

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 036**

51 Int. Cl.:

B22D 11/049 (2006.01)

B22D 11/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2018 PCT/EP2018/080941**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2019 WO19110250**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2018 E 18803396 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3515633**

54 Título: **Aparato de fundición y método de fundición**

30 Prioridad:

04.12.2017 NO 20171932

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

10.03.2021

73 Titular/es:

**NORSK HYDRO ASA (100.0%)
0240 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

HÅKONSEN, ARILD

74 Agente/Representante:

DIÉGUEZ GARBAYO, Pedro

ES 2 811 036 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

Aparato de fundición y método de fundición

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un aparato de fundición para fundición continua o semicontinua de metales que utiliza una bomba para contrarrestar un flujo de metal inducido por una fuerza gravitacional para controlar un flujo de metal líquido de manera más precisa y con menos turbulencia.

10

Antecedentes

En la fundición continua o semicontinua, el metal líquido se suministra hacia el interior de una cavidad de molde de una trayectoria de flujo que se implementa, por ejemplo, como un lavador de distribución. En la cavidad de molde, el metal líquido se solidifica al menos parcialmente y produce un producto de fundición que sale de la cavidad de molde a través de un lado abierto de la cavidad de molde provocado por un movimiento relativo entre el producto de fundición y el molde. La fundición semicontinua se utiliza, por ejemplo, para fundir lingotes laminados (lingotes que, por ejemplo, se laminan en frío y en caliente para producir productos laminados, tales como chapas), lingotes forjados (lingotes que se forjan para producir productos forjados) o tochos extruidos (tochos que, por ejemplo, se extruyen en una prensa de extrusión para producir un producto extruido). La fundición continua se utiliza, por ejemplo, para producir de manera continua un producto laminado sin producir un lingote laminado que se lamina en caliente y se lamina en frío en etapas de producción separadas como producto intermedio.

15

20

25

Un aparato de fundición generalmente comprende un depósito para contener y/o producir metal líquido, tal como un horno de fusión o un tanque de fusión para contener metal líquido que se ha suministrado al tanque de fusión desde, por ejemplo, un horno de fusión o un proceso de electrólisis.

30

Desde el depósito, el metal líquido se suministra hacia el interior de una cavidad del molde de fundición a través de una trayectoria de flujo que se implementa, por ejemplo, como un lavador de distribución. En la cavidad de molde, el metal líquido se enfría y al menos se solidifica parcialmente. El producto de fundición sale de la cavidad de molde a través de un lado abierto de esta provocado por un movimiento relativo entre el molde y el producto de fundición como se mencionó anteriormente, por ejemplo, por movimiento de un bloque de arranque.

35

40

45

Un aparato de fundición convencional se muestra en la figura 1 y se describe en la solicitud de patente de los Estados Unidos US20100032455A1. Como resulta evidente a partir de la figura 1, en el aparato de fundición convencional, el metal líquido se suministra desde un depósito a través de una trayectoria de flujo 1 (que se muestra en esta memoria en una vista en sección y que se implementa como un lavador) hacia el interior de la cavidad de molde 2 de un molde 3. La trayectoria de flujo 1 comprende una salida, implementada en esta memoria como una boquilla, 4 a través de la cual el metal líquido sale de la trayectoria de flujo 1 y fluye hacia el interior de la cavidad de molde 2. La fuerza impulsora para el flujo del metal líquido es la gravedad. Para controlar el flujo del metal líquido, se proporciona un conjunto de pasador 5, que puede aumentar o disminuir el área de sección transversal efectiva disponible para que el metal líquido fluya a través de la boquilla 4 mediante un movimiento vertical del conjunto de pasador para controlar de ese modo el caudal volumétrico del metal líquido desde la trayectoria de flujo 1 hacia el interior de la cavidad de molde 2. El producto de fundición sale de la cavidad de molde 2 a través de un movimiento hacia abajo de un bloque de arranque 6.

Es deseable tener un aparato de fundición y un método de fundición que tengan un sistema de alimentación de metal líquido menos turbulento y que permita la producción de productos de fundición con propiedades mejoradas, tales como calidad de superficie mejorada.

50

Breve descripción de la invención

El inventor ha descubierto que la calidad de un producto de fundición (también conocido como producto fundido) depende en gran medida de un control preciso del nivel de metal líquido en la cavidad de molde, por lo que el nivel de metal líquido en la cavidad de molde corresponde a un valor predeterminado a pesar del movimiento relativo entre el molde y el producto de fundición durante la operación de fundición continua o semicontinua. El inventor ha descubierto que una presión metalostática baja (véase p en la figura 2) en la cavidad de molde y un flujo laminar del metal líquido cuando el metal líquido entra en la cavidad de molde mejoran la calidad, en particular la calidad de superficie, del producto de fundición. En el aparato convencional descrito anteriormente, un control preciso del nivel de metal en la cavidad de molde es difícil debido al movimiento del conjunto de pasador. Así mismo, el aparato de fundición convencional genera un flujo turbulento del metal líquido, puesto que la sección transversal de flujo efectivo se reduce y la velocidad de flujo aumenta de acuerdo con el efecto Venturi. El flujo turbulento puede provocar la oxidación del metal líquido que se desea fundir y problemas de calidad del producto de fundición.

60

En este sentido, con el fin de evitar o mitigar los problemas mencionados anteriormente, un aspecto de la presente invención proporciona un aparato de fundición para fundición continua o semicontinua (por ejemplo, fundición por

65

enfriamiento vertical directo) de un producto de fundición que comprende un depósito para suministrar metal líquido, un molde de fundición por enfriamiento directo que tiene una cavidad de molde para contener al menos temporalmente el metal líquido y para solidificar al menos parcialmente el metal líquido para producir un producto de fundición, en donde una trayectoria de flujo para el metal líquido se define entre el depósito y la cavidad de molde, y en donde el aparato de fundición está configurado de tal manera que el metal líquido tiene una tendencia a fluir a lo largo de la trayectoria de flujo desde el depósito hacia el interior de la cavidad de molde por gravedad, en donde el metal líquido entra en la cavidad de molde a través de un primer lado verticalmente más alto del molde, y en donde el producto de fundición sale del molde a través de un segundo lado verticalmente más bajo del molde, y una bomba dispuesta en la trayectoria de flujo entre el depósito y la cavidad de molde, en donde la bomba se puede hacer funcionar para generar una fuerza en el metal líquido que actúa contra la tendencia del metal líquido a fluir a lo largo de la trayectoria de flujo desde el depósito hacia el interior de la cavidad de molde por gravedad para controlar el flujo del metal líquido desde el depósito hacia el interior de la cavidad de molde. El producto de fundición puede salir del molde de manera rectilínea a través del segundo lado del molde en una dirección vertical recta. Un eje longitudinal del producto de fundición puede ser rectilíneo de manera continua desde la solidificación al menos parcial hasta la solidificación completa. El producto de fundición puede ser un lingote de extrusión o una losa de laminado.

De acuerdo con la invención, se puede proporcionar un área de sección transversal más grande para el flujo de metal líquido a lo largo de la trayectoria de flujo que en el aparato de fundición convencional a la vez que se mejora la capacidad de control del flujo del metal líquido. El área de sección transversal más grande puede dar como resultado un flujo menos turbulento y más laminar del metal líquido. Por ejemplo, un área de sección transversal de flujo mínimo en una salida de la trayectoria de flujo de acuerdo con la invención puede ser de 2000 mm² (milímetros cuadrados), que es significativamente más grande que en el aparato de fundición convencional que utiliza un conjunto de pasador para controlar el flujo del metal fundido. De acuerdo con la invención, el flujo del metal líquido desde el depósito hacia el interior de la cavidad de molde es impulsado por la gravedad y la bomba se utiliza para limitar el flujo generando una fuerza que actúa en una dirección opuesta a la dirección de flujo sin cambiar la dirección de flujo. Dicho de otra manera, de acuerdo con la invención, la bomba se puede utilizar como regulador de flujo. De acuerdo con la invención, la bomba se puede utilizar para detener completamente el flujo de metal líquido desde el depósito hacia el interior de la cavidad de molde.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el aparato de fundición puede comprender, además, un sensor para detectar un nivel de metal líquido en la cavidad de molde y para emitir un valor de nivel indicativo del nivel de metal líquido en la cavidad de molde, y un controlador, en donde el sensor y la bomba pueden estar funcionalmente conectados con el controlador, y en donde el controlador puede estar configurado para hacer funcionar la bomba en función del valor de nivel y un valor de referencia predeterminado indicativo de un nivel deseable del metal líquido en la cavidad de molde de manera que se minimiza la diferencia entre el valor de nivel y el valor de referencia.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el primer lado del molde puede estar sellado y una atmósfera de gas entre el metal líquido en la cavidad de molde y el primer lado puede controlarse para controlar la oxidación del metal líquido en la cavidad de molde.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el sensor puede ser un sensor de radar que emite radiación de radar electromagnética que tiene, por ejemplo, una frecuencia de 80 GHz o superior que puede incidir sobre el metal líquido en la cavidad de molde en un área de radiación de radar. De acuerdo con realizaciones, el sensor puede ser un sensor de distancia láser, un sensor de distancia capacitivo o un sensor de distancia ultrasónico. Se pueden lograr resultados particularmente buenos con el sensor de radar que tiene una frecuencia de radar de 80 GHz o superior, dado que la radiación de radar electromagnética que tiene una frecuencia de radar de este tipo puede penetrar a través del humo y de la suciedad que pueden estar presentes en la cavidad de molde entre el sensor y la superficie del metal líquido.

De acuerdo con realizaciones de la invención, puede proporcionarse un cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar en una trayectoria de haz de radar entre el sensor de radar y el metal líquido en la cavidad de molde, en donde el cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar puede tener dos superficies exteriores que pueden tener un vector normal que no es paralelo a una línea recta entre el sensor y el metal líquido en la cavidad de molde en el área de radiación de radar para evitar o reducir la detección de radiación de radar reflejada por el cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar con el sensor de radar.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar puede estar provisto de manera integral del primer lado cerrado del molde.

De acuerdo con la invención, la bomba es una bomba electromagnética, en particular una bomba electromagnética de corriente continua. Una bomba electromagnética es particularmente eficiente, ya que permite un control preciso y sin demoras del flujo del metal líquido debido a la ausencia de piezas mecánicas móviles.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el controlador puede estar configurado para cambiar el valor de referencia predeterminado durante una operación de fundición del producto de fundición.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el controlador puede estar configurado para cambiar el valor de referencia predeterminado de un valor indicativo de un nivel más alto del metal líquido en la cavidad de molde más temprano en la operación de fundición del producto de fundición a un valor indicativo de un nivel más bajo del metal líquido en la cavidad de molde más tarde en la operación de fundición del mismo producto de fundición.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el molde puede comprender medios para el enfriamiento activo del producto de fundición, tal como una boquilla de agua de enfriamiento para rociar agua sobre el producto de fundición que sale de la cavidad de molde de fundición por enfriamiento directo a través del segundo lado.

De acuerdo con la invención, el metal líquido es aluminio líquido o una aleación de aluminio y el producto de fundición es un producto de aluminio o de una aleación de aluminio.

De acuerdo con la invención, se proporciona un desviador de flujo en la trayectoria de flujo aguas abajo de la bomba para dirigir al menos una porción del metal líquido en una dirección predeterminada en la cavidad de molde. El desviador de flujo puede estar configurado de manera que la porción del metal líquido sea dirigida en una dirección que no sea la dirección vertical. Por ejemplo, el desviador de flujo puede comprender una estructura tubular que tiene una sección transversal (a través de la cual el metal líquido puede fluir hacia el interior de la cavidad de molde) que define una trayectoria de flujo para el metal líquido que tiene un eje central longitudinal que tiene una dirección que se desvía de la dirección vertical. Dicha sección transversal puede cambiar, por ejemplo, cambiar de manera continua, a lo largo de la trayectoria de flujo en una dirección aguas arriba-aguas abajo de una sección transversal rectangular, por ejemplo, cuadrática, a una sección transversal rectangular adyacente a la salida del desviador de flujo. Esto es particularmente útil si el producto de fundición es una losa de laminado. La sección transversal puede cambiar, por ejemplo, cambiar de manera continua, a lo largo de la trayectoria de flujo en una dirección aguas arriba-aguas abajo de una sección transversal rectangular, por ejemplo, cuadrática, a una sección transversal circular adyacente a la salida del desviador de flujo. Esto es particularmente útil si el producto de fundición es un tocho de extrusión. El desviador de flujo puede estar configurado de modo que al menos una porción del metal líquido sea dirigida en una dirección que tenga un componente horizontal.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para la fundición continua o semicontinua de un producto de fundición utilizando el aparato descrito anteriormente, comprendiendo el método suministrar metal líquido desde un depósito hacia el interior de una cavidad de un molde de fundición por enfriamiento directo a lo largo de una trayectoria de flujo definida entre el depósito y la cavidad de molde utilizando, por ejemplo exclusivamente, una fuerza gravitacional, y generar una fuerza que actúa sobre el metal líquido utilizando una bomba que actúa contra el flujo del metal líquido a lo largo de la trayectoria de flujo provocada por la fuerza gravitacional para controlar el suministro del metal líquido hacia el interior de la cavidad de molde para controlar de ese modo un nivel de metal líquido en la cavidad de molde.

De acuerdo con realizaciones de la invención, el método puede comprender, además, calcular un valor de referencia indicativo de un nivel deseable del metal líquido en la cavidad de molde, midiendo un valor real indicativo del nivel real de metal líquido en la cavidad de molde, y controlar la generación de la fuerza utilizando la bomba de manera que se minimice la diferencia entre el valor de referencia y el valor real durante una operación de fundición.

De acuerdo con realizaciones de la invención, generar la fuerza utilizando una bomba puede comprender generar un campo electromagnético que actúa sobre el metal líquido que da como resultado una fuerza que tiene una dirección opuesta al flujo del metal líquido a lo largo de la trayectoria de flujo.

Todas las realizaciones y características de la invención pueden combinarse entre sí. Las características que se refieren al aparato también se refieren al método y viceversa.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra una vista de un aparato de fundición de acuerdo con tecnología convencional.

La figura 2 muestra una vista esquemática de un aparato de fundición de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 3 muestra una vista esquemática de una trayectoria de flujo de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 4 muestra una vista en sección esquemática a lo largo de la línea A-A en la figura 2 de una bomba electromagnética de corriente continua de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 5 muestra una vista esquemática de un aparato de fundición de acuerdo con otra realización de la invención.

La figura 6 muestra una vista esquemática de un aparato de fundición de acuerdo con otra realización de la invención.

5 La figura 7 muestra una vista esquemática de un aparato de fundición de acuerdo con una realización de la invención que comprende un desviador de flujo.

La figura 8 muestra una vista esquemática de un aparato de fundición de acuerdo con una realización de la invención que comprende un controlador.

10 Debería entenderse que los dibujos adjuntos no están necesariamente a escala, sino que presentan una representación algo simplificada de diversas características ilustrativas de la invención.

Descripción detallada

15 A continuación, se hará referencia con detalle a las diversas realizaciones de la presente invención, ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos y se describen a continuación. Si bien la invención se describirá junto con realizaciones a modo de ejemplo, se entenderá que la presente descripción no pretende limitar la invención a tales realizaciones a modo de ejemplo.

20 Con referencia a la figura 2, un aparato de fundición 10 de acuerdo con la invención comprende un depósito 15. El depósito 15 puede suministrar metal líquido 20. Por ejemplo, el depósito puede ser un horno de fusión o un loador de distribución o cualquier otro medio para almacenar y/o producir metal líquido 20.

25 El metal líquido 20 puede ser aluminio líquido, una aleación de aluminio líquido, acero líquido o cualquier otro metal líquido.

El aparato de fundición 10 comprende, además, un molde de fundición de enfriamiento directo 25. El molde de fundición 25 comprende una cavidad de molde 30 para recibir el metal líquido 20, para contener al menos temporalmente el metal líquido 20 y solidificar al menos parcialmente el metal líquido 20 para producir un producto de fundición 35. La cavidad de molde 30 puede estar rodeada en los lados laterales de esta por un marco de molde 40 del molde de fundición 25. El producto de fundición 35 puede ser, por ejemplo, un lingote de laminado, un tocho de extrusión, una barra en T o cualquier otro producto de fundición 35.

35 El molde de fundición 25 puede tener un primer lado verticalmente más alto 26 y un segundo lado verticalmente más bajo 27. El metal líquido 20 puede entrar en la cavidad de molde 30 a través del primer lado 26. El metal líquido 20 puede solidificarse al menos parcialmente en la cavidad de molde 30 para producir el producto de fundición 35. La figura 2 muestra esquemáticamente metal líquido 20, una zona de metal parcialmente solidificado 21 en la que tiene lugar la solidificación, y metal solidificado 22 en la cavidad de molde. El producto de fundición 35 puede salir de la cavidad de molde 30 a través del segundo lado 27 a través de un movimiento relativo entre el producto de fundición 40 35 y el molde de fundición 25. El proceso de fundición de un producto de fundición 35 puede tener lugar en un proceso de estado estable en el que, de manera opcional después de un proceso de inicialización de estado no estable, la ubicación espacial de las zonas correspondientes al metal líquido 20, el metal 21 parcialmente solidificado y el metal 22 solidificado permanecen estacionarios mientras se produce el producto de fundición 35 y es movido de manera continua hacia abajo mientras se suministra nuevo metal líquido 20 hacia el interior de la cavidad de molde 45 30 desde el depósito 15.

El molde de fundición 25 puede comprender medios para el enfriamiento activo del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 y/o para el enfriamiento activo del metal parcialmente solidificado 21 y/o para el enfriamiento activo del producto de fundición 35. En la figura 2, los medios para el enfriamiento activo se implementan mediante un canal de agua hueco 45 en el marco de molde 40. Los medios para el enfriamiento activo en la figura 2 comprenden, además, una abertura 50 provista en el marco de molde 40 de modo que el agua pueda salir del canal de agua hueco 45 a través de la abertura 50 y entrar en contacto con el producto de fundición 35 para enfriar el producto de fundición 35. Para enfriar, se puede suministrar agua al canal de agua hueco 45, puede enfriar el metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 mediante transferencia de calor a través del marco de molde 40 y también puede salir del canal de agua 55 hueco 45 a través de la abertura 50 para enfriar directamente el producto de fundición 35. En la figura 2, el agua que enfría directamente el producto de fundición 35 se muestra esquemáticamente mediante el área ondulada en los lados laterales del producto de fundición 35.

60 Con referencia adicional a la figura 3, el aparato de fundición 10 puede comprender una trayectoria de flujo 55 que se define entre el depósito 15 y la cavidad de molde 30. La trayectoria de flujo 55 puede estar configurada de modo que defina una conexión de fluido entre el depósito 15 y la cavidad de molde 30 de modo que el metal líquido 20 pueda fluir desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30. El aparato de fundición 10 puede estar configurado de modo que el metal líquido 20 tenga una tendencia a fluir desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30. La tendencia puede ser provocada por la gravedad como lo muestra la flecha etiquetada como 65 g en la figura 2 que simboliza un vector que representa la gravedad. La trayectoria de flujo 55 puede implementarse como un conducto de flujo, tuberías de flujo o un canal de flujo.

Con referencia a las figuras 2 y 3, el aparato de fundición 10 de acuerdo con la invención comprende una bomba 60 dispuesta en la trayectoria de flujo 55 entre el depósito 15 y la cavidad de molde 30. La bomba 60 puede ser hecha funcionar para producir una fuerza que actúa sobre el metal líquido 20 que al menos parcialmente (y como máximo por completo) contrarresta la tendencia del metal líquido 20 a fluir desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30. En consecuencia, el caudal del metal líquido 20 desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30 puede controlarse (por ejemplo, limitando el flujo inducido por la gravedad) mediante la bomba 60. La bomba 60 puede ser hecha funcionar o estar configurada de manera que la fuerza máxima generada por la bomba 60 detenga sustancialmente el flujo del metal líquido 20 desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30, pero no invierta la dirección de flujo. La fuerza generada por la bomba 60 se indica esquemáticamente mediante la flecha que apunta hacia arriba en las figuras 2 y 5 a 8. Mediante el funcionamiento de la bomba 60, se puede controlar un nivel h del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30. El inventor ha descubierto que la calidad de un producto de fundición 35 depende en gran medida de un control preciso del nivel de metal h durante la operación de fundición. La flecha entre la bomba 60 y la cavidad de molde 30 que es más corta que la flecha entre el depósito 15 y la bomba 60 en la figura 3 indica esquemáticamente el control, implementado mediante una reducción del caudal inducida por la gravedad, del metal líquido 20 desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30.

La bomba 60 puede ser, por ejemplo, una bomba electromagnética, en particular una bomba electromagnética de corriente continua (CC) del tipo de inducción sin piezas móviles, como se muestra esquemáticamente, por ejemplo, en las figuras 2 y 4. En el presente documento, una bomba de este tipo también se denomina simplemente bomba electromagnética de CC. Una bomba electromagnética de CC 60 es particularmente ventajosa en el aparato de fundición 10 de acuerdo con la invención, pues permite un control muy preciso del flujo del metal líquido 20 debido a una alta capacidad de respuesta (es decir, una demora corta entre una señal de entrada a la bomba 60 y una fuerza resultante que actúa sobre el metal líquido 20 generado por la bomba 60) y una buena capacidad de control (la cantidad de fuerza generada por la bomba 60 puede controlarse con precisión mediante un control de la corriente eléctrica suministrada a la bomba 60). La figura 4 muestra una vista esquemática en sección de una bomba electromagnética de CC 60 a lo largo de la línea A-A en la figura 2. Con referencia a la figura 4, una bomba electromagnética de CC 60 puede comprender una carcasa 61 que define un lumen que forma una sección de la trayectoria de flujo 55. La bomba electromagnética de CC 60 puede comprender, además, un imán permanente 65 con un polo norte magnético N y un polo sur magnético S dispuestos en lados laterales opuestos de la trayectoria de flujo 55. La bomba electromagnética 60 puede comprender, además, dos electrodos 70 que están dispuestos en los lados laterales de la trayectoria de flujo 55 de manera que los dos electrodos 70 están dispuestos perpendiculares a una línea entre el polo norte N y el polo sur S del imán permanente 65. Hacer funcionar los electrodos 70 mediante la aplicación de tensión eléctrica a estos iniciará una corriente eléctrica a través del metal líquido 20 dentro de la carcasa 61 a lo largo de la trayectoria de flujo 55 desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30 que genera una fuerza de Lorentz en el metal líquido 20, en donde la fuerza de Lorentz contrarresta la tendencia del metal líquido 20 a fluir desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30 por gravedad. Esto da como resultado una reducción o un aumento que se pueden controlar (reduciendo una fuerza generada por la bomba 60) del caudal desde el depósito 10 hacia el interior de la cavidad de molde 30, permitiendo a su vez el control dinámico del nivel h de metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 durante una operación de fundición.

De acuerdo con las realizaciones de la invención y con referencia a la figura 5, el primer lado verticalmente más alto 26 del molde 25 puede proporcionarse, al menos parcialmente, por ejemplo, por completo, estanco a los gases, de modo que se separe la atmósfera en la cavidad de molde 30 de la atmósfera que rodea al aparato de fundición 10. Por ejemplo, puede proporcionarse una carcasa o una tapa extraíble (a la que se hace referencia a modo de ejemplo en la figura 5 con el signo de referencia 80) con el fin de, al menos parcialmente, por ejemplo, por completo, cerrar el primer lado 26 del molde 25, de modo que se separe la atmósfera dentro de la cavidad de molde 30 de la atmósfera que rodea al aparato de fundición 10. La atmósfera que rodea al aparato de fundición 10 puede ser, por ejemplo, aire ambiente en una nave de fundición. El aparato de fundición 10 puede comprender, además, medios para controlar la atmósfera dentro de la cavidad de molde 30, por ejemplo, para controlar la oxidación del metal líquido 20 en la cavidad de molde. Los medios para controlar la atmósfera dentro de la cavidad de molde 30 pueden implementarse, por ejemplo, mediante un sistema de inyección de gas para crear una atmósfera de gas inerte o de reducción dentro de la cavidad de molde 30.

Con referencia a la figura 6, el aparato de fundición 10 puede comprender, además, un sensor 75 para detectar el nivel h de metal líquido en la cavidad de molde 30 y para emitir un valor de nivel indicativo del nivel h de metal líquido 20 en la cavidad de molde 30. El sensor 75 puede ser, por ejemplo, un sensor de distancia láser, un sensor de distancia capacitivo o un sensor de distancia de radar. Por ejemplo, el sensor 75 puede ser un sensor de radar que emite radiación de radar electromagnética con una frecuencia de 80 GHz o superior. La radiación electromagnética 76 que se emite desde el sensor 75 puede incidir sobre el metal líquido 20 en la cavidad de molde 30, puede ser reflejada por la superficie del metal líquido 20 y la radiación de radar reflejada puede ser detectada por un detector en el sensor 75. En la figura 6 únicamente se muestra la radiación 76 emitida desde el sensor 75 y se hace referencia con el signo de referencia 76 para una mejor claridad. El nivel h del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 puede entonces calcularse mediante una diferencia de tiempo o fase entre la radiación de radar electromagnética 76 emitida y la recibida. Se ha descubierto que un sensor 75 que utiliza radiación de radar con una frecuencia de 80 GHz o más es particularmente eficiente, dado que la radiación de radar 76 con tal frecuencia puede

penetrar a través del humo y los depósitos sólidos y permitir de ese modo una medición más precisa del nivel de metal h en la cavidad de molde 30.

5 El sensor 75 (que no se muestra en la figura 5) puede estar provisto dentro de la cavidad de molde 30 y al menos parcialmente verticalmente debajo de la tapa o carcasa 80. El sensor 75 también puede proporcionarse verticalmente por encima de la tapa o carcasa 80 y puede emitir y recibir una señal para medir el nivel h del metal líquido 20 a través de una abertura (por ejemplo, una abertura que es transparente para una señal de sensor, pero que no es permeable para gas) en la tapa o carcasa 80.

10 De acuerdo con realizaciones de la invención, en particular cuando el sensor 75 se implementa como un sensor de radar (por ejemplo, uno con una frecuencia de radar de 80 GHz o superior), y con referencia a la figura 6, la carcasa o tapa extraíble 80 puede comprender un cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar 85, por ejemplo, un cuerpo transparente de radiación de radar parcialmente, en una trayectoria de haz de radar entre el sensor de radar 75 y el metal líquido 20 en la cavidad de molde 30. El cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar 85 puede tener dos superficies (exteriores) 85a, 85b que tienen un vector normal que no es paralelo a una línea recta entre el sensor y el metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 en el área de radiación de radar 85c para evitar la detección de radiación de radar reflejada por el cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar 85 con el sensor de radar 75. El área de radiación de radar 85c es el área en la superficie del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 que está expuesta a la radiación de radar del sensor de radar 75. Al utilizar una configuración como se describió anteriormente y como se muestra en la figura 6, se puede mejorar la precisión de detección, ya que el sensor de radar 75 no detecta la radiación de radar que es reflejada por el cuerpo transparente de radiación de radar parcialmente 85, mientras que, al mismo tiempo, la atmósfera dentro de la cavidad de molde 30 puede separarse de la atmósfera que rodea al aparato de fundición 10, como se describe con referencia a la figura 5. El cuerpo transparente de radiación de radar parcialmente 85, por ejemplo, puede estar hecho de vidrio y/o puede estar provisto de manera integral de la carcasa o tapa extraíble 80. La figura 7 muestra una realización adicional de la invención. El aparato de fundición 10 de acuerdo con la invención puede comprender un desviador de flujo 90 que se proporciona en la trayectoria de flujo 55 aguas abajo de la bomba 60 para dirigir al menos una porción del metal líquido 20 en una dirección predeterminada en la cavidad de molde 30. Las dos flechas en la figura 7 muestran esquemáticamente cómo al menos una parte del metal líquido 20 que fluye hacia el interior de la cavidad de molde 30 es desviada por el desviador de flujo 90 hacia direcciones predeterminadas en la cavidad de molde 30. El desviador de flujo 90 puede, por ejemplo, optimizar la entrada de metal líquido 20 hacia el interior de la cavidad de molde 30 y la distribución de temperatura en la cavidad de molde 30, en particular cuando el molde 25 tiene una forma no simétrica vista a lo largo de la dirección vertical (es decir, una dirección desde el primer lado 26 hacia el segundo lado 27 del molde 25). El desviador de flujo 90 puede proporcionarse, por ejemplo, si el molde 25 tiene una forma rectangular, una forma de barra en T o cualquier otra forma no simétrica vista en dirección vertical.

Con referencia a la figura 8, el aparato de fundición 10 puede comprender un controlador 95. El controlador 95 puede implementarse, por ejemplo, como una unidad de control electrónico. El controlador 95 puede estar conectado funcionalmente con la bomba 60 para controlar una función de bomba de la bomba 60. De manera opcional, si el aparato de fundición 10 comprende un sensor 75, el controlador 95 puede, además, estar funcionalmente conectado con el sensor 75. El controlador 95 puede estar configurado para hacer funcionar la bomba 60 en función del valor de nivel h medido por el sensor 75 (valor real) y un valor de referencia predeterminado indicativo de un nivel deseable h del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30, de modo que se minimice la diferencia entre el valor real y el valor de referencia. Es decir, el controlador 95 puede estar configurado para controlar el nivel h de metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 de acuerdo con un valor previsto (el valor de referencia) haciendo funcionar la bomba 60 en base a una señal del sensor 75. El controlador 95 puede funcionar, por ejemplo, de acuerdo con un algoritmo de control PID o cualquier otro algoritmo que utilice control de retroalimentación (de circuito cerrado) proporcional (P) y/o integral (I) y/o derivada (D).

50 El controlador 95 puede estar configurado para cambiar el valor de referencia predeterminado de un valor indicativo de un nivel más alto h del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 más temprano en la operación de fundición del producto de fundición 35 a un valor indicativo de un nivel más bajo h del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 más tarde en la operación de fundición del producto de fundición 35. Es decir, el valor de referencia se puede cambiar, por ejemplo, durante una fase de inicialización de una operación de fundición de un producto de fundición 35 antes de que la operación de fundición alcance un funcionamiento de estado estable. Se ha descubierto que tal cambio del valor de referencia predeterminado puede dar como resultado una mejor calidad del producto de fundición, dado que una tasa de llenado preestablecida de la cavidad de molde durante la fase inicial de fundición y una reducción gradual del nivel de metal a medida que aumenta la velocidad de fundición durante la fase temprana de fundición hacia una situación de estado estable donde los parámetros de fundición y el nivel de metal se mantienen constantes hasta el final de la fundición.

A la luz de lo anterior, un método para fundición continua o semicontinua de un producto de fundición 35 de acuerdo con la invención puede comprender suministrar metal líquido 20 desde el depósito 15 hacia el interior de la cavidad de molde 30 del molde de fundición por enfriamiento directo 25 a lo largo de una trayectoria de flujo 55 definida entre el depósito 15 y la cavidad de molde 30 utilizando una fuerza gravitacional, y generar una fuerza que actúa sobre el metal líquido 20 utilizando la bomba 60 que actúa contra el flujo del metal líquido 20 a lo largo de la trayectoria de

flujo 55 provocada por la fuerza gravitacional para controlar el suministro del metal líquido 20 a la cavidad de molde 30 para controlar un nivel h de metal líquido 20 en la cavidad de molde 30 durante la fundición del producto de fundición 35.

- 5 El método puede comprender, además, calcular un valor de referencia indicativo de un nivel deseable h del metal líquido 20 en la cavidad de molde 30, medir un valor real indicativo del nivel real h de metal líquido 20 presente en la cavidad de molde 30 utilizando el sensor 75, y controlar la generación de la fuerza utilizando la bomba 60, por ejemplo, una bomba electromagnética de corriente continua 60, de modo que se minimice la diferencia entre el valor de referencia y el valor real. La generación de la fuerza utilizando la bomba 60 puede comprender generar un campo electromagnético que actúa sobre el metal líquido 20 que da como resultado una fuerza que tiene una dirección opuesta al flujo del metal líquido 20 a lo largo de la trayectoria de flujo 55. El método descrito en el presente documento puede llevarse a cabo utilizando el aparato de fundición 10 de acuerdo con realizaciones de la invención.

- 10
15 Todas las realizaciones descritas en el presente documento pueden combinarse entre sí, a menos que se especifique lo contrario. Las características descritas con respecto al aparato de fundición 10 también se aplican como etapas de método correspondientes para el método descrito en el presente documento y viceversa.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de fundición (10) para la fundición continua o semicontinua de un producto de fundición (35) que comprende

5 un depósito (15) para suministrar metal líquido (20), en donde el metal líquido (20) es aluminio líquido o una aleación de aluminio y el producto de fundición (35) es un producto de aluminio o de una aleación de aluminio, un molde de fundición por enfriamiento directo (25) que tiene una cavidad de molde (30) para contener al menos temporalmente el metal líquido (20) y para solidificar al menos parcialmente el metal líquido (20) para producir un producto de fundición (35), en donde se define una trayectoria de flujo (55) para el metal líquido (20) entre el depósito (15) y la cavidad de molde (30), y en donde el aparato de fundición (10) está configurado de tal manera que el metal líquido (20) tiene una tendencia a fluir a lo largo de la trayectoria de flujo (55) desde el depósito (15) hacia el interior de la cavidad de molde (30) por gravedad (g), en donde el metal líquido (20) entra en la cavidad de molde (30) a través de un primer lado verticalmente más alto (26) del molde (25), y en donde el producto de fundición (35) sale del molde (25) a través de un segundo lado verticalmente más bajo (27) del molde (25), y una bomba (60) dispuesta en la trayectoria de flujo (55) entre el depósito (15) y la cavidad de molde (30), en donde la bomba (60) se puede hacer funcionar para generar una fuerza en el metal líquido (20) que actúa contra la tendencia del metal líquido (20) a fluir a lo largo de la trayectoria de flujo (55) desde el depósito (15) hacia el interior de la cavidad de molde (30) por gravedad (g) para controlar el flujo del metal líquido (20) desde el depósito (15) hacia el interior de la cavidad de molde (30), en donde la bomba (60) es una bomba electromagnética de corriente continua, en donde se proporciona un desviador de flujo (90) en la trayectoria de flujo (55) aguas abajo de la bomba (60) para dirigir al menos una porción del metal líquido (20) en una dirección predeterminada en la cavidad de molde (30).

2. Aparato de fundición (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además

un sensor (75) para detectar un nivel (h) de metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) y para emitir un valor de nivel indicativo del nivel (h) de metal líquido (20) en la cavidad de molde (30), y un controlador (95), en donde el sensor (75) y la bomba (60) están conectados funcionalmente con el controlador (95), y en donde el controlador (95) está configurado para hacer funcionar la bomba (60) en función del valor de nivel y un valor de referencia predeterminado indicativo de un nivel deseable del metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) de manera que se minimice la diferencia entre el valor de nivel y el valor de referencia.

3. Aparato de fundición (10) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el primer lado (26) del molde (25) está sellado al menos parcialmente de modo que una atmósfera dentro de la cavidad de molde (30) se separa de una atmósfera que rodea al aparato de fundición (10), y en donde la atmósfera dentro de la cavidad de molde (30) entre el metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) y el primer lado (26) es controlada de modo que se controle la oxidación del metal líquido (20) en la cavidad de molde (30).

4. Aparato de fundición (10) de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en donde el sensor (75) es un sensor de radar que emite radiación de radar electromagnética (76) que tiene una frecuencia de 80 GHz o superior que incide sobre el metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) en un área de radiación de radar (85c).

5. Aparato de fundición (10) de acuerdo con la reivindicación 4, en donde se proporciona un cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar (85) en una trayectoria de haz de radar entre el sensor de radar (75) y el metal líquido (20) en la cavidad de molde (30), y en donde el cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar (85) tiene dos superficies exteriores (85a, 85b) que tienen cada una un vector normal que no es paralelo a una línea recta entre el sensor de radar (75) y el metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) en el área de radiación de radar (85c) para evitar la detección de radiación de radar (76) reflejada por el cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar (85) con el sensor de radar (75).

6. Aparato de fundición (10) de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 5, en donde el cuerpo al menos parcialmente transparente de radiación de radar (85) está provisto de manera integral del primer lado sellado (26) del molde.

7. Aparato de fundición (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde el controlador (95) está configurado para cambiar el valor de referencia predeterminado durante una operación de fundición del producto de fundición (35).

8. Aparato de fundición (10) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el controlador (95) está configurado para cambiar el valor de referencia predeterminado de un valor indicativo de un nivel más alto del metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) más temprano en la operación de fundición del producto de fundición (35) a un valor indicativo de un nivel más bajo del metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) más tarde en la operación de fundición del producto de fundición (35).

9. Aparato de fundición (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el molde (25)

comprende medios (45. 50) para el enfriamiento activo del producto de fundición (35).

10. Método para la fundición continua o semicontinua de un producto de fundición (35) utilizando un aparato de fundición como se describe en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende

5 suministrar metal líquido desde un depósito (15) hacia el interior de una cavidad de molde (30) de un molde fundición por enfriamiento directo (25) a lo largo de una trayectoria de flujo (55) definida entre el depósito (15) y la cavidad de molde (30) utilizando una fuerza gravitacional, y
10 generar una fuerza que actúa sobre el metal líquido (20) utilizando una bomba (60) que actúa contra el flujo del metal líquido (20) a lo largo de la trayectoria de flujo (55) provocada por la fuerza gravitacional para controlar el suministro del metal líquido (20) a la cavidad de molde (30) para controlar un nivel (h) de metal líquido (20) en la cavidad de molde (30) durante la fundición del producto de fundición (35).

11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende, además

15 calcular un valor de referencia indicativo de un nivel deseable (h) del metal líquido (20) en la cavidad de molde (30),
medir un valor real indicativo del nivel real (h) de metal líquido (20) en la cavidad de molde (30), y
20 controlar la generación de la fuerza utilizando la bomba (60) de modo que se minimice la diferencia entre el valor de referencia y el valor real.

12. Método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11. en donde generar la fuerza utilizando una bomba (60) comprende generar un campo electromagnético que actúa sobre el metal líquido (20) que da como resultado una fuerza que tiene una dirección opuesta al flujo del metal líquido (20) a lo largo de la trayectoria de flujo (55).

25

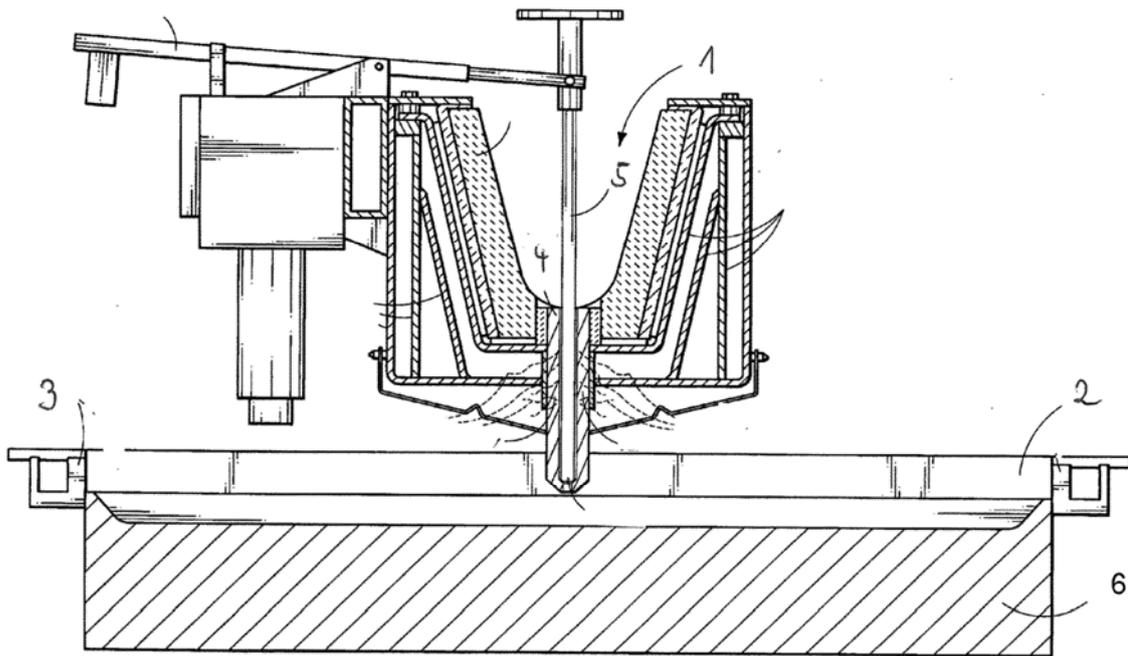


Fig. 1
Antecedentes Técnicos

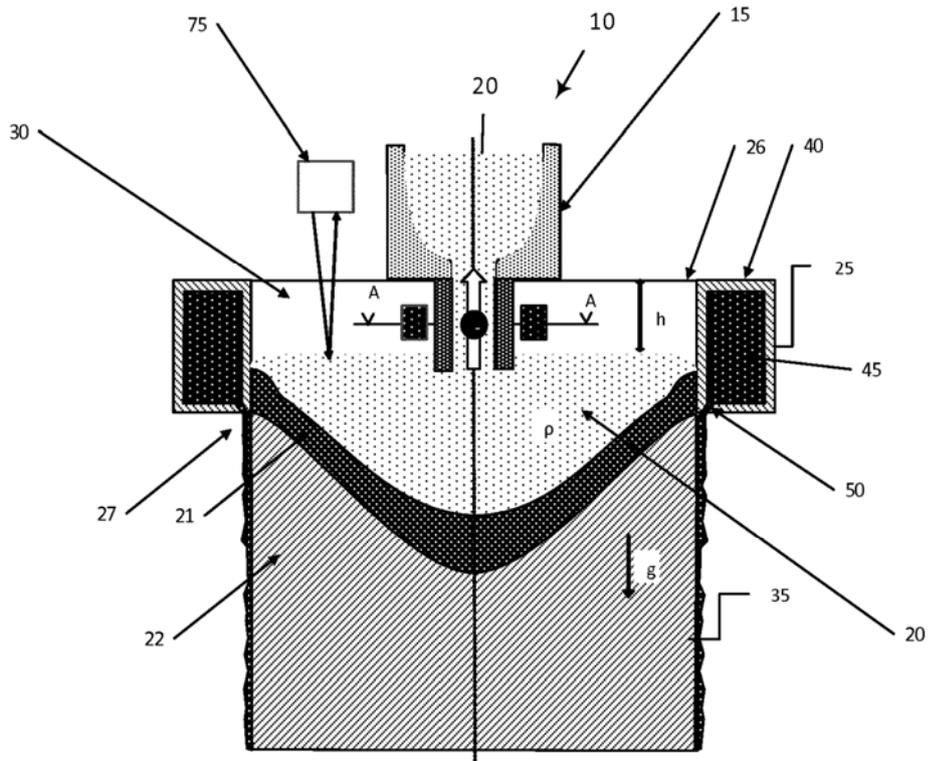


Fig. 2

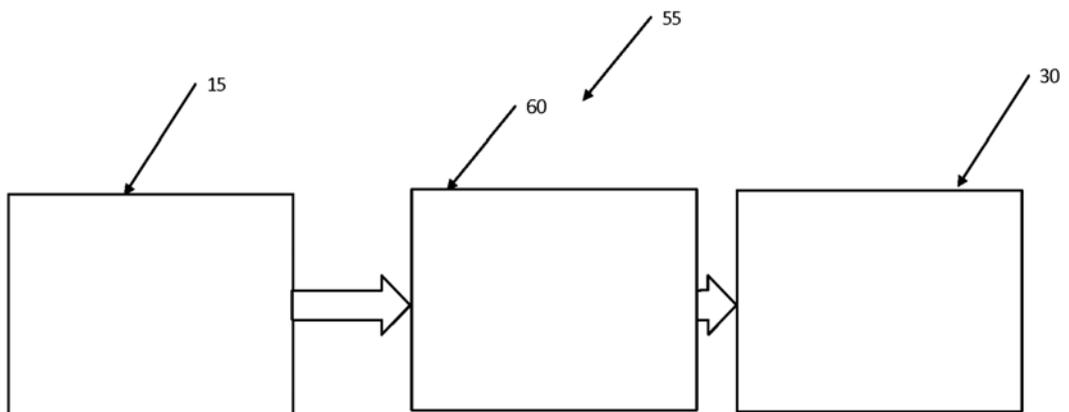


Fig. 3

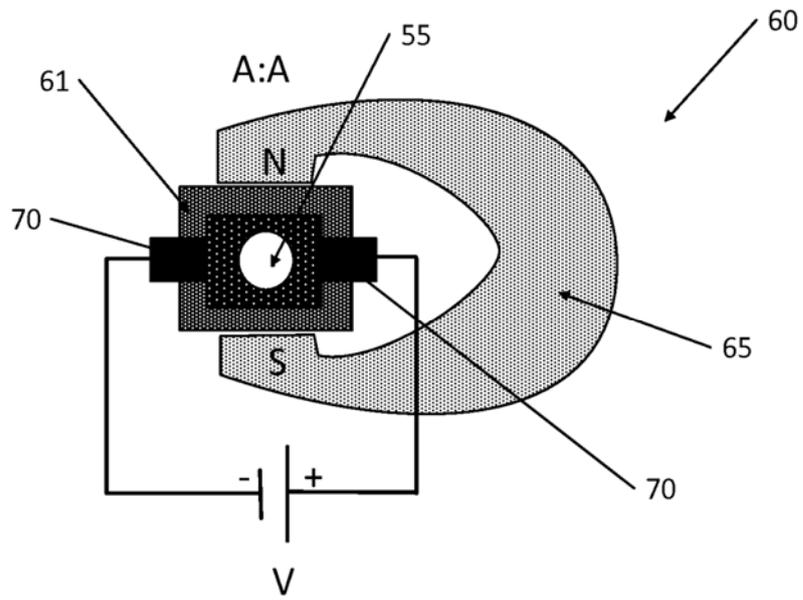


Fig. 4

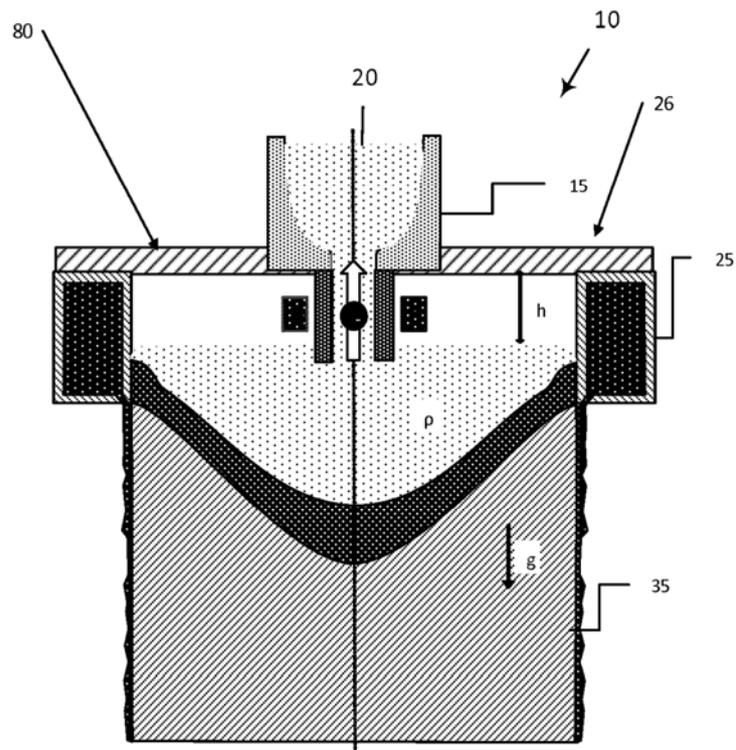


Fig. 5

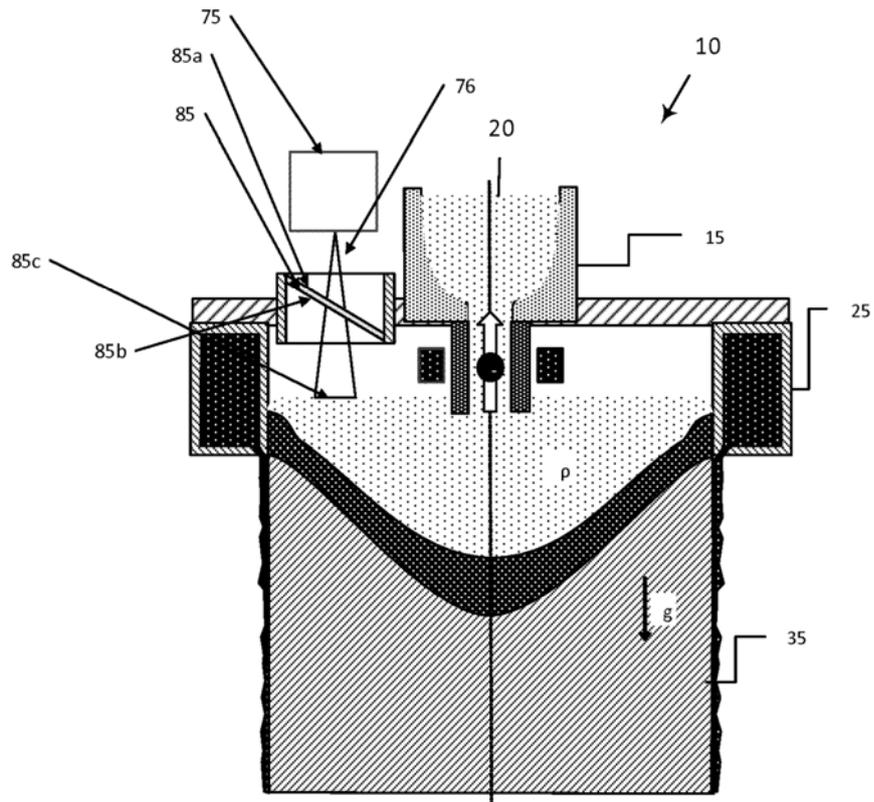


Fig. 6

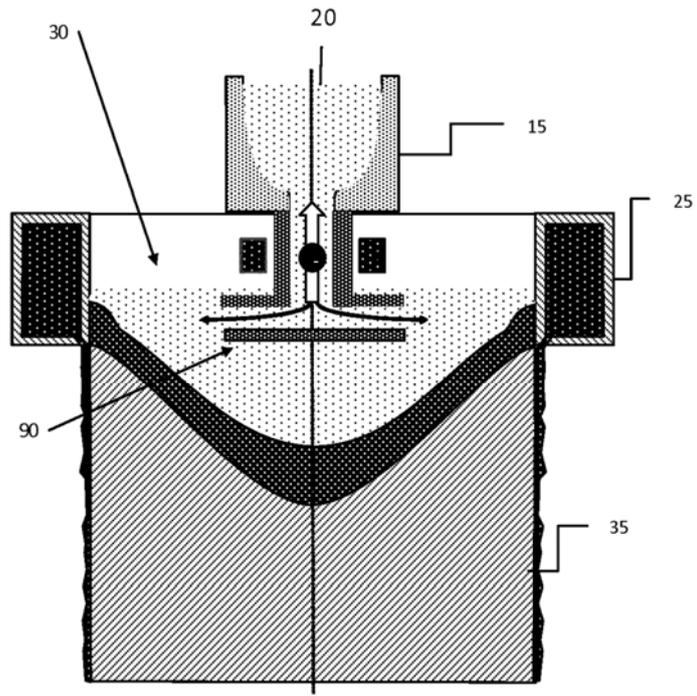


Fig. 7

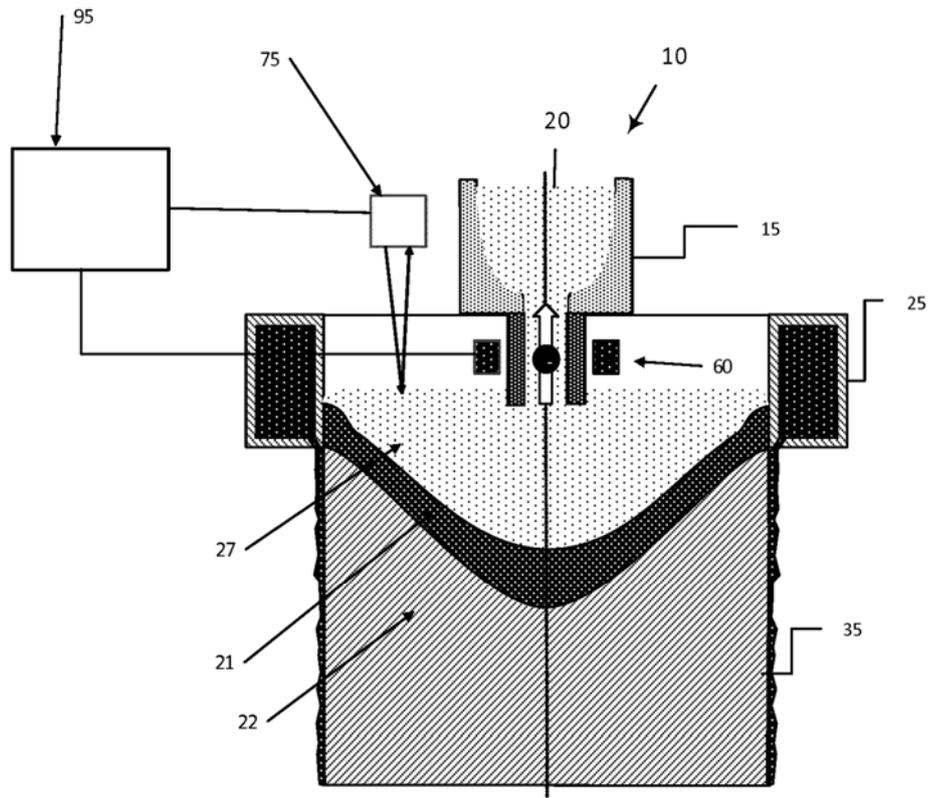


Fig. 8