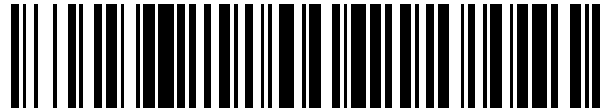


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 480 466**

51 Int. Cl.:

**B22D 11/115** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2007 E 07769035 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.05.2014 EP 2038081**

54 Título: **Método y aparato para controlar el flujo de acero fundido en un molde**

30 Prioridad:

**06.07.2006 US 818527 P**

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

**28.07.2014**

73 Titular/es:

**ABB AB (100.0%)  
KOPPARBERG SVÄGEN 2  
721 83 VÄSTERAS, SE**

72 Inventor/es:

**LEHMAN, ANDERS;  
HACKL, HELMUT;  
ERIKSSON, JAN-ERIK y  
SJÖDÉN, OLOF**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 480 466 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

Método y aparato para controlar el flujo de acero fundido en un molde

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para controlar un flujo de acero fundido en un molde usando una máquina de colada continua de planchones, y a un método para producir un planchón utilizando el método y el aparato de control de flujo.

Técnica anterior

10 Uno de los factores de calidad requeridos para producir un producto colado con una máquina de colada continua de planchones es una cantidad reducida de inclusiones atrapadas en la capa superficial del producto colado. Tales inclusiones a ser atrapadas en la capa superficial del producto fundido son, por ejemplo:

(1) productos de desoxidación que se producen en una etapa de desoxidación usando aluminio y similares y que quedan suspendidos en acero fundido;

(2) burbujas de gas argón sopladas en acero fundido en una artesa o sopladas a través de una tobera de inmersión;

15 (3) inclusiones que se producen con polvo de molde rociado sobre una superficie de baño de acero fundido y arrastrado hasta el acero fundido en forma de sustancias en suspensión.

20 Cualquiera de estas inclusiones produce defectos en la superficie de productos de acero, por lo que es importante reducir cualquier tipo de inclusión. Como medio para reducir, por ejemplo, productos de desoxidación y burbujas de gas argón entre las inclusiones antes descritas, existen procesos utilizados tradicionalmente del tipo que evita el atrapamiento de inclusiones haciendo que el acero fundido que está dentro del molde sea accionado para moverse en la dirección horizontal, y por ello se imparte una velocidad de acero fundido a la superficie del acero fundido para limpiar una superficie solidificada. Un proceso práctico de aplicación de un campo magnético para hacer girar el acero fundido dentro del molde en la dirección horizontal se lleva a cabo de manera que se accione el campo magnético que se mueve horizontalmente a lo largo de las direcciones de los lados largos del molde para moverse en las direcciones opuestas entre sí a lo largo de las superficies laterales largas opuestas a fin de inducir un flujo de acero fundido que actúe para girar en la dirección horizontal a lo largo de la superficie solidificada. En este documento, el proceso de aplicación se refiere a diferentes modos de agitación, ver varias descripciones a continuación, tales como "EMDC", "modo EMDC", o "aplicación del campo magnético en modo EMDC" en combinación con "EMLA", "modo EMLA", "aplicación del campo magnético en modo EMLA" y / o "EMRS", "modo EMRS", "aplicación del campo magnético en modo EMRS".

35 La tecnología de frenado de corriente continua electromagnética, EMDC, con el agitador en una posición inferior en el molde, es, con mucho, la tecnología generalmente más predominante y, por tanto, también será posible fijar la frecuencia hasta llegar a cero y ajustar el ángulo de fase para la densidad de flujo magnético más alta en el molde. La tecnología de corriente continua tiene muchas ventajas en general, tales como estabilidad y autorregulación, es decir, si la velocidad de flujo es mayor en un lado, la fuerza de frenado también será mayor. En comparación con una frecuencia muy baja de 1 Hz o menos, el campo magnético CC, en la parte inferior del molde, puede ofrecer un control de frenado más estable del flujo de fluido en el molde.

40 Cuando funciona en el modo de aceleración de nivel electromagnético, EMLA, con el agitador en una posición inferior en el molde, la velocidad de flujo hacia fuera del acero, hacia los lados estrechos, se acelera y por tanto asegura de ese modo que se consiga un patrón de flujo doble también para una colada de baja velocidad. La optimización del flujo en el molde implica la creación de un patrón de flujo estable de dos rodillos. Mediante la elección de modo y de parámetros FC MEMS correctos, ver la descripción que viene a continuación, se puede obtener el patrón de flujo solicitado en diferentes geometrías de planchón y velocidades de colada. En lugar de utilizar el valor F analítico, esto puede ser controlado mediante FC MEMS con el uso de una base de datos que contiene parámetros relevantes para diferentes estados de funcionamiento. Estos parámetros por lo general son generados por un paquete de modelado 3D numérico, herramienta EM, que modela el campo magnético, el flujo de fluido y el comportamiento de la temperatura en el molde. Cuando funciona en el modo EMLA, FC MEMS debe desplazarse a su posición más baja. Para velocidades de colada bajas, FC MEMS puede acelerar el flujo de fluido hacia la cara estrecha con el fin de asegurar un flujo normal en el molde. El valor F se convierte en la velocidad de flujo de superficie de acero fundido. Sin embargo, como se describe en el documento EP-A-1486274, el valor F y la velocidad de flujo de acero fundido tienen la relación uno a uno, de modo que el control se puede realizar mediante el uso del valor F sin conversión a la velocidad de flujo de superficie de acero fundido.

FC MEMS de tipo agitador de molde de planchón consiste en un conjunto de agitadores por molde. Cada conjunto de agitadores se compone de agitadores lineales de cuatro partes. Los agitadores de dos partes en cada lado del

molde se incorporan juntos en una unidad de agitador en una carcasa exterior, y se montan en las cavidades existentes detrás de las placas de soporte en las chaquetas para agua laterales anchas. Agitadores de dos partes opuestos se conectan en serie y se conectan a un convertidor de frecuencia. Se requieren en total dos convertidores de frecuencia para un molde, y el agitador está diseñado y fabricado para que funcione de manera continua en el molde. El agitador convierte las corrientes de baja frecuencia procedentes del convertidor de frecuencia en un campo magnético de baja frecuencia, y dicho campo magnético penetra en las placas de cobre de molde y en la cáscara solidificada del torón e induce corrientes eléctricas en el acero líquido. Estas corrientes interactúan con el campo magnético móvil y crean fuerzas y por tanto movimientos en el acero líquido. El agitador comprende devanados y un núcleo de hierro laminado. Los devanados de agitador están hechos de tubos de cobre con sección transversal rectangular y se enfrían directamente desde el interior con agua purificada desionizada que circula en un sistema de bucle cerrado. El agitador está encerrado en una caja de protección con lados hechos de chapa de acero no magnético y la parte delantera hecha de material no conductor.

El modo de agitación giratoria electromagnética, EMRS, que es la tecnología predominante para la agitación en un molde tiene lugar en la parte superior del molde cerca del menisco y la posición del agitador es de vital importancia para una agitación controlada del flujo de fluido. Para una agitación controlada y óptima, es imprescindible agitar en una posición superior en el molde y el FC MEMS debe ser desplazado por tanto hacia arriba. La agitación en una posición inferior entra en conflicto con el flujo que sale de la tobera y proporciona un flujo inestable y turbulento en el molde. Por tanto, se propone que el agitador se desplace hacia arriba cuando cambie del modo EMLA-/EMDC al modo de agitación. El FC MEMS genera una fuerza de rotación sobre el acero en el molde. El convertidor de frecuencia establecido permite aplicar una corriente inferior en las dos bobinas, en el que el flujo se dirige hacia los lados estrechos, ofreciendo así la posibilidad de optimizar los parámetros de agitación. Los dos convertidores de frecuencia, sin embargo, necesitan ser sincronizados en frecuencia con el fin de minimizar una posible perturbación.

Un ejemplo de un proceso similar al descrito anteriormente se describe en la solicitud de patente europea 1486274 (JFE Engineering Corporation) en la que un EMLS, estabilizador de nivel electromagnético, se utiliza en combinación con EMLA y / o EMRS.

#### Resumen de la invención

La presente invención proporciona una mejora en un método y un aparato para controlar una velocidad de flujo de acero fundido sobre una superficie de baño de acero fundido, menisco, en un molde a una velocidad de flujo de acero fundido predeterminada utilizando una máquina de colada continua de planchones, y un método para producir un planchón utilizando el método y el aparato de control de flujo.

Esto se logra mediante la aplicación de un campo magnético estático para impartir una fuerza estabilizadora y de frenado a un flujo de descarga desde una tobera de inmersión cuando la velocidad de flujo de acero fundido sobre el menisco es mayor que la velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde y mediante el control de la velocidad de flujo de acero fundido sobre la superficie de baño de acero fundido en un intervalo de entre una velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones o más y una velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde o menos mediante la aplicación de un campo magnético de desplazamiento para aumentar el flujo de acero fundido cuando la velocidad de flujo de acero fundido sobre el menisco es menor que la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones.

Cuando una velocidad de flujo de acero fundido sobre un menisco es mayor que una velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde de 0,32 m / s, la velocidad de flujo de acero fundido se controla hasta una velocidad de flujo de acero fundido predeterminada mediante la aplicación de un campo magnético estático para estabilizar e impartir una fuerza de frenado a un flujo de descarga desde una tobera de inmersión. Cuando la velocidad de flujo de acero fundido es menor que una velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones de 0,20 m / s y es mayor o igual que una velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento de 0,10 m / s, la velocidad de flujo de acero fundido se controla para el intervalo de entre 0,20 y 0,32 m / s mediante la aplicación de un campo magnético de desplazamiento para hacer girar el acero fundido dentro del molde en una dirección horizontal. Cuando la velocidad de flujo de acero fundido es menor que la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones, la velocidad de flujo de acero fundido se controla para el intervalo de entre 0,20 y 0,32 m / s mediante la aplicación de un campo magnético de desplazamiento a fin de impartir una fuerza de aceleración al flujo de descarga desde la tobera de inmersión.

El FC MEMS funcionará en diferentes modos, por ejemplo EMLA, EMRS y EMDC, y el diseño de FC MEMS difiere en varios aspectos de otros equipos de agitación:

- El agitador está diseñado para corriente trifásica que elimina un cable por fase en comparación con un sistema bifásico. En caso de que se utilice un convertidor estándar trifásico, la corriente de fase máxima a la bobina también se puede minimizar. Un sistema bifásico requiere una mayor corriente de fase  $\sqrt{2}$  en la línea de retorno común. El sistema convertidor estándar para aplicaciones de agitación ha sido modificado y también incluye la característica de tener simetría en las diferentes corrientes de fase. Cuanto más alta sea la simetría lograda en las corrientes de fase, más alto será el rendimiento logrado por el agitador. Un convertidor de frecuencia normal funcionará con tensiones

de fase común y como las inductancias mutuas entre los diferentes devanados difieren, esto se traducirá en diferentes corrientes de fase;

5 - El diseño de FC MEMS contiene una bobina capaz de crear un campo magnético estático para EMDC y un campo magnético de desplazamiento para EMLA y EMRS. Los campos magnéticos de desplazamiento para EMLA y EMRS se crean usando corrientes alternas polifásicas para alimentar la bobina. Se crearán campos magnéticos estáticos correspondientes mediante la alimentación de corriente continua en las diferentes fases y mediante la alimentación con diferente intensidad de corriente en las diferentes fases, la distribución de los campos magnéticos que actúan sobre el molde será diferente y por tanto el impacto de frenado también será diferente en diferentes partes del molde. Puede ser una ventaja variar el efecto de frenado en función del tiempo y, en consecuencia, es deseable cambiar la relación entre las corrientes continuas CC en las fases en función del tiempo. Dado que el tiempo para la creación de un patrón de flujo determinado es de al menos 10 segundos, es deseable poder variar la corriente continua CC dentro de dicho tiempo;

15 - El agitador está diseñado para EMLA (modo de aceleración) y EMRS (modo de agitación). Se puede usar corriente nominal en frecuencias de entre 0,4 y 2 Hz. El agitador está protegido en una carcasa de acero inoxidable y se utiliza una ligera sobrepresión de aire seco para evitar la humedad. La unidad de agitador tiene entradas y salidas dobles para refrigerar el agua. Uno o el otro conjunto se utiliza dependiendo de la posición del agitador en el molde y el otro se bloquea.

#### Breve descripción de los dibujos

20 La presente invención se describirá con más detalle en correspondencia con los dibujos esquemáticos que se acompañan.

La figura 1 es una vista esquemática de la máquina de colada continua de planchones usada cuando se lleva a cabo la presente invención en un modo EMRS.

La figura 2 es una vista esquemática de la máquina de colada continua de planchones usada cuando se lleva a cabo la presente invención en un modo EMLA.

25 La figura 3 es una vista esquemática de la máquina de colada continua de planchones usada cuando se lleva a cabo la presente invención.

#### Descripción de las realizaciones preferidas

30 Las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación en el presente documento con referencia a los dibujos que se acompañan. Las figuras 1 y 2 son vistas esquemáticas de una máquina de colada continua de planchones usada cuando se lleva a cabo la presente invención. Más específicamente, las figuras 1 y 2 son ambas vistas en perspectiva / de frente esquemáticas de una parte de molde de acuerdo con la presente invención.

35 Con referencia a las figuras 1 y 2, una artesa (no mostrada) está dispuesta en una posición predeterminada sobre un molde (1) que tiene lados largos de molde opuestos entre sí (2) y lados cortos de molde opuestos entre sí (3) previstos internamente entre los lados largos de molde (2). Una tobera de inmersión (4) que tiene un par de aberturas de descarga (5) en una parte inferior está dispuesta en contacto con una superficie inferior de una tobera de deslizamiento (no mostrada) conectada a la artesa. Una abertura de salida de acero fundido (6) está formada para la salida de acero fundido desde la artesa al molde (1). En las superficies traseras de los lados largos de molde (2), cuatro aparatos en total de generación de campo magnético (7) están dispuestos separados en dos lados opuestos, en la izquierda y en la derecha, con respecto a la tobera de inmersión (4) como un límite en la dirección de la anchura de cada uno de los lados largos de molde (2). Los generadores en los lados individuales están por tanto dispuestos con los lados largos de molde (2) interpuestos para tener una posición central en su dirección de colada como una posición aguas abajo inmediata de las aberturas de descarga (5). Los aparatos de generación de campo magnético individuales (7) están conectados a una fuente de alimentación (no mostrada) y la fuente de alimentación está conectada a una unidad de control (no mostrada) que controla la dirección de movimiento del campo magnético y la intensidad del campo magnético. La intensidad del campo magnético y la dirección de movimiento del campo magnético se controlan de forma independiente mediante la energía eléctrica suministrada desde la fuente de alimentación en correspondencia con la dirección de movimiento del campo magnético y la intensidad del campo magnético que se han introducido desde la unidad de control. La unidad de control está conectada a una unidad de control de proceso (no mostrada) que controla la operación de colada continua, para controlar así, por ejemplo, el tiempo de aplicación del campo magnético de acuerdo con la información de funcionamiento enviada desde la unidad de control de proceso.

55 En el caso de aplicación de campo magnético en el modo EMRS para la inducción de flujo de acero fundido, tal como girando en la dirección horizontal sobre la superficie solidificada, como se muestra en la figura 1, las direcciones de movimiento del campo magnético de desplazamiento se establecen opuestas entre sí a lo largo de los lados largos de molde (2) opuestos entre sí. En el caso de aplicación de campo magnético en el modo EMLA

5 para impartir la fuerza de aceleración al flujo de descarga de acero fundido (8) descargado desde la tobera de inmersión (4), como se muestra en la figura 2, las direcciones de movimiento del campo magnético se establecen en el lado de los lados cortos de molde (3) desde el lado de la tobera de inmersión (4). De acuerdo con la figura 1, aunque el campo de desplazamiento se establece en un modo de movimiento tal como girando en el sentido horario, las ventajas son las mismas incluso aunque el campo magnético se mueva en el sentido antihorario.

Al mismo tiempo, las figuras 1 y 2 son, respectivamente, vistas de las direcciones de movimiento del campo magnético que se aplica de acuerdo con los modos EMRS y EMLA, según se ve desde una posición justo por encima del molde (1), en la que las flechas indican las direcciones de movimiento del campo magnético.

10 En las partes inferiores del molde (1), está situada una pluralidad de rodillos de guía (no mostrados) para soportar un producto de colada (no mostrado) que se va a producir mediante colada y una pluralidad de rodillos de arrastre (no mostrados) para retirar el producto colado.

15 El acero fundido se vierte desde un recipiente (no mostrado) en una artesa (no mostrada). Cuando la cantidad de acero fundido alcanza una cantidad predeterminada, una placa deslizante (no mostrada) se abre para permitir que el acero fundido sea vertido en el molde (1) a través de la abertura de salida de acero fundido (6). El acero fundido forma el flujo de descarga de acero fundido (8) que avanza hasta los lados cortos de molde (3), y luego se vierte en el molde (1) desde las aberturas de descarga (5) sumergidas en el acero fundido presente en el molde (1). El acero fundido vertido en el molde (1) es enfriado por el molde (1), formando de ese modo una cáscara solidificada (no mostrada). Cuando se ha vertido una cantidad predeterminada del acero fundido en el molde (1), el funcionamiento inicia la retirada del producto colado (no mostrado) que contiene acero fundido no solidificado en su interior con una cáscara exterior como la cáscara solidificada. Una vez iniciada la retirada, la posición del menisco de acero fundido (9) es controlada a su vez hasta una posición sustancialmente constante en el molde (1), y la velocidad de colada se aumenta a una velocidad de colada predeterminada. Un polvo de molde se añade a continuación al menisco (9) presente en el molde (1). El polvo de molde se funde, mostrando por ello el efecto de, por ejemplo, prevención de la oxidación del acero fundido. Al mismo tiempo, el polvo de molde fundido fluye entre la cáscara solidificada y el molde (1) y de ese modo muestra un efecto de tipo lubricante. En la operación de colada, las velocidades de flujo de acero fundido cerca del lado corto (3) de molde (1) sobre el menisco (9) se determinan en correspondencia con los estados de colada individuales.

20 Uno de los métodos para determinar la velocidad de flujo de acero fundido es de un tipo que predice la velocidad de flujo de acero fundido sobre el menisco (9) mediante el uso de ecuaciones conocidas de conformidad con cada estado de colada individual.

25 Otro método es de un tipo que mide de manera real la velocidad del flujo de acero fundido sobre el menisco (9). Cuando se ha determinado y establecido un estado de colada, la velocidad de flujo de acero fundido sobre el menisco (9) es sustancialmente constante en ese estado. Como tal, cuando las velocidades de flujo de acero fundido en el menisco (9) en los estados de colada individuales se miden previamente, la velocidad de flujo puede determinarse a partir del estado de colada correspondiente. En este caso, el valor de medición real de la velocidad de flujo de acero fundido puede ser conservado, y el valor de medición real conservado de la velocidad de flujo de acero fundido se puede determinar como la velocidad de flujo de acero fundido. La velocidad de flujo de acero fundido se puede medir de manera que una varilla delgada de un material refractario se sumerja en el menisco (9), y la velocidad de flujo se puede medir a partir de la energía cinética recibida por la varilla delgada.

30 En caso de que la velocidad de flujo de acero fundido cerca del lado corto (3) de molde (1) sobre el menisco (9) sea menor o igual que la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones, más específicamente, inferior a 0,20 m / s, el campo magnético de desplazamiento se aplica de acuerdo con el modo EMRS o EMLA.

35 En caso de que la velocidad de flujo de acero fundido cerca del lado corto de molde sobre el menisco de acero fundido (9) sea mayor que la velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde, más específicamente, superior a 0,32 m / s, se aplica el campo magnético estático de acuerdo con el modo EMDC.

Además, en caso de que la velocidad de flujo de acero fundido cerca del lado corto de molde sobre el menisco (9) sea menor que la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones, el proceso de aplicación para el campo magnético de desplazamiento se separa en dos subprocesos.

40 En caso de que la anteriormente mencionada velocidad de flujo de acero fundido sea menor que la velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco, más específicamente, inferior a 0,10 m / s, el campo magnético de desplazamiento se aplica preferiblemente de acuerdo con el modo EMLA.

45 En caso de que la anteriormente mencionada velocidad de flujo de acero fundido sea menor que la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones y al mismo tiempo mayor o igual que la velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco (9), más específicamente, 0,10 m / s o superior e inferior a 0,20 m / s, el campo magnético de desplazamiento se aplica preferiblemente de acuerdo con el modo EMRS.

5 En la forma descrita anteriormente, mediante la colada continua de acero fundido mientras se controla el flujo de acero fundido en el molde (2), se puede producir de manera constante el producto colado, un producto colado limpio y de alta calidad mediante colada incluso dentro un amplio intervalo de velocidades de colada no sólo con cantidades muy pequeñas de sustancias tales como productos de desoxidación y burbujas de gas argón, sino también con una cantidad muy pequeña de arrastre de polvo en el molde.

La presente invención no se limita a las realizaciones descritas sino que puede variarse y modificarse dentro del ámbito de aplicación de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Aparato para controlar un flujo de acero fundido en una máquina de colada continua de planchones, comprendiendo el aparato un molde (1) dispuesto para recibir un flujo de acero fundido, una tobera de inmersión (4) que comprende aberturas de descarga (5) sumergidas en el acero fundido presente en el molde y que suministran el flujo de acero fundido al molde (1), y medios de control, comprendiendo el aparato:
- medios de adquisición de estado de la colada para adquirir al menos un estado como estado de colada referente a un espesor de producto colado, una anchura de producto colado, una velocidad de colada, una cantidad de gas inerte inyectado en una abertura de salida de acero fundido, y una forma de tobera de inmersión,
- 10 - medios de cálculo para calcular una velocidad de flujo de acero fundido sobre el menisco del acero fundido presente en el molde, de conformidad con el estado de colada adquirido,
- medios de determinación para determinar un modo de agitación a aplicar en función de si la velocidad de flujo de acero fundido calculada es mayor que una velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde, de si la velocidad de flujo de acero fundido es menor que una velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones y es mayor o igual que una velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco, y de si la velocidad de flujo de acero fundido es menor que la velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco, al comparar la velocidad de flujo de acero fundido calculada con la velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde, con la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones y con la velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco,
- 15
- 20 - un primer generador de campo magnético (7) para generar un campo magnético que incluye una primera bobina capaz de crear un campo magnético de desplazamiento de acuerdo con una salida del medio de control,
- una fuente de alimentación de corriente alterna CA polifásica conectada al primer generador de campo magnético,
- medios de control adaptados para controlar la dirección de movimiento de campo magnético y la intensidad de campo magnético generada por el primer generador de campo magnético (7) mediante la alimentación de la primera bobina con corriente alterna polifásica para crear el control de campo magnético de desplazamiento,
- 25 caracterizado por que el aparato comprende además:
- el que la primera bobina sea también capaz de crear un campo magnético estático de acuerdo con una salida del medio de control, y
  - el que los medios de control estén adaptados además para
- 30 • dependiendo del modo de agitación determinado, bien alimentar la bobina con la corriente alterna CA polifásica para crear un control de campo magnético de desplazamiento o bien alimentar la bobina con corriente continua en las diferentes fases de la fuente de alimentación de corriente alterna CA polifásica y, mediante la alimentación con diferente intensidad de corriente en las diferentes fases, crear el campo magnético estático,
- 35 • aplicar un campo magnético estático para impartir una fuerza estabilizadora y de frenado a un flujo de descarga desde una tobera de inmersión cuando la velocidad de flujo de acero fundido calculada es mayor que la velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde,
- aplicar un campo magnético de desplazamiento para hacer girar el acero fundido en una dirección horizontal cuando la velocidad de flujo de acero fundido calculada es menor que la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones y mayor o igual que una velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco, y
- 40 • aplicar un campo magnético de desplazamiento para impartir una fuerza de aceleración al flujo de descarga desde la tobera de inmersión cuando la velocidad de flujo de acero fundido calculada es menor que la velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco.
2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer generador de campo magnético está dispuesto en el lado largo del molde.
- 45 3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el aparato comprende además un segundo generador de campo magnético dispuesto en el lado largo del molde opuesto al primer generador de campo magnético y comprende una segunda bobina capaz de crear un campo magnético de desplazamiento y un campo magnético estático de acuerdo con una salida de los medios de control.

4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la velocidad de flujo de acero fundido se calcula en base a una medición real de la velocidad de flujo de acero fundido medida o en base a una medición prevista de la velocidad de flujo de acero fundido.
5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la velocidad de flujo crítica de arrastre de polvo en el molde es de 0,32 m / s y la velocidad de flujo crítica de adherencia de inclusiones es de 0,20 m / s.
6. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el velocidad de flujo crítica de formación de revestimiento sobre el menisco es de 0,10 m / s.



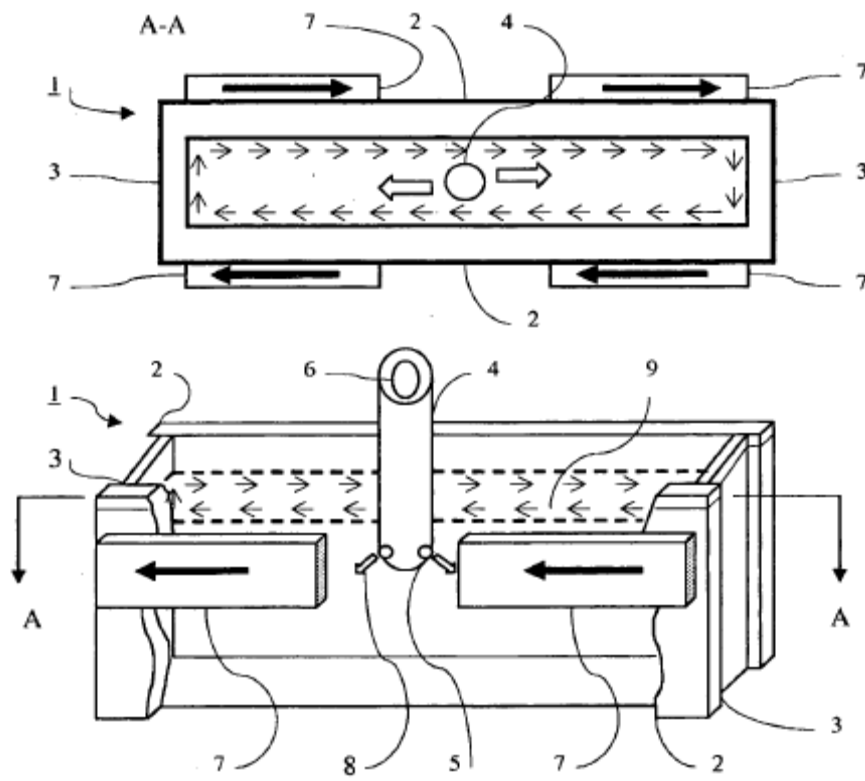


Fig. 1

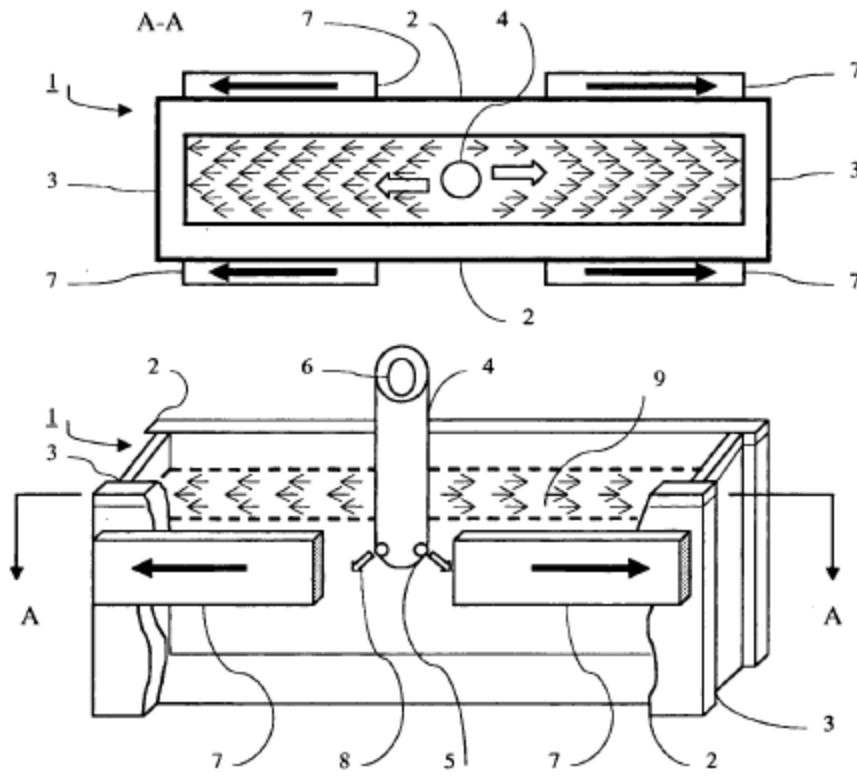


Fig. 2

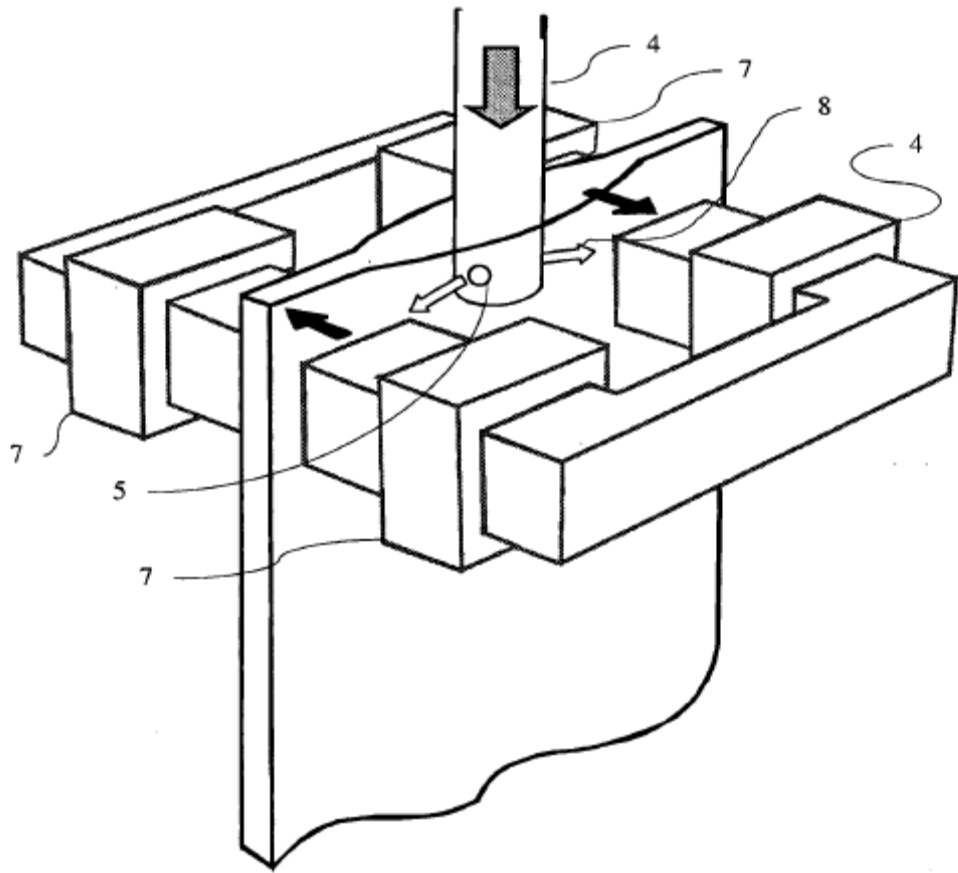


Fig. 3