girado respecto a una pequeña cara 5 de la lingotera.

Los medios para la aplicación de la invención son bien visibles en posición de trabajo en la figura 3. Están constituidos por una unidad electromagnética 10 conectada a una alimentación eléctrica polifásica 11, preferentemente trifásica.

La alimentación de potencia 11 es de tiristores con el fin de poder hacer variar la frecuencia de la corriente actuando sobre el conmutador rotativo 12 en fachada. Otro botón conmutador rotativo 13 le permite regular la intensidad de la corriente.

La unidad electromagnética está formada por cuatro inductores lineales, preferentemente idénticos, de tipo estator plano de motor asincrónico. Para lo que sigue, se referirá conjuntamente a las figuras 3, 4 y 5 con el fin de tener un enfoque más completo de los medios aplicados para la realización de la invención. Estos inductores se reagrupan por pares, un par de inductores 14, 14' (y 15, 15') por gran cara de la lingotera. Los dos inductores de un mismo par, por ejemplo el par 14, 14', se montan sobre la misma gran cara, pero por una y otra parte la boquilla 3 en posición relativa preferentemente simétrica. Estos dos inductores 14, 14' pueden ser independientes uno del otro mecánica y eléctricamente. Se conectan sin embargo a la alimentación 11 que controla su funcionamiento magnético de manera coordinada con el fin de que cada uno produce un campo magnético deslizando horizontalmente hacia el exterior de la lingotera, es decir, en un sentido que va de la boquilla 3 hacia las pequeñas caras de extremo 5. Los máximos de cada campo no tienen tampoco necesidad de estar en cada momento situados a lo largo del inductor a igual distancia de la boquilla. Importa solamente que los enrollamientos eléctricos constitutivos de cada inductor, que éste sea del tipo “de polos magnéticos salientes” así pues bobinados, o del tipo “de polos distribuidos”, sean ellos mismos polifásicos y compatibles sobre este plan con la alimentación 11 de manera para poder estar cada uno unido a los terminales de esta alimentación en un orden de fases secuencial adecuado que garantiza el deslizamiento del campo en el sentido “hacia el exterior” deseado.

Se recuerda si es preciso que si el deslizamiento del campo magnético es paralelo a la cara a la que el inductor se aplica, el campo mismo, generado por este inductor, es globalmente perpendicular al plano de esta cara. En

5 cualquier caso, se sabe que es el componente perpendicular a esta cara que es la única activa en la producción de energía útil en forma de una fuerza de arrastre del metal en el sentido del deslizamiento del campo. Por lo tanto, se tiene la ventaja, con el fin de maximizar el rendimiento energético de la operación, de disponer de inductores cuyas líneas de fuerza de los campos producidos son ortogonales al plano de las caras y que se propagan así lo más lejos posible al interior del metal que se debe colar.

10 Esta es la razón por la que, por otra parte, por regla general, se añade un segundo par de inductores, tal como 15, 15' en frente sobre la otra gran cara de la lingotera. La alimentación 11 alimenta entonces estos inductores añadidos en oposición de fase con respecto a los inductores 14, 14' en frente tomados en este orden, de modo que los campos producidos por dos inductores en frente el uno del otros sobre las dos caras opuestas lingotera, en este caso 14 y 15, o 14' y 15', están en el mismo sentido y en consecuencia se añaden para, en cualquier punto del espacio del entrehierro así formado, para constituir un campo magnético que atraviesa el producto colado de parte en parte, y cuya ventaja se sabe con respecto a un campo longitudinal puesto que la intensidad en el centro del producto es apenas más baja que en la proximidad de los inductores.

15 En cualquier caso, el esquema de la figura 5 pone de manifiesto claramente que de acuerdo con la invención, cuando se aplican los campos magnéticos deslizantes para instaurar un modo "bucle doble", o para estabilizarlo cuando se encuentra ya naturalmente, el sentido de deslizamiento es el mismo para todos los inductores que actúan en un mismo semiespacio de colada (izquierda o derecha), y en cada semiespacio el sentido de deslizamiento va hacia el exterior de la lingotera, es decir, de la boquilla 3 hacia las pequeñas caras de extremo 5.

20 La figura 4 permite ofrecer una vista un poco más detallada de una realización tecnológica de los inductores. Están montados, como se ven, en la cámara de agua de enfriamiento superior 16 de la lingotera (dibujada en líneas finas) con el fin de beneficiarse del efecto de enfriamiento, y también para poder acercar las caras activas polares 17 lo más cerca posible al metal colado. Se ve también que cada inductor lleva nervios aparentes 19, 19', 20, destinados a garantizar las fijaciones y alineaciones necesarios entre sí y a regular su posición en altura por llevar en ranuras soporte correspondientes en la estructura portadora de la máquina de colado (no representada). Se tendrán en cuenta la forma biselada de las caras activas 17, con el fin de ser menos expuestas durante las mantenuciones, pero también con el fin de concentrar un poco más las líneas de fuerza del campo magnético producido sobre una distancia en altura más reducida.

25 La aplicación de tal equipamiento electromagnético permite el control de los movimientos de convección del metal en el seno de la lingotera de acuerdo con la invención, y la figura 6 a la cual se refiere ahora, ilustra bien el beneficio derivado de este control.

30 Cada esquema A, B, o C presenta, en su ventana de izquierda, las trayectorias de las líneas de corriente de convección del metal elegido arbitrariamente en el semiespacio derecho de colada de una lingotera de desbastes, contenido en abscisas L entre el eje de colada A y la pequeña cara de extremo 5, y se desarrollan sobre la altura h de la lingotera desde el menisco 4 (ordenada 0) hasta una profundidad de 70 cm. El gráfico asociado a la derecha da en ordenadas los valores correspondientes de la velocidad "s" del metal a nivel del menisco 4 en la línea de medida mediana que une el orificio de salida 2 de la boquilla a la pequeña cara de extremo opuesto 5 colocada en abscisas. Esta velocidad 20 se cuenta algebraicamente, con una señal positiva cuando el sentido de las corrientes va de la boquilla hacia la pequeña cara y en consecuencia negativamente en el sentido contrario.

35 Por otra parte, cualquier cosa en las mismas condiciones, cada par es representativo de un valor diferente de la intensidad del campo magnético que actúa. El par A se asocia a un campo nulo ($i = 0$ A), por lo tanto, ilustra la situación antes de la aplicación de la invención. El par B se asocia a un valor de intensidad de campo magnético medio, correspondiente a una corriente excitadora de los enrollamientos inductivos de intensidad eficaz i de 250 A. El par C ilustra la situación cuando el campo magnético aplicado se produce bajo una intensidad de corriente i de 450 A.

40 Tal como se ve en A, en el estado natural, en el ejemplo en cuestión, la configuración es del tipo "bucle simple". El chorro, que sale del orificio 2, sigue una trayectoria principal 1 trazada en líneas oscuras que está a poco más o menos de la que se encuentra en la figura 1A. Por lo tanto, no se describirá de nuevo aquí. Se tendrá en cuenta sin embargo la presencia en la proximidad inmediata de la boquilla de un pequeño rodillo 21 que gira en contrasentido. Este fenómeno local nace debido a que la corriente principal 1 remonta ciertamente hacia el menisco después de la salida del chorro de metal fuera del orificio 2, pero esta remontada no es, por supuesto, ni inmediata ni perfectamente vertical, de modo que se cree inevitablemente recirculaciones locales en contrasentido en las zonas hidráulicamente "muertas" contra la boquilla. Se ve, por otra parte, claramente en el diagrama asociado de las velocidades al menisco dónde la inversión de las velocidades se opera en un punto M a la cuota de abscisa 0,5 m del eje de colada que corresponde al extremo del rodillo 21. A la izquierda de este punto de inversión M, el metal circula al menisco en el sentido "pequeña cara hacia boquilla", mientras que circula de la boquilla hacia la pequeña cara a la derecha del punto M, con una intensidad, por otra parte, sensiblemente más elevada por término medio. Esta curva de velocidad se reproduce sobre los dos diagramas restantes con el fin de servir de comparación.

45 Cuando se activan los inductores bajo una corriente de excitación de 250 Amperios eficaces sobre los 500 disponibles que ofrece el equipo en cuestión, el esquema B pone de manifiesto que nada pasa de significativamente diferente con respecto a la situación anterior. Se tendrá en cuenta sin embargo, sobre el diagrama de las velocidades

una ligera flexión del pico de velocidad positiva (región del menisco a la derecha del punto de inversión M), por lo tanto un ligero desplazamiento de este punto M hacia la pequeña cara 5, lo que expresa en realidad un cebo a favor de la instauración del modo de circulación "bucle doble" buscado.

5 Este modo "bucle doble" en efecto se obtiene plenamente con una intensidad de la corriente excitadora de los inductores de 450 A ef., tal como lo muestra el esquema C. En efecto, el punto de inversión esta vez está completamente desaparecido para dejar lugar a un perfil de valores negativos a lo largo del menisco. Se ve en la ventana de la izquierda que esto se traduce, además de la transformación de la línea de corriente principal 1 remontando en una línea 8 continuamente descendente, por la aparición de un bucle de recirculación superior 7 que trae una fracción del chorro de metal fresco colado, remontando a lo largo de la pequeña cara, de ésta hasta la boquilla 3 y que, a poco más o menos, se puede calcar sobre la configuración en "bucle doble " que se encuentra en la figura 1B.

10 Por lo tanto, se ve en este ejemplo cómo la aplicación de la invención permite instaurar muy simplemente un modo de circulación "bucle doble" al metal colado en una lingotera que naturalmente era la sede de una circulación en modo "bucle simple".

15 Habría sido así mismo, si la situación natural hubiera sido un régimen de tipo inestable.

20 Si la situación de origen ya había sido en modo "bucle doble", la invención lo habría estabilizado. En tal caso, no se debe de ninguna manera temer que la invención conduzca a movimientos de convección demasiado vigorosos a nivel del menisco, dónde se sabe que son entonces perjudiciales a la calidad buscada del producto colado obtenido. En efecto, el principio mismo del funcionamiento de los inductores planos polifásicos de campo deslizante es el del motor asincrónico: es el diferencial de velocidades entre el campo magnético deslizante y la corriente de metal líquido, sobre la cual actúa para implicarlo en su desplazamiento, que determina precisamente la fuerza de arrastre del metal. Mientras que la velocidad de deslizamiento del campo es superior a la de la convección del metal, hay efecto de arrastre del metal por el campo. Pero, este efecto de arrastre, es tanto menos potente que la velocidad de circulación del metal se acerca a la de desplazamiento del campo magnético, y el efecto se vuelve por principio nulo si estas dos velocidades son iguales o se igualan.

25 En resumen, si el método natural de circulación del metal en fusión en el seno de la lingotera ya es en "bucle doble", la aplicación de la invención tendrá la ventaja de estabilizarlo, regularizarlo, o incluso moderarlo si es preciso. Basta en efecto para ello con intervenir sobre la regulación de la frecuencia de la corriente excitadora. Para un paso polar dado del inductor, la velocidad de deslizamiento del campo magnético móvil que genera es en efecto, como es sabido, proporcional a la frecuencia de pulsación del campo, por lo tanto, de la corriente eléctrica que lo produce recorriendo los enrollamientos del inductor. En consecuencia, la invención permitirá si es preciso calmar automáticamente un bucle de recirculación al menisco demasiado vigoroso, eligiendo una frecuencia de la corriente excitadora tal que la velocidad de desplazamiento de los campos sea inferior a la de la corriente de metal en el menisco.

30 Dicho de otro modo, se regula la intensidad del campo magnético por la elección de la intensidad de la corriente excitadora; se regula su velocidad de deslizamiento mediante la frecuencia de esta corriente; y se regula el sentido del deslizamiento del campo por una conexión ad hoc de los enrollamientos del inductor a las fases de la alimentación eléctrica. Esto no es nada más que lo que el experto en la técnica, que utiliza los medios del M. H. D, sobre su máquina de colada, ya sabe de manera habitual y desde hace tiempo. Se expresan allí una vez más la simplicidad y la madurez de la herramienta que pone la invención a disposición del operador para realizar su aplicación industrial.

35 Dicho esto, es totalmente posible, en el marco de la invención, de no hacer actuar los campos magnéticos que si la configuración de los movimientos de convección no es ya naturalmente de tipo "bucle doble". La figura 2 constituye a este respecto una preciosa ayuda gráfica que permitirá fácilmente al operador saber al principio si se sitúa naturalmente, o si tiene buenas oportunidades de situarse ya, en una configuración simple o bucle doble.

45 Del mismo modo, si la configuración está ya naturalmente en modo "bucle doble" estable, se puede optar muy bien por una variante particular de aplicación de la invención que consiste en aplicar, no más los campos deslizantes para la promoción de un régimen "bucle doble", pero de otros campos deslizantes que ellos mismos se desplazan en el mismo sentido sobre cada cara de la lingotera, pero en sentidos opuestos sobre las dos caras en frente. Así, se encontrará en un sistema de campos magnéticos móviles denominados longitudinales y no transversales, cuyo efecto del conjunto sobre el metal se traducirá en un movimiento global de rotación del metal en alrededor del eje de colada. Para este hecho, el equipo electromagnético sigue siendo exactamente el mismo. Basta simplemente con modificar en consecuencia el orden de conexión de los enrollamientos inductivos de cada inductor 14, 14', 15 y 15' a los terminales de la alimentación polifásica 11. Por lo demás, esta variante de realización permitirá también si es preciso calmar automáticamente un bucle de recirculación al menisco demasiado vigoroso, al elegir allí también una frecuencia de la corriente excitadora tal que la velocidad de desplazamiento de los campos sea inferior a la de la corriente de metal en el menisco.

Por supuesto que la invención no podría limitarse a los ejemplos aclarados en la presente memoria, sino se extiende a múltiples variantes o equivalentes en la medida en que se respeta su definición dada por las reivindicaciones adjuntas.

5 Por ejemplo, se puede promover el modo "bucle doble" con campos magnéticos deslizantes que actúan, no sobre la o las grandes caras de la lingotera, sino sobre las pequeñas caras de extremo. El inductor que se debe utilizar para crear cada campo que actúa podrá ser el mismo que anteriormente. Pero, se deberán haber colocado sobre la pequeña cara en altura a un nivel que corresponde a grosso modo al intervalo que separa el menisco de la proyección horizontal sobre la pequeña cara del orificio de la boquilla abierta en frente, y se orienta diferentemente con el fin de producir un campo deslizante vertical. Por otra parte, la conexión de sus enrollamientos en las fases sobre la alimentación eléctrica se deberá realizar para garantizar un desplazamiento del campo de la parte baja hacia arriba.

10

REIVINDICACIONES

5 1.- Procedimiento para el control de la configuración de las coladas de un metal colado en una lingotera de colada continua de desbastes metálicos u otros productos planos similares especialmente de acero, con la ayuda de una boquilla sumergida dotada de orificios de salida lateral girada en frente de las pequeñas caras de la lingotera, pudiendo dicha configuración estar naturalmente en modo "bucle simple" o "doble bucle", o también "inestable", procedimiento según el cual se aplica, a nivel de los orificios (2) de la boquilla sumergida (3), campos magnéticos deslizantes horizontalmente por medio de inductores (14, 14'; 15, 15') dispuestos en frente de al menos una gran cara de la lingotera de parte y de otra de la boquilla, y caracterizado porque se hace actuar dichos campos magnéticos deslizantes hacia el exterior, en el sentido que va desde la boquilla (3) hacia cada pequeña cara (5), y porque se hace actuar durante toda la operación de colada de manera a instalar una configuración permanente estabilizada en modo "bucle doble".

10 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se aplica dicho campo magnético deslizante únicamente si la configuración de las coladas del metal colado en la lingotera no está naturalmente en modo "bucle doble".

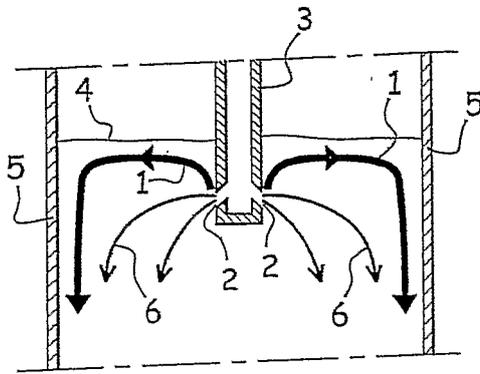


Fig. 1A

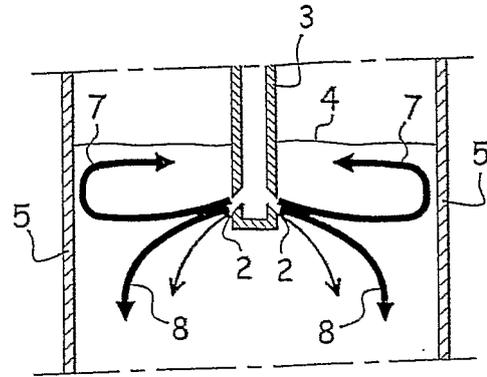


Fig. 1B

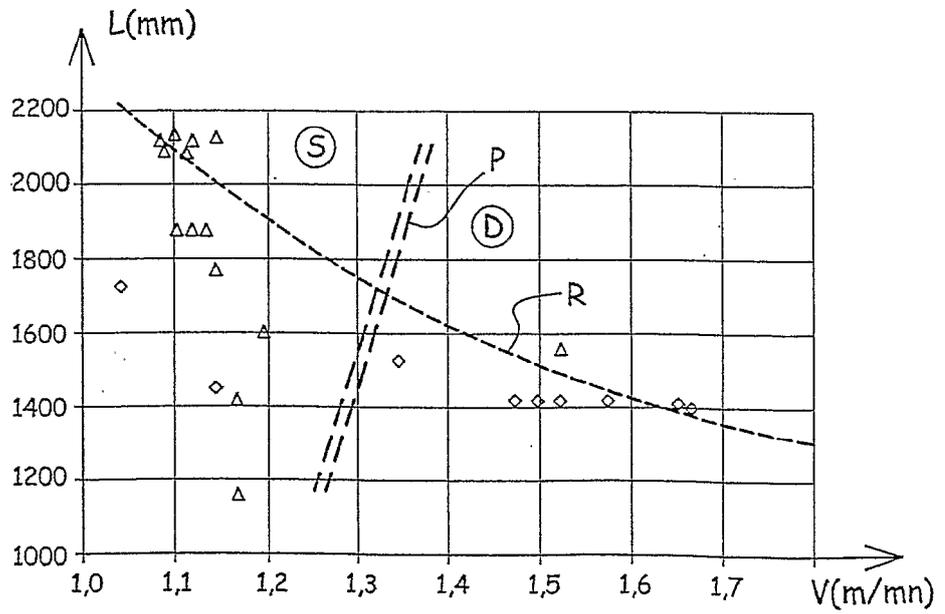


Fig. 2

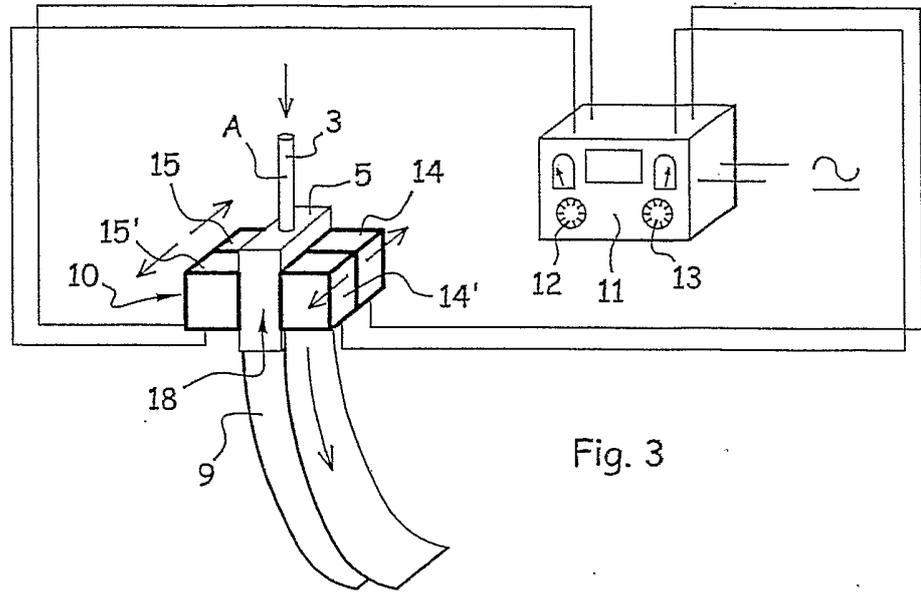


Fig. 3

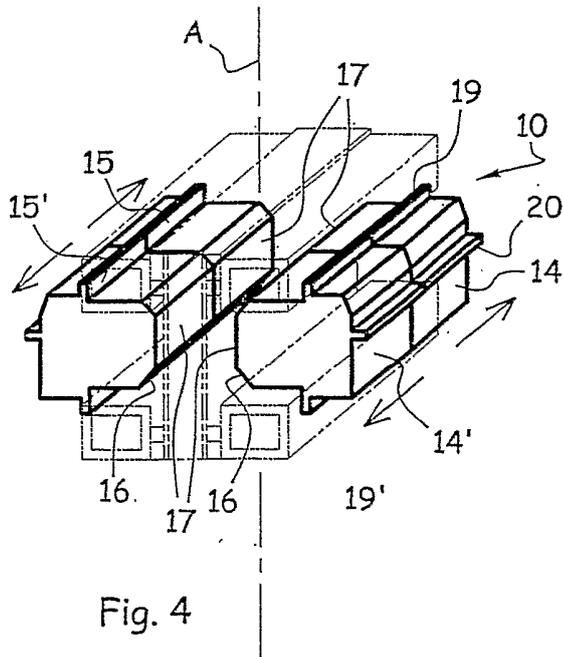


Fig. 4

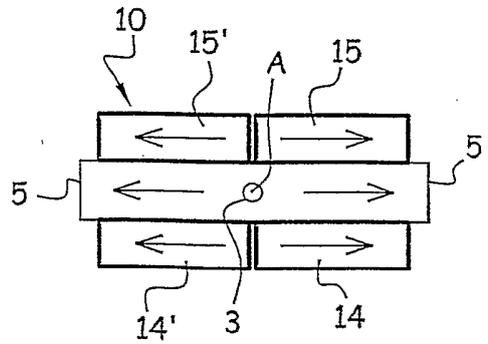


Fig. 5

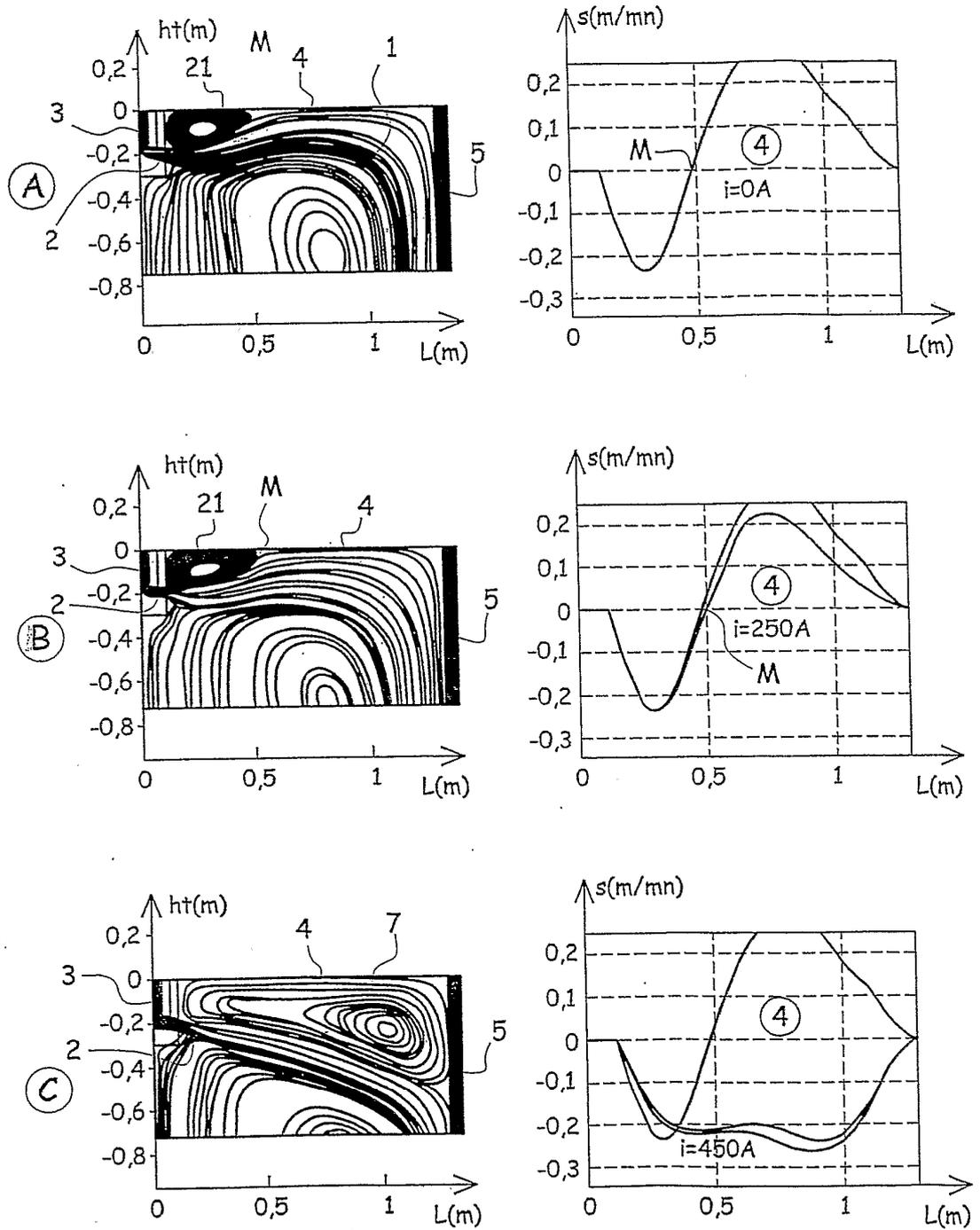


Fig. 6