

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 189**

51 Int. Cl.:

B01F 5/10	(2006.01)
C22B 9/02	(2006.01)
C22B 21/06	(2006.01)
F27D 3/00	(2006.01)
F27D 27/00	(2010.01)
C21C 5/52	(2006.01)
F27B 9/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.06.2014 PCT/GB2014/051859**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2014 WO14202966**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2014 E 14736009 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3011245**

54 Título: **Método para contener y circular un metal líquido y aparato para lo mismo**

30 Prioridad:

21.06.2013 GB 201311078

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

05.03.2020

73 Titular/es:

**EMP TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)
Faraday House, Eastern Avenue
Stretton, Burton-on-Trent DE13 0BB, GB**

72 Inventor/es:

**BOSWORTH, PAUL y
MIDGLEY, JASON DENNIS**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 746 189 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 para contener y circular un metal líquido y aparato para lo mismo

La presente invención se refiere a un aparato metalúrgico y a un método de hacer circular metal líquido dentro de un aparato metalúrgico.

5 En una realización preferida, la invención se refiere a un horno para fundir metales que incluye, pero no se limita a, metales no ferrosos tales como el aluminio, el magnesio y el zinc. Tales hornos generalmente incluyen un dispositivo de circulación para hacer circular la masa fundida dentro del horno para garantizar un calentamiento y distribución uniformes de las aleaciones. Se conocen varios dispositivos de circulación, incluidos agitadores mecánicos y dispositivos de bombeo, agitación y removido electromagnéticos.

10 Por ejemplo, el documento JP 10146650A describe un horno con un dispositivo electromagnético de removido que comprende un imán permanente en forma de disco situado debajo del suelo del horno. El imán se puede girar y el campo magnético giratorio resultante provoca la rotación de la masa fundida en el horno por inducción electromagnética.

15 El documento EP 1674814A describe un agitador para agitar una masa fundida, que tiene una pluralidad de imanes permanentes montados en un rotor accionado por motor. La rotación del rotor crea un campo magnético giratorio, que puede usarse para bombear la masa fundida a través de un conducto que se extiende entre las aberturas de entrada y de salida en una pared del horno. Esto provoca la circulación de la masa fundida en el horno.

20 El documento US 2011/0248432A1 describe una bomba electromagnética que tiene una pluralidad de imanes permanentes montados en un rotor accionado por motor. Un conducto en espiral se extiende a través de un alojamiento que rodea el rotor y la masa fundida puede ser bombeada a través de este conducto mediante el campo magnético giratorio creado por los imanes giratorios.

Se conocen otros distribuidores para hornos tales como en los documentos EP 1674814 A2, US 2011/074072 A, US 4615675 A, GB 1133162 A, EP2206998 A2 y GB 1424906 A.

25 Hertwich Engineering, de Braunau, en Austria, suministra una gama de bombas electromagnéticas y agitadores para hacer circular y mezclar metal líquido. Estos dispositivos incluyen bombas y agitadores de canal lateral, que utilizan una bomba electromagnética para bombear la masa fundida a través de un canal lateral formado en la pared de un horno, y una bomba de tubo que usa una bomba electromagnética para bombear la masa fundida a través de un tubo, por ejemplo, desde una cámara de un horno a otra.

30 Los dispositivos de circulación mencionados anteriormente incluyen todos una o más desventajas. El dispositivo electromagnético externo de removido descrito en JP 10146650A es costoso de implementar y el campo magnético producido por los imanes permanentes penetra el metal líquido únicamente a una profundidad superficial fija y, por lo tanto, no impulsa la circulación del metal de manera eficiente. Los rotores magnéticos descritos en los documentos US 2011/0248432A1 y EP 1674814 solamente actúan sobre una cantidad limitada de metal en los conductos de masa fundida, produciendo solamente un flujo relativamente débil. El conducto de masa fundida también debe diseñarse de modo que el metal permanezca cerca del rotor magnético durante el mayor tiempo posible, lo que restringe la forma del conducto a una forma de U relativamente estrecha y dicta la dirección del flujo del metal cuando sale del conducto. Los conductos de masa fundida de los sistemas descritos en los documentos US 2011/0248432A1 y EP 1674814, así como los dispositivos de circulación suministrados por Hertwich Engineering, no se pueden limpiar fácilmente y pueden bloquearse con la escoria y otros materiales. Además, cuando se proporcionan los conductos externos, estos no siempre se pueden precalentar de manera efectiva, lo que provoca el riesgo de que se dañen por choque térmico al entrar en contacto con el metal líquido, o de que provoquen que el metal se solidifique bloqueando el conducto.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un vaso metalúrgico y un método de hacer circular metal líquido dentro de un vaso metalúrgico que mitigue una o más de las desventajas mencionadas anteriormente.

45 Según el aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato metalúrgico según la reivindicación 1. Se proporcionan diversas realizaciones del aparato metalúrgico de la presente invención según las reivindicaciones 2-7. El término "lavadero", como se usa en el presente documento, se refiere a un canal de flujo alargado y substancialmente horizontal para el metal líquido, que es externo al cuerpo principal del vaso y a través del cual el metal puede fluir hacia y desde el vaso. El canal de flujo puede estar opcionalmente abierto (por ejemplo, normalmente tendrá forma de U), y puede incluir opcionalmente una cubierta que se puede cerrar para encerrar y sellar el canal de flujo. Sin embargo, está cubierta se puede quitar o abrir para proporcionar acceso al canal de flujo. Esto permite limpiar el canal de flujo, de modo que se puedan eliminar la escoria y otros contaminantes. Por lo tanto, la invención proporciona la ventaja de permitir que el metal circule en el horno usando un dispositivo de bombeo externo de una manera económica y eficiente, a la vez que se evitan los problemas asociados con la acumulación de escoria y otros contaminantes en el canal de flujo, proporcionando así un metal de alta calidad.

55 El lavadero puede incluir un sistema de calentamiento para calentar el lavadero a una temperatura de operación deseada. Esto ayuda a proteger el lavadero contra los daños por choque térmico cuando entra en contacto con el

metal líquido, y asegura que la temperatura del metal no caiga significativamente mientras fluye a través del lavadero, evitando así el riesgo de que el metal se solidifique y bloquee el canal de flujo.

5 Ventajosamente, el sistema de calentamiento incluye al menos un elemento de calentamiento eléctrico configurado para calentar el lavadero. Esto proporciona un mecanismo eficiente y fiable para calentar el lavadero. Ventajosamente, el lavadero incluye un cuerpo de canal de cerámica que proporciona el canal de flujo, y el sistema de calentamiento incluye al menos un elemento de calentamiento eléctrico colocado adyacente a un lado del cuerpo de canal de cerámica. Alternativamente, se pueden usar otros tipos de sistemas de calentamiento, incluidos los sistemas de gas caliente y los sistemas basados en combustión, por ejemplo, el uso de quemadores de gas para calentar el canal de flujo.

10 Ventajosamente, el lavadero incluye una capa de relleno de un material refractario térmicamente conductor entre el cuerpo de canal de cerámica y el elemento de calentamiento eléctrico. La capa de relleno puede estar hecha, por ejemplo, de un material refractario moldeable que tenga una conductividad térmica de al menos 3 W/mK, preferiblemente al menos 5 W/mK y más preferiblemente al menos 6,5 W/mK.

15 El dispositivo de bombeo incluye preferiblemente una bomba electromagnética que genera un campo magnético en movimiento dentro del canal de flujo para bombear metal líquido a lo largo del canal de flujo. El uso de una bomba electromagnética proporciona un flujo no turbulento del metal líquido a través del lavadero, y permite que el metal líquido sea conducido a través del lavadero sin entrar en contacto con ningún dispositivo de bombeo físico. Se evitan así los problemas de erosión por contacto con el metal. Además, puesto que el lavadero es ininterrumpido, la limpieza del canal de flujo se simplifica.

20 El uso de una bomba electromagnética también produce un flujo potente de tipo vector, que ayuda a la circulación del metal líquido dentro del horno. El lavadero puede diseñarse para dirigir este flujo a áreas estratégicas del horno para garantizar una mayor homogeneidad del metal en el baño. Además, el flujo másico del metal líquido puede dirigirse hacia la posición en la que se introduce la chatarra en el horno, lo que beneficia la velocidad de absorción de calor de la chatarra y reduce el tiempo de fusión. Los ángulos de entrada del lavadero y el perfil interno del lavadero se pueden
25 ajustar para maximizar este efecto vectorial. Por lo tanto, el sistema no está sujeto a las mismas limitaciones de diseño de los sistemas que utilizan rotores de imanes permanentes.

En una realización preferida, la bomba electromagnética comprende una bomba de tubo que tiene un tubo refractario y un conjunto de bobinas eléctricas dispuestas alrededor del tubo. En otra realización, la bomba electromagnética comprende al menos un conjunto de elementos de inducción dispuestos alrededor de una base y uno o más lados del
30 canal de flujo. En otra realización preferida, la bomba electromagnética comprende un conjunto de bobinas eléctricas en forma de U. Una ventaja de usar un conjunto de bobinas eléctricas para generar un campo magnético en movimiento dentro del canal de flujo es que la profundidad de penetración del campo magnético en el metal líquido puede controlarse variando la frecuencia de la corriente eléctrica suministrada a las bobinas, proporcionando una menor frecuencia una mayor profundidad de penetración. De este modo, el acoplamiento entre el campo magnético y
35 el metal líquido puede controlarse para garantizar una operación eficiente, de acuerdo con la profundidad del metal líquido en el canal de flujo. La capacidad de aumentar la profundidad de penetración operando a una frecuencia más baja también permite aumentar el grosor del material refractario para mejorar la seguridad y reducir el riesgo de fugas.

Alternativamente, el dispositivo de bombeo puede incluir una bomba mecánica configurada para bombear metal líquido a lo largo del canal de flujo. La bomba mecánica está situada preferiblemente dentro de una parte del lavadero que
40 tiene un ancho de sección transversal aumentado.

Ventajosamente, el dispositivo de bombeo incluye un dispositivo de control que está configurado para controlar la velocidad de bombeo del dispositivo de bombeo. El dispositivo de control incluye preferiblemente un dispositivo de medición de nivel para medir el nivel de metal líquido dentro del lavadero, y puede configurarse para controlar la
45 velocidad de bombeo del dispositivo de bombeo de acuerdo con un nivel medido de metal líquido dentro del lavadero. El flujo másico del metal líquido puede así ajustarse para lograr una eficiencia térmica óptima dentro del cuerpo principal del vaso. El dispositivo de medición de nivel puede usarse alternativamente, o por añadidura, como un dispositivo de seguridad para detener el funcionamiento del dispositivo de bombeo si, por ejemplo, el extremo de salida del lavadero se bloquea, haciendo que aumente el nivel de la masa fundida en el lavadero.

El aparato metalúrgico incluye al menos un dispositivo de control de flujo que es ajustable entre una configuración
50 abierta en la que se permite el flujo de metal líquido entre el vaso y el lavadero, y una configuración cerrada en la que se evita el flujo de metal líquido entre el vaso y el lavadero. El dispositivo de control de flujo puede consistir, por ejemplo, en un dique o compuerta que se puede elevar para permitir el flujo, o bajar para evitar o restringir el flujo. El dique también se puede colocar de modo que la parte más baja del dique esté justo debajo de la superficie del metal líquido, lo que permite que el metal fluya por debajo de la compuerta mientras se retiene la escoria (óxidos u otros
55 contaminantes) que flotan en la superficie del metal. El posicionamiento de los diques se puede automatizar, por ejemplo, utilizando tecnología de detección de nivel, para evitar que la escoria entre al sistema de lavadero, y las posiciones de los diques se pueden ajustar a medida que cambia el nivel de metal en el horno.

Opcionalmente, el lavadero puede incluir un tramo de flujo adicional para conducir un flujo de metal líquido hacia o desde el horno, de modo que pueda transferirse a otros vasos metalúrgicos.

5 El aparato metalúrgico incluye medios para dispensar el metal a un nivel superior. Esto puede consistir, por ejemplo, en un vaso vertical montado entre los extremos de entrada y de salida del canal de flujo, y un medio de control de flujo (por ejemplo, un tapón o una compuerta controlables) para controlar el flujo de metal desde el vaso al lavadero. Al cerrar este control de flujo, el metal puede ser forzado hacia arriba por el vaso vertical a una salida alternativa en el extremo superior del vaso.

10 Los medios para dispensar el metal a un nivel superior consisten en una salida secundaria situada en un nivel superior dentro del lavadero. El nivel del líquido dentro del lavadero puede elevarse, permitiendo que el metal líquido fluya fuera del lavadero a través de la salida secundaria, mediante el cierre de una abertura de salida hacia el horno al mismo tiempo que se continúa bombeando el metal desde el horno hacia el lavadero. De este modo, el metal líquido puede transferirse desde el horno a otro vaso a un nivel superior.

15 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un método de circulación de metal líquido en un aparato metalúrgico de acuerdo con la reivindicación 8. Diversas realizaciones del método de circulación de metal líquido de la presente invención se proporcionan en las reivindicaciones 9-12.

Ventajosamente, el método comprende precalentar el lavadero para protegerlo contra daños por choque térmico y asegurar que la temperatura del metal no caiga significativamente mientras fluye a través del lavadero, evitando así el riesgo de que el metal se solidifique y bloquee el canal de flujo.

20 Ventajosamente, el método comprende además bombear el metal líquido a través del lavadero mediante la generación de un campo magnético en movimiento dentro del canal de flujo. Ventajosamente, el campo magnético en movimiento se genera usando una bomba de tubo. Alternativamente, el método puede comprender bombear metal líquido a través del lavadero usando una bomba mecánica situada dentro del lavadero.

25 El método preferiblemente comprende además controlar la velocidad de bombeo del dispositivo de bombeo. Ventajosamente, el método comprende medir el nivel del metal líquido dentro del lavadero y controlar la velocidad de bombeo del dispositivo de bombeo de acuerdo con un nivel medido del metal líquido dentro del lavadero para mantener el efecto vectorial del metal que fluye.

El método puede comprender además operar al menos un dispositivo de control de flujo para controlar el flujo de metal líquido entre el vaso y el lavadero.

30 El método puede comprender además guiar un flujo de metal líquido hacia o desde el horno a través de un tramo de flujo adicional del lavadero.

Ahora se describirán diversas realizaciones de la invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en planta de un horno que tiene un dispositivo de circulación;

la figura 2 es una vista isométrica del dispositivo de circulación, que tiene diques de lavadero opcionales;

35 la figura 3 es otra vista isométrica del dispositivo de circulación, visto desde arriba;

la figura 4 es una vista en planta del dispositivo de circulación;

la figura 5 es una sección transversal según la línea V-V de la figura 4;

la figura 6 es una vista isométrica que muestra la superficie interior de una pared del horno;

40 la figura 7 es una vista isométrica desde arriba de un dispositivo de circulación según una segunda realización de la invención;

la figura 8 es una vista isométrica del segundo dispositivo de circulación visto desde abajo;

la figura 9 es una vista isométrica desde abajo de un tercer dispositivo de circulación según la invención;

la figura 10 es una vista isométrica desde arriba del tercer dispositivo de circulación;

la figura 11 es una vista isométrica que muestra parcialmente el tercer dispositivo de circulación en sección;

45 la figura 12 es una vista isométrica desde arriba de un cuarto dispositivo de circulación según la invención;

la figura 13 es una vista isométrica desde arriba del cuarto dispositivo de circulación;

la figura 14 es otra vista isométrica desde arriba del cuarto dispositivo de circulación;

la figura 15 es una vista en sección de un lavadero calentado que forma un componente de un dispositivo de circulación según la invención;

las figuras 16a, 16b y 16c son vistas isométricas alternativas de un quinto dispositivo de circulación según la invención, que incluye un puerto de transferencia para transferir la masa fundida desde un horno;

5 la figura 17 es una vista isométrica desde abajo de parte de un sexto dispositivo de circulación según la invención;

la figura 18 es una vista en planta desde arriba de parte de un séptimo dispositivo de circulación según la invención;

la figura 19 es una vista en sección transversal de parte de un octavo dispositivo de circulación según la invención.

la figura 20 es una vista en sección transversal del octavo dispositivo de circulación con la tapa quitada, y

la figura 21 es una vista en sección lateral del octavo dispositivo de circulación con la tapa quitada.

10 Las figuras 1-6 representan un vaso metalúrgico, en este ejemplo un horno 2, que comprende una pared 4 periférica de cuatro lados y una base 5 que contiene un cuerpo de metal líquido 6 (o "masa fundida"). En este ejemplo, el horno 2 está hecho de un material refractario adecuado e incluye un calentador convencional (no mostrado) para calentar y fundir el metal en el horno. El horno 2 puede estar destinado para fundir el metal o para contener el metal líquido durante un proceso de refinado o de fundición. Puede estar diseñado para su uso con metales no ferrosos tales como el aluminio, el magnesio o el zinc, o cualquier otro metal ferroso o no ferroso y aleaciones metálicas.

15 El horno 2 incluye un dispositivo 8 de circulación para hacer circular el cuerpo de metal líquido 6 en el horno 2. El dispositivo 8 de circulación comprende un canal abierto por arriba o un lavadero 10, que tiene una forma substancialmente de U en sección horizontal para proporcionar un canal 11 de flujo para que la masa fundida fluya a través del lavadero. El lavadero 10 está montado externamente en una pared 4a lateral del horno 2 y tiene un extremo 12 de entrada que está conectado a una abertura 14 de entrada en la pared 4a lateral y un extremo 16 de salida que está conectado a una abertura 17 de salida en la pared 4a lateral, permitiendo que el metal líquido fluya hacia y desde el horno 2 a través del lavadero 10. En esta realización, el lavadero 10 se divide en una sección 10a de entrada de lavadero y una sección 10b de salida de lavadero.

20 El dispositivo 8 de circulación también incluye una bomba 18, que está montada entre las secciones 10a y 10b de entrada y de salida del lavadero 10 y está configurada para bombear la masa fundida a través del lavadero 10 desde el extremo 12 de entrada al extremo 16 de salida, como se indica mediante las flechas de flujo A. Por lo tanto, la masa fundida fluye desde el horno 2 al lavadero 10 a través de la abertura 14 de entrada, y vuelve al horno 2 a través de la abertura 17 de salida. Este flujo de masa fundida a través de las aberturas 14 y 17 de entrada y de salida provoca que el cuerpo de metal líquido 6 en el horno 4 circule como lo indican las flechas de flujo B. Alternativamente, invirtiendo la polaridad de la corriente eléctrica suministrada a la bomba 18, se puede hacer circular la masa fundida en la dirección opuesta (a la inversa de las direcciones indicadas por las flechas de flujo A y B).

25 En esta realización, la bomba 18 es una bomba electromagnética de tubo, que está montada entre la sección 10a de entrada de lavadero y la sección 10b de salida de lavadero. La bomba 18 comprende una serie de bobinas 20 eléctricas que están montadas alrededor de un tubo 22 refractario. Cada extremo del tubo 22 está sellado a una abertura en una pared 23 extrema de la sección 10a, 10b de lavadero respectiva. El tubo 22 interconecta así las secciones 10a, 10b de entrada y de salida del lavadero, permitiendo que la masa fundida fluya a través del lavadero 10.

30 La bomba 18 de tubo generalmente incluye al menos tres bobinas 20, y normalmente seis o más bobinas, que están espaciadas axialmente a lo largo de la longitud del tubo 22. Se suministra una corriente alterna a cada una de las bobinas 20, estando la fase de los suministros de corriente alterna desplazada para que las bobinas creen un campo magnético en movimiento que se desplaza continuamente en una dirección a lo largo del eje del tubo 22. Este campo magnético en movimiento genera corrientes de Foucault dentro de la masa fundida en el tubo 22 y provoca una fuerza electromagnética que bombea la masa fundida desde el extremo 12 de entrada hacia el extremo 16 de salida del lavadero 10. Esta bomba 20 de tubo es convencional y puede ser, por ejemplo, del tipo vendido por Hertwich Engineering: por lo tanto, no se describirá con más detalle.

35 El lavadero 10 puede incluir opcionalmente uno o más dispositivos de control de flujo para controlar el flujo de metal líquido entre el horno 2 y el lavadero 10. En el ejemplo mostrado en la figura 2, estos dispositivos de control de flujo comprenden un par de diques 24 de lavadero, que se montan en la pared 4a lateral del horno según se muestra en la figura 2 y se pueden subir y bajar como compuertas. En la figura 2, los diques 24 del lavadero se muestran en posiciones elevadas en las que se sitúan por encima de las aberturas 14 y 17 de entrada y de salida para que no obstruyan las aberturas. Los diques 24 del lavadero están configurados para que puedan dejarse caer de la posición elevada a posiciones más bajas en las que cierran las aberturas 14 y 17 de entrada y de salida para evitar que la masa fundida salga del horno 2 al lavadero 10. Los diques 24 de lavadero opcionales se han omitido en las figuras 3-6.

40 El lavadero 10 está hecho de un material refractario y preferiblemente incluye uno o más dispositivos de calentamiento para precalentar el lavadero a aproximadamente la temperatura del metal líquido. Los dispositivos de calentamiento pueden incluir, por ejemplo, elementos de calentamiento eléctrico, sistemas de calentamiento de gas caliente y

sistemas de calentamiento por combustión, que incluyen, por ejemplo, quemadores de gas. El uso de dispositivos de calentamiento ayuda a proteger el lavadero contra daños por choque térmico cuando el metal líquido entra en contacto con él por primera vez, y evita la solidificación del metal cuando entra al lavadero. Una posible construcción del lavadero se describe en el documento WO 2012/175911 A. La estructura de este lavadero se describe con más detalle a continuación.

En uso, un cuerpo de metal líquido 6 en el horno 2 circula mediante la operación de la bomba 18 para impulsar un flujo de masa fundida a través del lavadero 10, como se indica mediante las flechas de flujo A. Por lo tanto, la masa fundida se extrae del horno 2 a través de la primera abertura 14 y se reintroduce en el horno 2 a través de la segunda abertura 17. Este flujo de masa fundida hacia y desde el horno hace que el cuerpo de metal líquido 6 dentro del horno 2 circule como lo indican las flechas de flujo B.

Los extremos 12 y 16 de entrada y de salida y las aberturas 14 y 17 primera y segunda están configurados para garantizar un flujo uniforme y no turbulento de la masa fundida hacia y desde el horno 2. Preferiblemente, los extremos 12 y 16 de entrada y de salida y las aberturas 14 y 17 primera y segunda son divergentes como se muestra en la figura 1, de modo que el flujo de la masa fundida se dirige en un ángulo agudo hacia la pared 4 periférica del horno 2, para asegurar la circulación de todo el cuerpo de metal líquido dentro el horno. Los ángulos y las formas de los extremos 12 y 16 de entrada y de salida y de las aberturas 14 y 17 primera y segunda se pueden seleccionar en la etapa de diseño para asegurar un flujo de la masa fundida uniforme y no turbulento.

Las aberturas 14 y 17 primera y segunda se sitúan preferiblemente cerca del suelo 5 del horno como se muestra en la figura 6, de modo que la masa fundida pueda entrar en el lavadero 10 incluso cuando el nivel de líquido dentro del horno sea bastante bajo. Esto asegura que se pueda proporcionar la circulación del metal líquido durante el llenado y el vaciado del horno. En el caso de un horno de fusión, donde el metal sólido se calienta a la temperatura de fusión, los diques 24 del lavadero, si se proporcionan, pueden colocarse inicialmente en las posiciones cerradas para retener el metal dentro del horno hasta que se haya creado una profundidad suficiente de metal líquido. Los diques 24 pueden abrirse para permitir que el metal líquido entre al lavadero 10. Los diques 24 también pueden bajarse parcialmente durante su uso a una posición donde el borde inferior del dique esté sumergido por debajo de la superficie libre del cuerpo de metal líquido, para retener cualquier escoria que flote en la superficie del metal líquido.

El dispositivo de bombeo puede incluir un dispositivo de control que controla la velocidad de bombeo del dispositivo de bombeo. El dispositivo de control puede incluir un dispositivo 25 de medición de nivel (figura 2) para medir el nivel del metal líquido dentro del lavadero, y estar configurado para controlar la velocidad de bombeo del dispositivo de bombeo de acuerdo con un nivel medido del metal líquido dentro del lavadero. El flujo másico del metal líquido puede así ajustarse para lograr una eficiencia térmica óptima dentro del cuerpo principal del vaso. El dispositivo 25 de medición de nivel puede usarse alternativamente, o por añadidura, como un dispositivo de seguridad para detener la operación del dispositivo de bombeo si, por ejemplo, el extremo de salida del lavadero se bloquea, haciendo que aumente el nivel de la masa fundida en el lavadero.

Un dispositivo 8 de circulación según una segunda realización de la invención se muestra en las figuras 7 y 8. En esta realización, el lavadero 10 se extiende continuamente desde el extremo 12 de entrada hasta el extremo 16 de salida. Una bomba 26 electromagnética está dispuesta alrededor de una parte central del lavadero 10, entre los extremos 12 y 16 de entrada y de salida. Al igual que con la bomba de tubo de la primera realización, la bomba 26 electromagnética incluye una pluralidad de bobinas separadas axialmente, que se suministran con corrientes alternas desfasadas para crear un campo magnético que se desplaza en la dirección axial del lavadero para bombear la masa fundida a lo largo del lavadero. Sin embargo, en este caso, las bobinas tienen forma de U y están enrolladas alrededor de los lados y de la base del lavadero 10. Esta disposición tiene la ventaja de proporcionar un canal 11 de flujo abierto continuo que es accesible a lo largo de toda su longitud, de modo que se pueda limpiar fácilmente y eliminar cualquier depósito.

Un dispositivo 8 de circulación según una tercera realización de la invención se muestra en las figuras 9, 10 y 11. Como con la segunda realización, el lavadero 10 se extiende continuamente desde el extremo 12 de entrada al extremo 16 de salida, proporcionando un canal 11 de flujo abierto. La bomba 18 electromagnética consta en este caso de tres dispositivos 28 de inducción separados, que están dispuestos en los lados y en la base de una parte central del lavadero 10 entre los extremos 12 y 16 de entrada y de salida. Cada dispositivo 28 de inducción comprende un conjunto de bobinas, que se suministran con corrientes alternas desfasadas para crear un campo magnético que se desplaza en la dirección axial del lavadero para bombear la masa fundida a lo largo del lavadero. Al igual que con la segunda realización, esta disposición también tiene la ventaja de proporcionar un canal 11 de flujo que es accesible a lo largo de toda su longitud, de modo que se pueda limpiarse fácilmente y eliminarse cualquier depósito.

Un dispositivo 8 de circulación según una cuarta realización de la invención se muestra en las figuras 12, 13 y 14. Esta realización también incluye un lavadero 10 abierto que se extiende continuamente desde el extremo 12 de entrada hasta el extremo 16 de salida. En lugar de una bomba electromagnética, en esta realización, el dispositivo 8 de circulación incluye una bomba 30 mecánica para bombear la masa fundida a través del lavadero. En esta realización, la bomba 30 está situada en una parte central del lavadero 10 entre los extremos 12 y 16 de entrada y de salida, y está alojada dentro de una sección 32 ampliada del lavadero. Sin embargo, la bomba puede estar situada en cualquier otro lugar dentro del lavadero. La bomba 30 incluye un motor 34, por ejemplo un motor 34 eléctrico o un motor neumático, que acciona un conjunto de paletas 36 dentro de un alojamiento 38 a través de un eje 40. Las paletas 36,

el alojamiento 38 y el eje 40 están hechos de un material que puede resistir el contacto con el metal líquido sin una erosión excesiva. Las paletas 36 son accionadas por el motor 30 para bombear la masa fundida mecánicamente a través del lavadero 10.

5 La figura 15 ilustra la posible estructura para el lavadero calentado, que en este ejemplo es como se describe en el documento WO 2012/175911A. El lavadero 10 consiste en un canal abierto a través del cual se puede verter el metal líquido, que tiene una sección transversal substancialmente uniforme. El lavadero 10 incluye un cuerpo 42 de canal para recibir el metal líquido. El cuerpo de la cubeta 42 tiene substancialmente forma de U en sección transversal vertical y define un canal 11 de flujo con la parte de arriba abierta para contener el metal líquido a medida que fluye a través del dispositivo. El cuerpo 42 del canal está hecho preferiblemente de un material refractario fundido. Por ejemplo, el cuerpo del canal puede estar hecho de sílice fundida (SiO_2) o de alúmina (Al_2O_3), de acuerdo con la aplicación para la cual está destinado el dispositivo.

10 El cuerpo 42 del canal está situado centralmente dentro de una cubierta 44 metálica en forma de U que está hecha, por ejemplo, de acero inoxidable. La cubierta 44 es más ancha y profunda que el cuerpo 42 del canal, dejando un espacio alrededor de los lados y de la base del cuerpo del canal. Este espacio se rellena preferiblemente con un material refractario moldeable térmicamente conductor que forma una capa 46 de relleno. La capa 46 de relleno está hecha preferiblemente de un material refractario moldeable que tiene una alta conductividad térmica: es decir, una conductividad térmica de al menos 3 W/mK, preferiblemente de al menos 5 W/mK y más preferiblemente de al menos 6,5 W/mK.

15 Cuando se usan fuerzas electromagnéticas para impulsar la masa fundida a través del lavadero, la cubierta 44 metálica puede omitirse o sustituirse, si es necesario, por una cubierta hecha de un material tal como el acero inoxidable austenítico que no influye en el campo magnético en las regiones del lavadero donde es necesario que el campo magnético penetre a través del lavadero para influir en la masa fundida en el cuerpo 42 del lavadero. Por ejemplo, en la segunda realización mostrada en las figuras 7-8, la cubierta metálica puede omitirse en la región adyacente a las bobinas que forman la bomba 26 electromagnética, y en la tercera realización mostrada en las figuras 9-11, la cubierta metálica puede omitirse en la región adyacente a las bobinas 28.

20 El material de relleno puede ser, por ejemplo, Pyrocast™ SCM-2600 vendido por Pyrotek, Inc. Este es un refractario moldeable a base de carburo de silicio de alta pureza con bajo contenido de cemento. Tiene una conductividad térmica de 7,19 W/mK a 816°C.

25 Más generalmente, el material de relleno puede ser un refractario moldeable a base de carburo de silicio con un alto porcentaje de carburo de silicio, por ejemplo aproximadamente el 80% en peso de carburo de silicio. El refractario también puede contener otros materiales, tales como finos metálicos para aumentar la conductividad térmica.

30 Se pueden usar también otros materiales tales como el nitruro de aluminio, ya sea como el componente principal del material de relleno o incluidos como un componente adicional dentro de un refractario a base de carburo de silicio. El nitruro de aluminio tiene una conductividad térmica extremadamente alta, pero es muy costoso, por lo que su uso puede limitarse solamente a las aplicaciones más exigentes.

35 Los materiales que tienen conductividades térmicas ligeramente más bajas, tales como la alúmina y el nitruro de silicio, también pueden usarse en aplicaciones menos exigentes.

40 El cuerpo 42 del canal, la cubierta 44 metálica y la capa 46 de relleno comprenden conjuntamente una estructura unitaria que es separable de las otras partes del lavadero 10, que se describen a continuación. Esta estructura unitaria, a la que se hará referencia en este documento como un cartucho 53 de canal, puede fabricarse y venderse por separado como un componente reemplazable del lavadero 10.

45 La parte exterior del lavadero 10 incluye un revestimiento 55 exterior de metal, que está hecho, por ejemplo, de acero y que comprende una base 55a y dos paredes 55b laterales que forman un canal en forma de U. Una capa 56 base de material aislante térmico, por ejemplo, una placa de fibra de baja densidad, llena la parte inferior de este canal y sostiene el cartucho 53 de canal.

50 Montados dentro del revestimiento 55 y adyacentes a los lados del cartucho 53 de canal hay un par de paneles 58 calefactores opcionales, cada uno de los cuales comprende un elemento de calentamiento eléctrico integrado dentro de una matriz cerámica de soporte. Estos paneles 58 calefactores se pueden mover horizontalmente dentro del revestimiento 55 acercándolos o alejándolos del cartucho 53 de canal y se pueden fijar en la posición elegida. Durante el uso operativo, los paneles 58 del calentador se colocan contra la cubierta 44 metálica del cartucho 53 del canal, para garantizar una transferencia eficiente de calor desde los paneles del calentador a través de la cubierta 44 a la capa 46 de relleno termoconductora al cuerpo 42 del canal. Los paneles 48 del calentador también se pueden alejar del cartucho 53 de canal para permitir la extracción y la sustitución del cartucho 53 de canal.

55 Cada panel 58 calefactor incluye en su superficie exterior una capa 60 aislante de un material aislante térmico adecuado, por ejemplo, una placa de fibra de baja densidad. Se proporciona un espacio 62 de aire entre la capa 60 aislante y la pared 55b lateral adyacente del revestimiento para permitir el desplazamiento lateral del panel 58 calentador, y además para reducir la transferencia de calor al revestimiento 55.

Las partes superiores del cartucho 53 del canal, del revestimiento 55 y de los paneles 58 calefactores están cubiertas por un par de placas 64 superiores de acero, estando cada placa 64 superior aislada térmicamente por una capa superior de material 66 aislante, por ejemplo una cobertera de fibra cerámica o con una placa de fibra de baja densidad. Las placas 64 superiores son extraíbles o están unidas a la cubierta mediante bisagras, de modo que pueden retirarse o reposicionarse para permitir el acceso al interior del lavadero 10, por ejemplo, para la extracción y la sustitución del cartucho 53 del canal o para el ajuste o el mantenimiento de los paneles 58 calefactores, o para permitir la limpieza del canal 11.

Alternativamente, como se muestra en las figuras 19-21, el lavadero 10 puede estar provisto de una tapa 68 que, o bien es extraíble, o bien puede abrirse para proporcionar acceso al canal 11 de flujo. La tapa 68 puede estar unida al lavadero 10 con bisagras o pernos extraíbles. La tapa 68 puede incluir opcionalmente un elemento de sellado, por ejemplo, una junta (no mostrada), para proporcionar un sellado a prueba de fugas sobre el canal 11 de flujo. La tapa 68 puede estar hecha de un material refractario, lo que le permite resistir contacto con el metal líquido. El lavadero 10 y/o la tapa 68 pueden incluir una cubierta de acero para mayor resistencia, y/o pueden incluir materiales aislantes térmicos para reducir la velocidad a la que el calor escapa del lavadero 10.

Una forma modificada del aparato que permite la transferencia de metal hacia y desde el horno 2 se muestra en las figuras 16a, 16b y 16c. En este aparato modificado, el lavadero 10 incluye un tramo 70 adicional de salida a través del cual se puede transferir el metal. En este ejemplo, se proporcionan inductores 72a, 72b de placa lateral en ambas secciones 12 y 16 de entrada y de salida del lavadero 10, aunque alternativamente se pueden proporcionar otros medios de bombeo. Durante la operación de circulación, estos inductores impulsan el metal a través del lavadero 10 desde la sección 12 de entrada a la sección 16 de salida y desde allí de vuelta al horno. Alternativamente, el inductor 72b de la sección 16 de salida puede ser operado a la inversa para impulsar el metal líquido fuera del horno. Por lo tanto, el metal líquido fluirá hacia afuera a través de ambas secciones 12 y 16 del lavadero 10 y a lo largo del tramo 70 adicional de salida hacia un punto aguas abajo. Se puede proporcionar un tapón (no mostrado) para cerrar el tramo 70 de salida, para evitar que el metal líquido fluya a través del tramo de salida.

En la figura 17 se muestra otra forma modificada del aparato que, además de hacer circular el metal dentro de un horno 2, también permite que el metal se eleve a un nivel superior. El horno 2 incluye un dispositivo 8 de circulación para hacer circular el cuerpo de metal líquido 6 en el horno 2. El dispositivo 8 de circulación comprende un canal 11 de flujo, que tiene substancialmente forma de U en sección horizontal y está montado externamente en una pared 4a lateral del horno 2. El canal 11 de flujo comprende un extremo 12 de entrada aguas arriba que está conectado a una abertura de entrada en la pared 4a lateral y un extremo 16 de salida aguas abajo que está conectado a una abertura de salida en la pared 4a lateral, permitiendo que el metal líquido fluya hacia y desde el horno 2 a través del canal de flujo. La parte aguas arriba del canal 11 de flujo adyacente al extremo 12 de entrada está cerrada e incluye una bomba 78 electromagnética de tubo para bombear la masa fundida a través del canal de flujo. La parte aguas abajo del canal 11 de flujo adyacente al extremo 16 de salida comprende un canal abierto por arriba o lavadero 10.

En esta realización, el lavadero 10 también incluye una salida 80 secundaria para dispensar el metal líquido a un nivel superior. La salida 80 secundaria se encuentra en el extremo superior de un vaso 82 vertical, por ejemplo, un tubo, que se coloca dentro del canal 11 de flujo entre el extremo 12 de entrada y el extremo 16 de salida. Se proporciona un tapón o compuerta 84 controlable en el lado aguas abajo del vaso 82 entre el vaso y el lavadero 10. Este tapón 84 puede abrirse para permitir que el metal fluya desde el vaso 82 al lavadero 10 o cerrarse para evitar que el metal fluya hacia el lavadero 10. Cuando el tapón 84 está cerrado, el metal líquido se eleva verticalmente por el vaso 82 hacia la salida 80 secundaria para que pueda dispensarse a un nivel superior. Alternativamente, al abrir el tapón 84, el metal puede circular a través del lavadero 10 como se describió anteriormente.

Otra forma modificada del aparato que permite que el metal se eleve a un nivel superior se muestra en la figura 18. El horno 2 incluye una estructura 8 de circulación para hacer circular el cuerpo de metal líquido 6 en el horno 2. La estructura 8 de circulación comprende un canal 11 de flujo, que tiene substancialmente forma de U en sección horizontal (típicamente un vaso con paredes verticales con una base plana) y está montado externamente en una pared 4a lateral del horno 2. El canal 11 de flujo comprende un extremo 12 de entrada aguas arriba que está conectado a una abertura de entrada en la pared 4a lateral y un extremo 16 de salida aguas abajo que está conectado a una abertura de salida en la pared 4a lateral, permitiendo que el metal líquido fluya hacia y desde el horno 2 a través del canal de flujo. La parte aguas arriba del canal de flujo 11 adyacente al extremo 12 de entrada comprende un canal abierto por arriba o lavadero 10. La parte aguas abajo 16 comprende un conducto cerrado que incluye una bomba 78 electromagnética de tubo para bombear la masa fundida a través del canal de flujo.

En esta realización, el lavadero 10 incluye una salida 90 secundaria para dispensar el metal líquido a un nivel superior. La salida 90 secundaria está situada a un nivel más alto que la base del lavadero de manera que durante la operación de bombeo normal el nivel de la masa fundida dentro del canal 11 de flujo está por debajo del nivel de la salida 90 secundaria. Se proporciona una tapa 94 controlable en el extremo aguas arriba del canal 11 de flujo, que puede cerrarse para evitar que la masa fundida fluya a través del extremo 12 de entrada entre el horno 2 y el lavadero 10. Esta tapa 94 puede abrirse para permitir que el metal fluya desde el horno 2 al lavadero 10 o cerrarse para evitar que el metal fluya hacia o desde el lavadero 10.

5 Durante las operaciones de bombeo normales, la tapa 94 está abierta para permitir que la masa fundida fluya hacia el lavadero 10 a través del extremo 12 de entrada. Para dispensar la masa fundida desde el horno 2, la tapa 94 se cierra y la bomba 78 se acciona en reverso, haciendo que la masa fundida fluya desde el horno 2 al lavadero 10. La profundidad del metal en el lavadero, por lo tanto, aumenta hasta que alcanza la altura de la salida 90 secundaria, con lo que fluye fuera del lavadero 10 de modo que puede dispensarse a un nivel más alto. Alternativamente, mediante la apertura de la tapa 94 y el accionamiento de la bomba en la dirección hacia adelante, el metal puede circular a través del lavadero 10 hacia el horno 2 como se describió anteriormente.

10 También son posibles otras modificaciones de los sistemas descritos anteriormente. Por ejemplo, un cliente puede tener dos hornos que requieren ambos circulación (bien de forma independiente o bien al mismo tiempo). El sistema de circulación de cada horno puede funcionar independientemente con su propia fuente de alimentación; sin embargo, los sistemas de circulación compartirían un sistema de control común que controla las fuentes de alimentación. También pueden compartir un sistema común de refrigeración por agua.

El sistema también puede incorporar un vaso para la carga externa de "materiales" (chatarra o aleaciones) en el horno.

15 También es posible combinar el sistema de lavadero con una serie de diques o tapones, y usar una bomba para hacer circular el metal líquido en cualquier momento dado en uno cualquiera de dos o más hornos. Típicamente, el sistema estará dispuesto para provocar la circulación del metal en cualquier horno que esté en una fase de fusión. La configuración de los lavaderos también puede diseñarse para permitir la transferencia del metal líquido entre hornos.

20 Según otro aspecto de la invención, el lavadero puede ser sustituido por un conducto cerrado, por ejemplo, un conducto tubular. La invención comprende entonces un aparato metalúrgico que comprende un vaso para contener un cuerpo de metal líquido y un aparato de circulación para hacer circular el cuerpo de metal líquido dentro del vaso, en donde el vaso tiene una pared periférica y una base, y el aparato de circulación comprende un conducto que proporciona un canal de flujo. Se proporciona un dispositivo de bombeo para bombear el metal líquido a través del conducto. El conducto tiene un extremo de entrada conectado a una primera abertura en la pared periférica y un extremo de salida conectado a una segunda abertura en la pared periférica. El dispositivo de bombeo está configurado para bombear el metal líquido a través del conducto de modo que el metal líquido fluya fuera del vaso a través de la primera abertura y dentro del vaso a través de la segunda abertura, haciendo que así circule el cuerpo de metal líquido dentro del vaso. El conducto incluye un sistema de calentamiento para calentar el conducto a una temperatura de funcionamiento deseada.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un aparato metalúrgico que comprende un vaso (2) para contener un cuerpo de metal líquido (6) y un aparato (8) de circulación para hacer circular el cuerpo de metal líquido (6) dentro del vaso (2), en donde el vaso (2)) tiene una pared (4a) periférica y una base (5), y el aparato (8) de circulación comprende un lavadero (10) que proporciona un canal (11) de flujo y un dispositivo (18) de bombeo para bombear metal líquido a través del lavadero (10), en donde el lavadero (10) tiene un extremo (12) de entrada conectado a una primera abertura (14) en la pared (4a) periférica y un extremo (16) de salida conectado a una segunda abertura (17) en la pared (4a) periférica, y en donde el dispositivo (18) de bombeo está configurado para bombear el metal líquido a través del lavadero (10) de modo que el metal líquido fluya hacia afuera del vaso (2) a través de la primera abertura (14) y hacia adentro del vaso a través del segunda abertura (17), haciendo de ese modo que el cuerpo de metal líquido dentro del vaso (2) circule; caracterizado por que el dispositivo (18) de bombeo incluye una bomba (26) electromagnética que genera un campo magnético en movimiento dentro del canal (11) de flujo para bombear el metal líquido a lo largo del canal (11) de flujo, y por que el lavadero (10) incluye además un salida (90) secundaria para dispensar el metal a un nivel superior y al menos un dispositivo de control de flujo que comprende una tapa, tapón o compuerta (84, 94) controlable que es ajustable entre una configuración abierta en la que se permite el flujo del metal líquido entre el vaso (2) y el lavadero (10), y una configuración cerrada en la que se evita el flujo del metal líquido entre el vaso (2) y el lavadero (10) y el metal se dispensa a través de la salida (90) secundaria en el nivel superior.
- 10 2. Un aparato metalúrgico según la reivindicación 1, en donde dicho -al menos un- dispositivo (84, 94) de control de flujo se proporciona en el extremo aguas arriba del canal (11) de flujo.
- 15 3. Un aparato metalúrgico según la reivindicación 2, en donde el dispositivo (18) de bombeo está configurado para ser accionado a la inversa cuando se dispensa el metal a un nivel superior.
- 20 4. Un aparato metalúrgico según la reivindicación 1, en donde la salida (90) secundaria está situada en un extremo superior de un vaso (82) vertical.
- 25 5. Un aparato metalúrgico según la reivindicación 4, en donde dicho -al menos un- dispositivo (84, 94) de control de flujo se proporciona en un lado aguas abajo del vaso (82) vertical.
6. Un aparato metalúrgico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el canal (11) de flujo está abierto por arriba y opcionalmente incluye una tapa (68) que cierra el canal (11) de flujo y que se puede abrir o quitar para proporcionar acceso al canal (11) de flujo.
- 30 7. Un aparato metalúrgico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la bomba (26) electromagnética comprende una bomba (78) de tubo que tiene un tubo (22) refractario y un conjunto de bobinas (20) eléctricas dispuestas alrededor del tubo (22).
- 35 8. Un método para hacer circular el metal líquido en un aparato metalúrgico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende bombear el metal líquido a través del lavadero (10) para que el metal líquido fluya hacia afuera del vaso (2) a través de la primera abertura (14) y hacia adentro del vaso (2) a través de la segunda abertura (17), haciendo que el cuerpo de metal líquido (6) dentro del vaso (2) circule; caracterizado por bombear el metal líquido a través del lavadero (10) mediante la generación de un campo magnético en movimiento, y por operar dicho -al menos un- dispositivo (84, 94) de control de flujo para controlar el flujo del metal líquido entre el vaso (2) y el lavadero (10), por lo que cuando dicho -al menos un- dispositivo (84, 94) de control de flujo está en una configuración abierta, se permite el flujo del metal líquido entre el vaso (2) y el lavadero (10), y cuando dicho -al menos un- dispositivo (84, 94) de control de flujo está en una configuración cerrada, se impide el flujo del metal líquido entre el vaso (2) y el lavadero (10) y el metal se dispensa a través de la salida (90) secundaria a un nivel superior.
- 40 9. Un método según la reivindicación 8, que comprende además operar una tapa (94) controlable provista en el extremo aguas arriba del canal (11) de flujo.
- 45 10. Un método según la reivindicación 9, que comprende además accionar el dispositivo (18) de bombeo a la inversa cuando se dispensa el metal a un nivel superior.
11. Un método según la reivindicación 8, que comprende además operar un tapón o compuerta (84) controlable provisto en un lado aguas abajo del vaso (82) vertical.
- 50 12. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende además controlar la velocidad de bombeo del dispositivo (18) de bombeo.

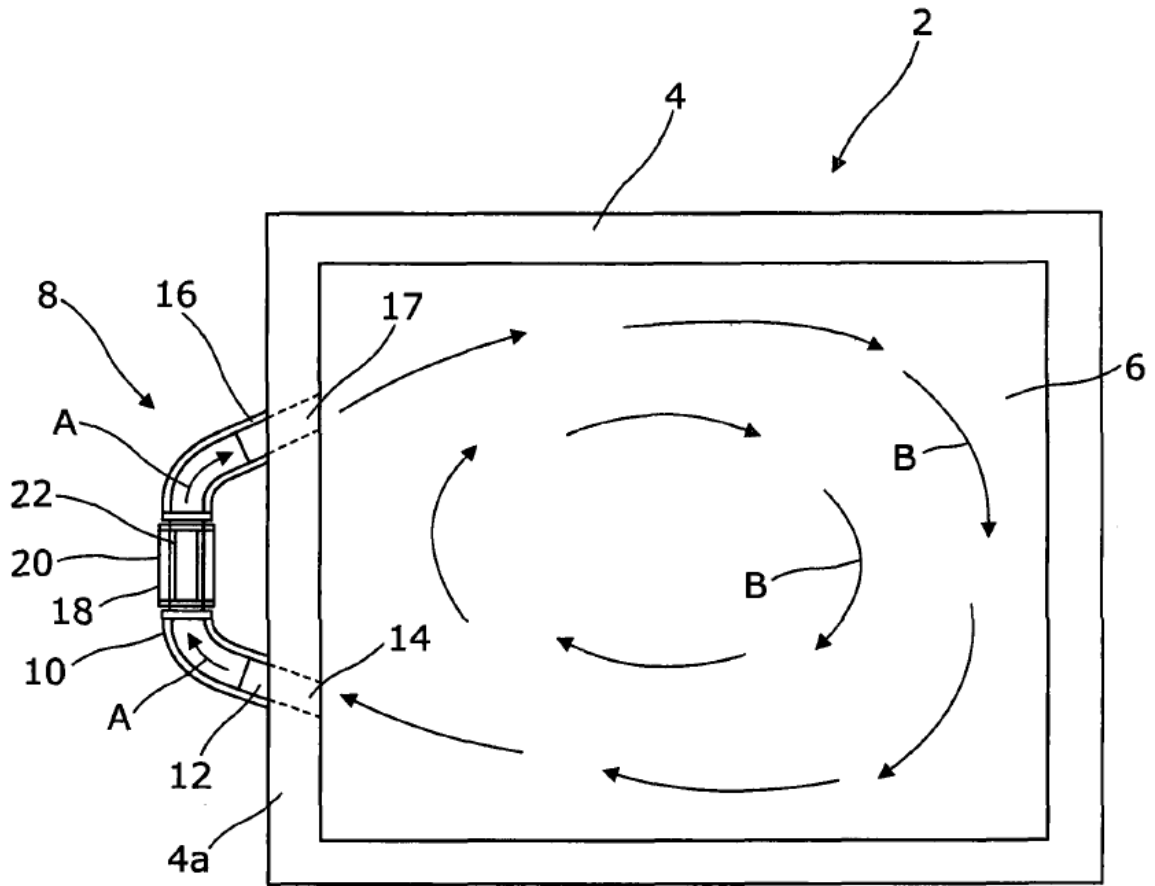


Fig. 1

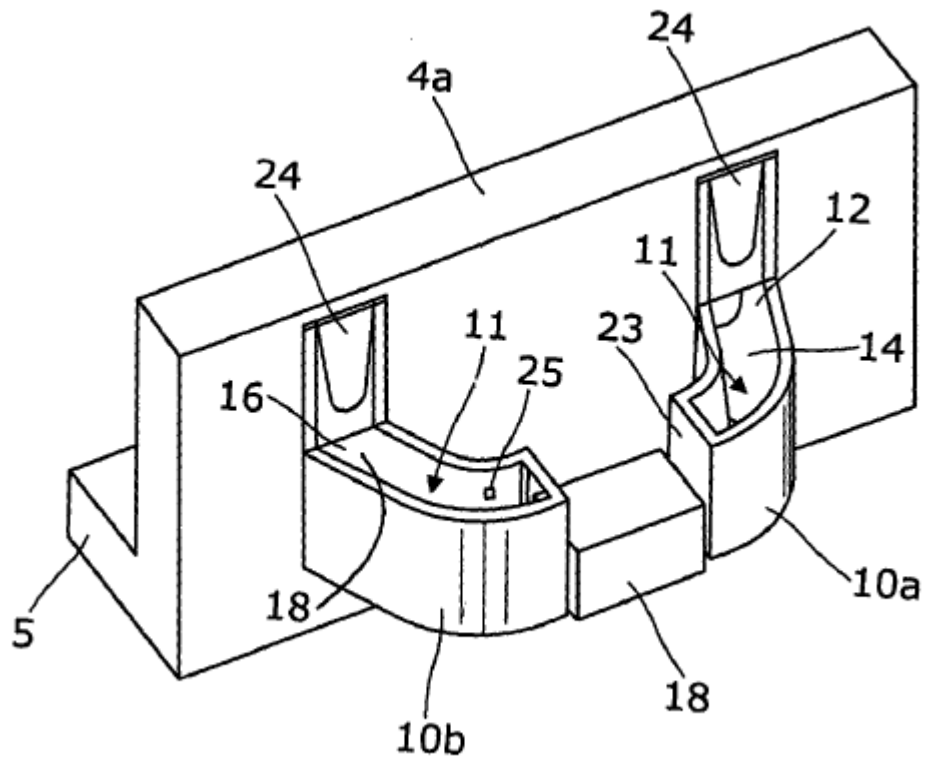


Fig. 2

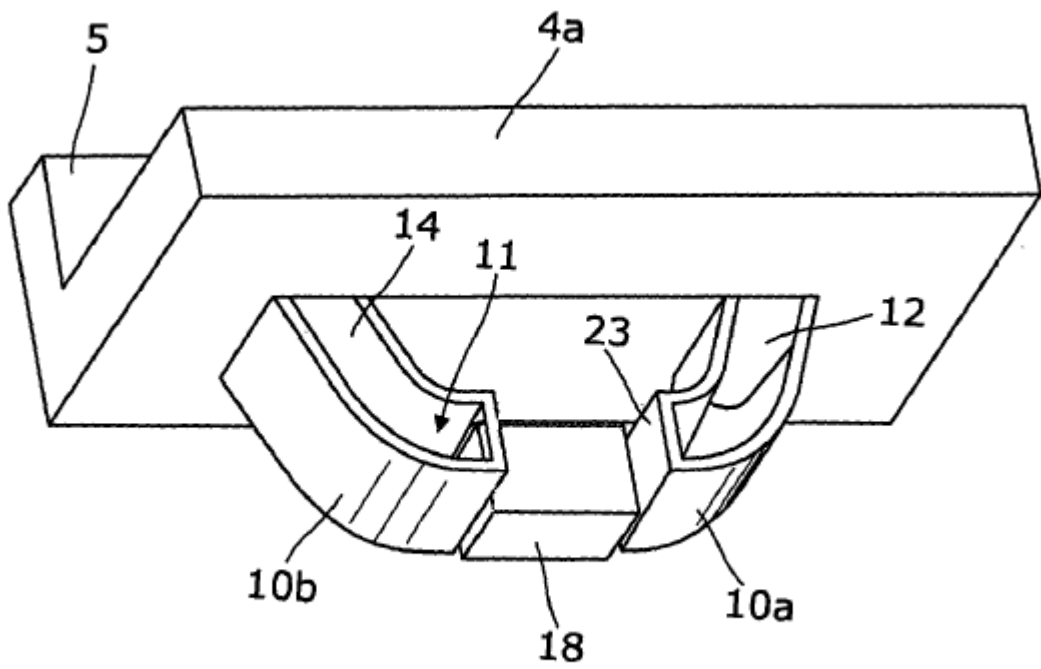
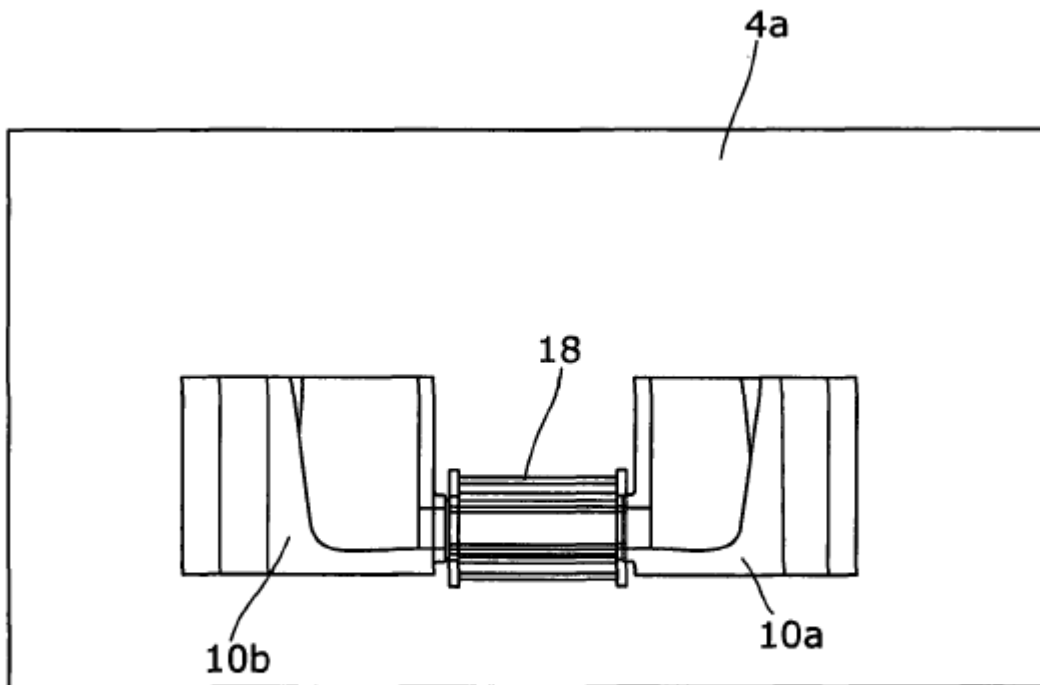
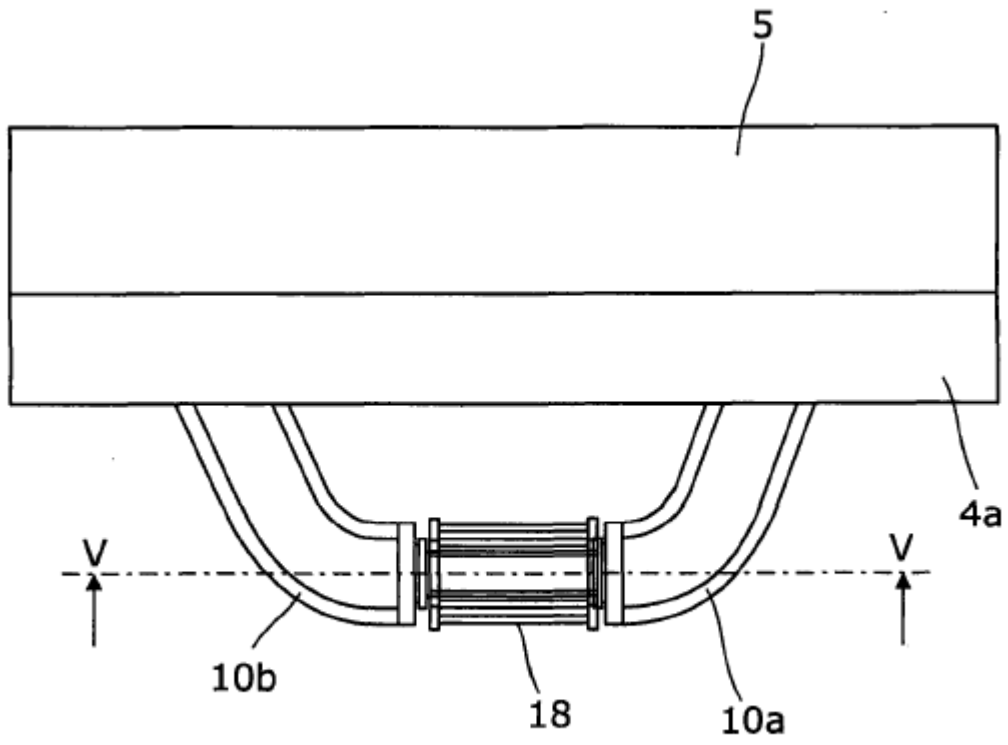


Fig. 3



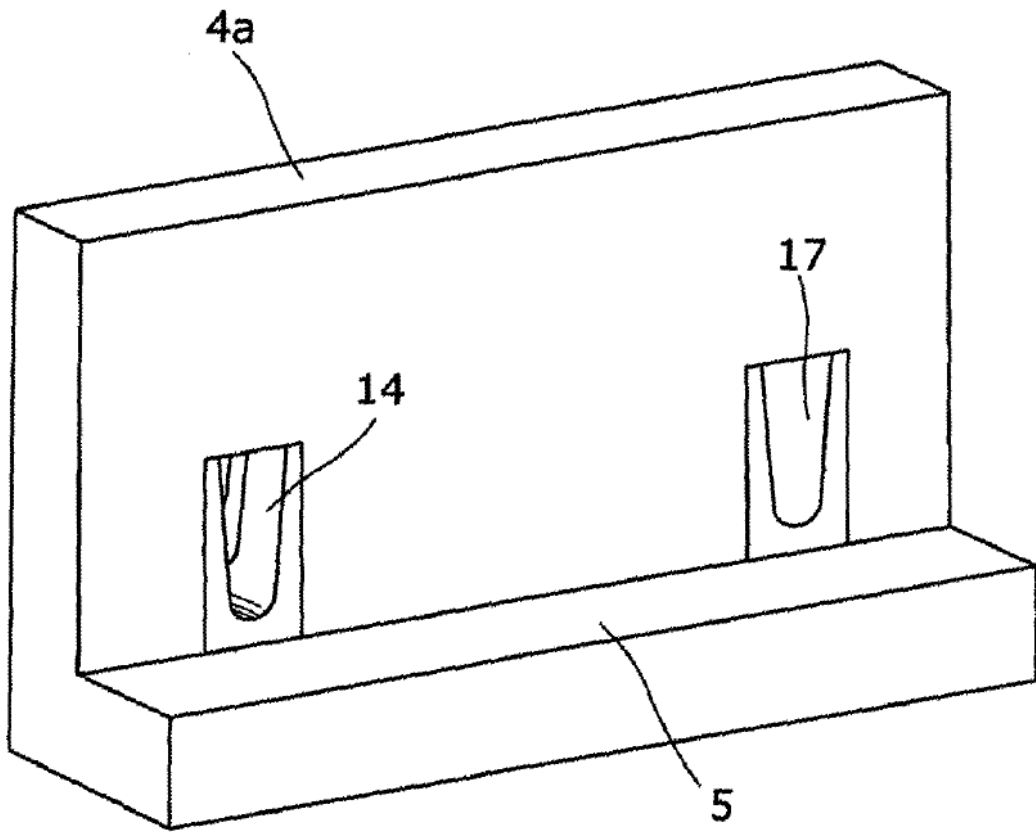


Fig. 6

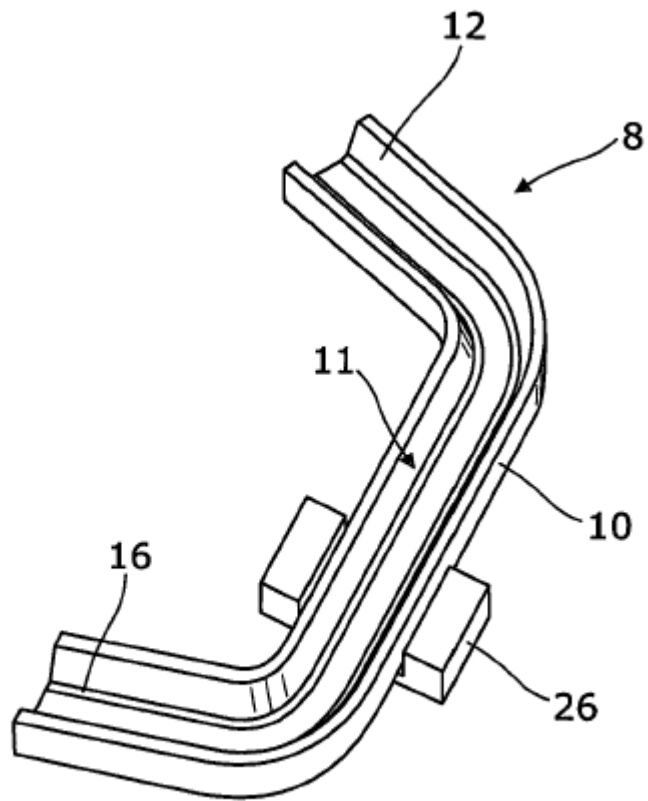


Fig. 7

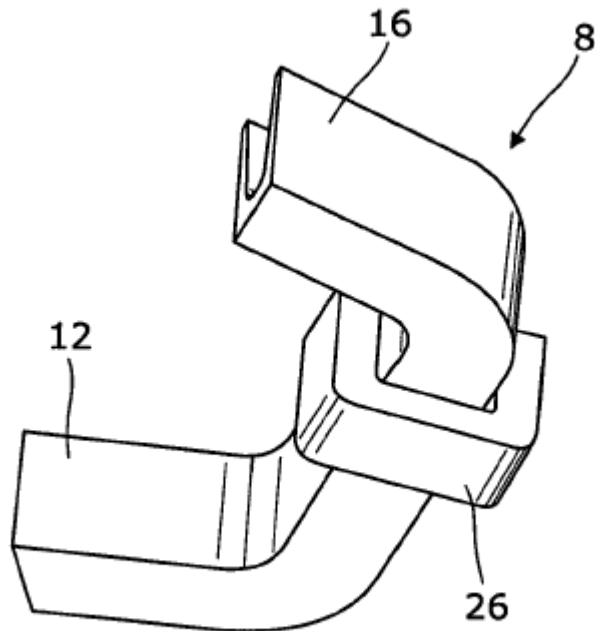


Fig. 8

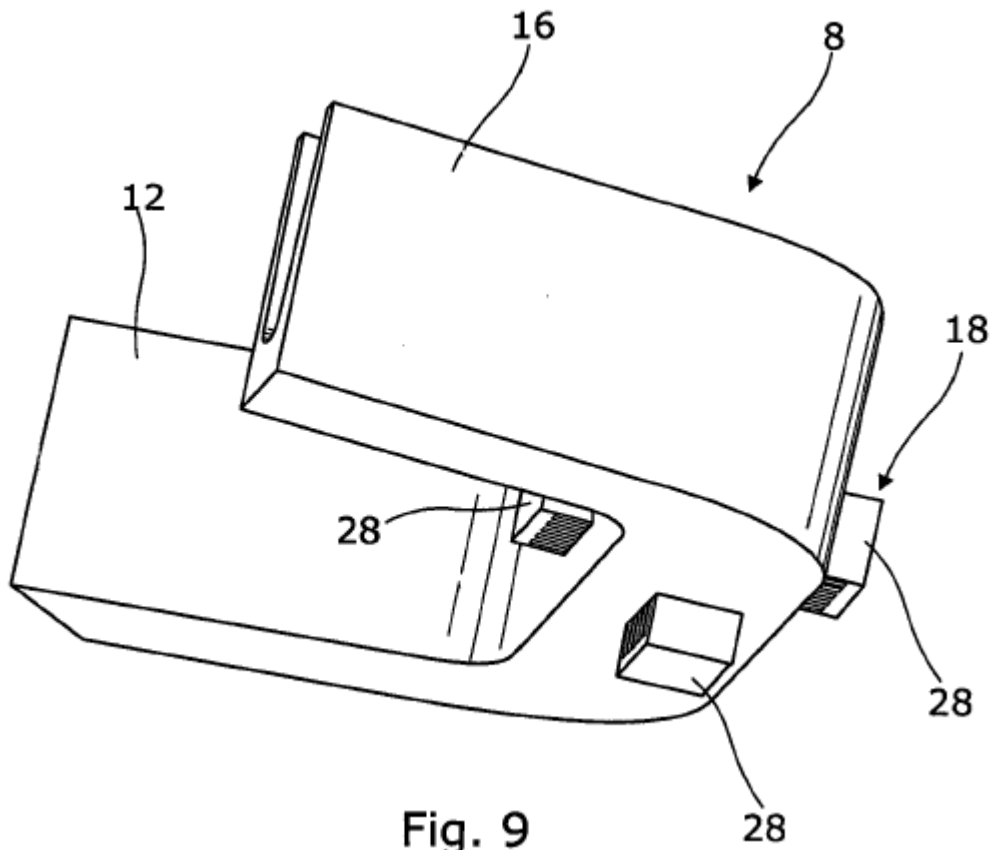


Fig. 9

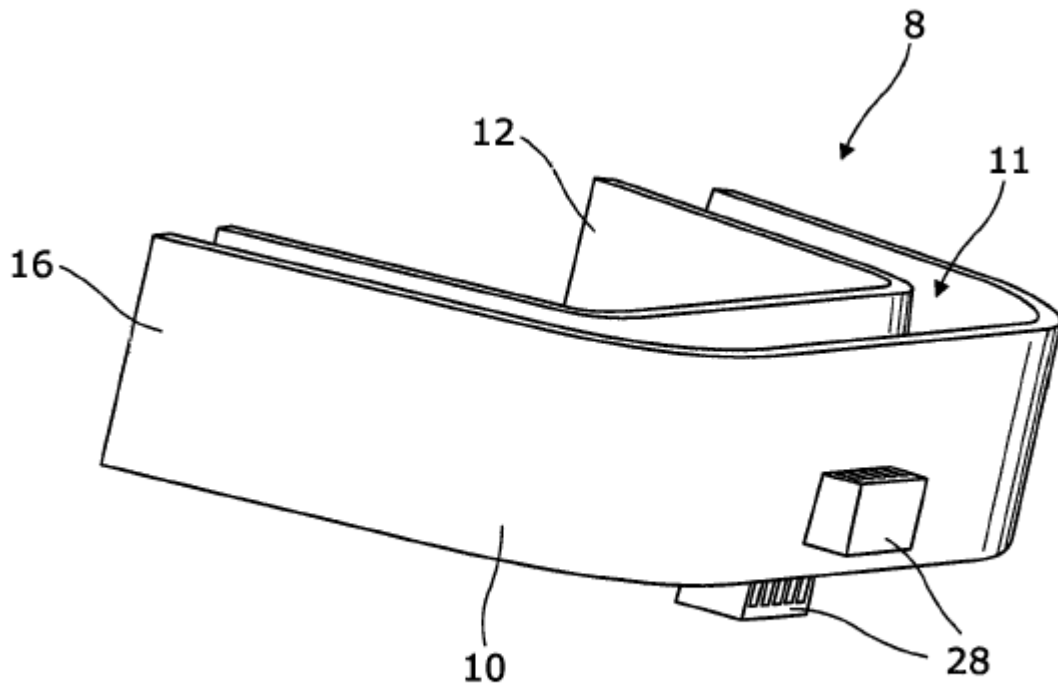
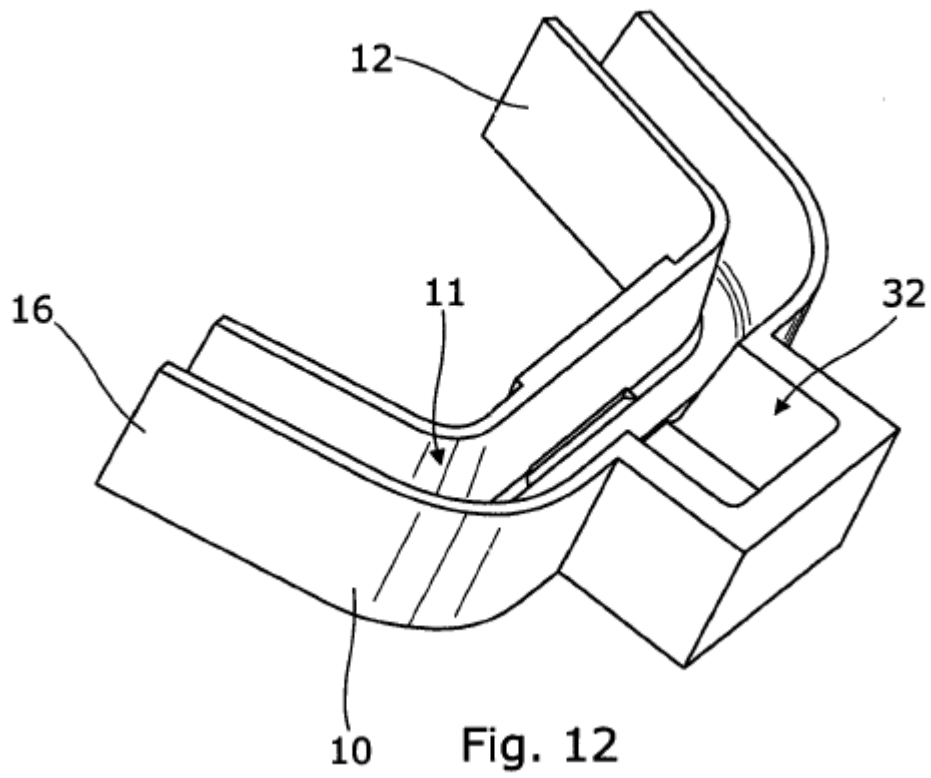
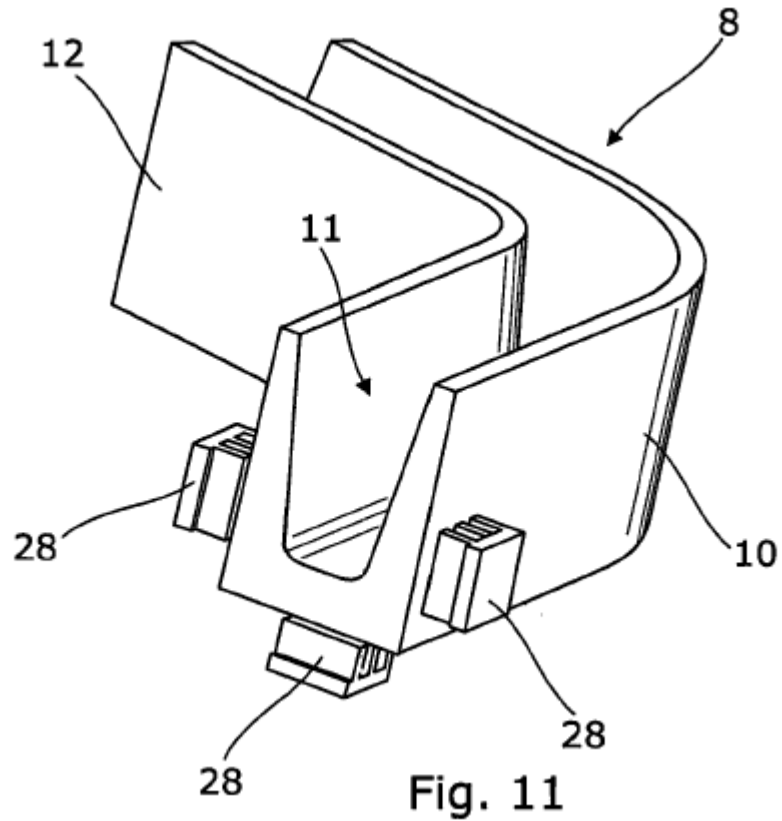


Fig. 10



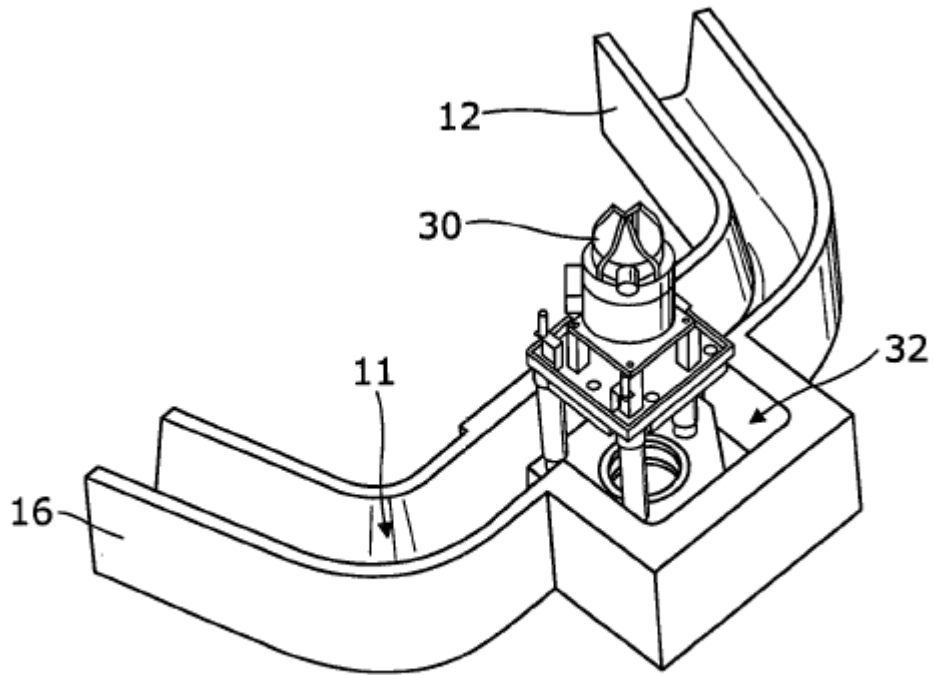


Fig. 13

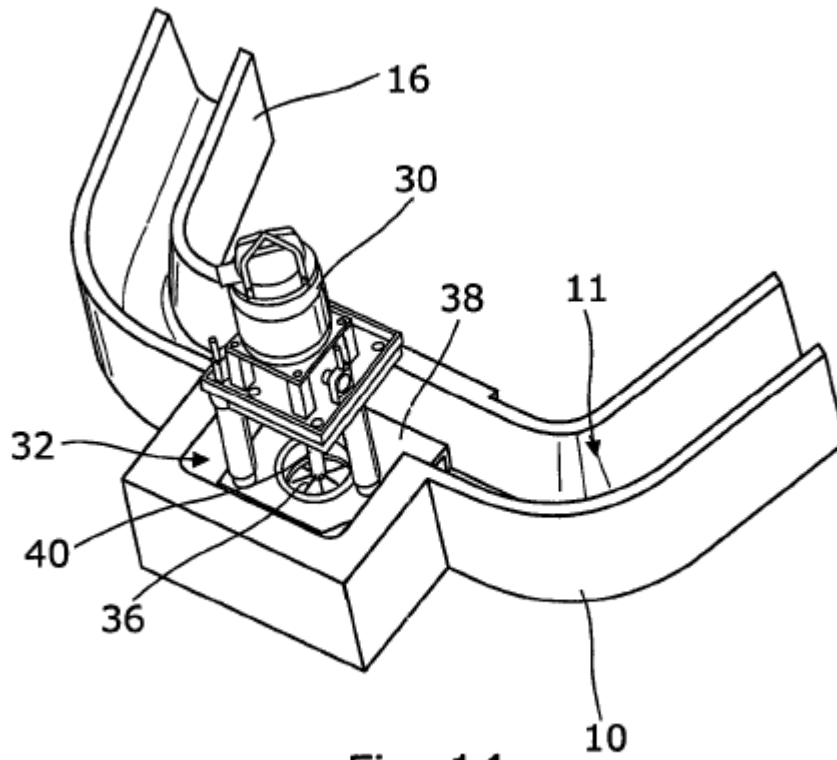


Fig. 14

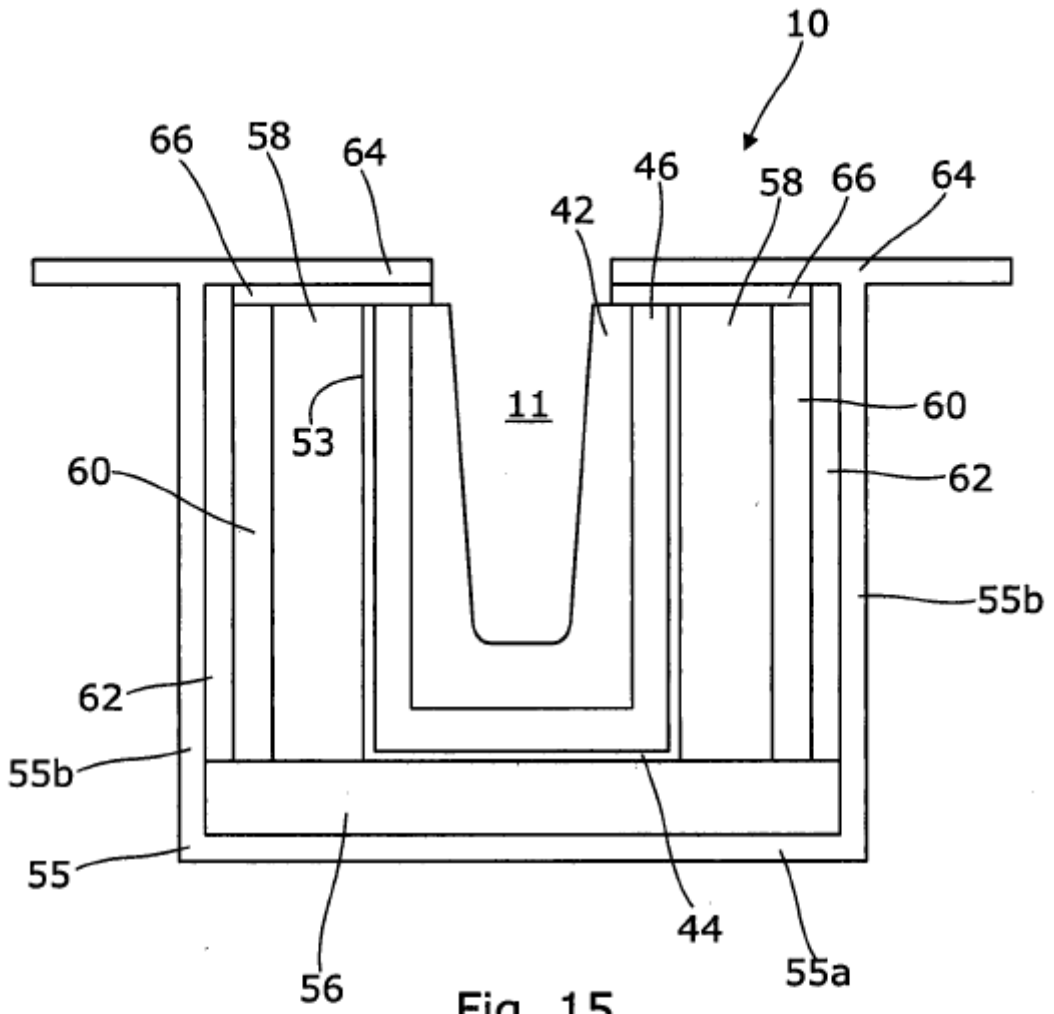


Fig. 15

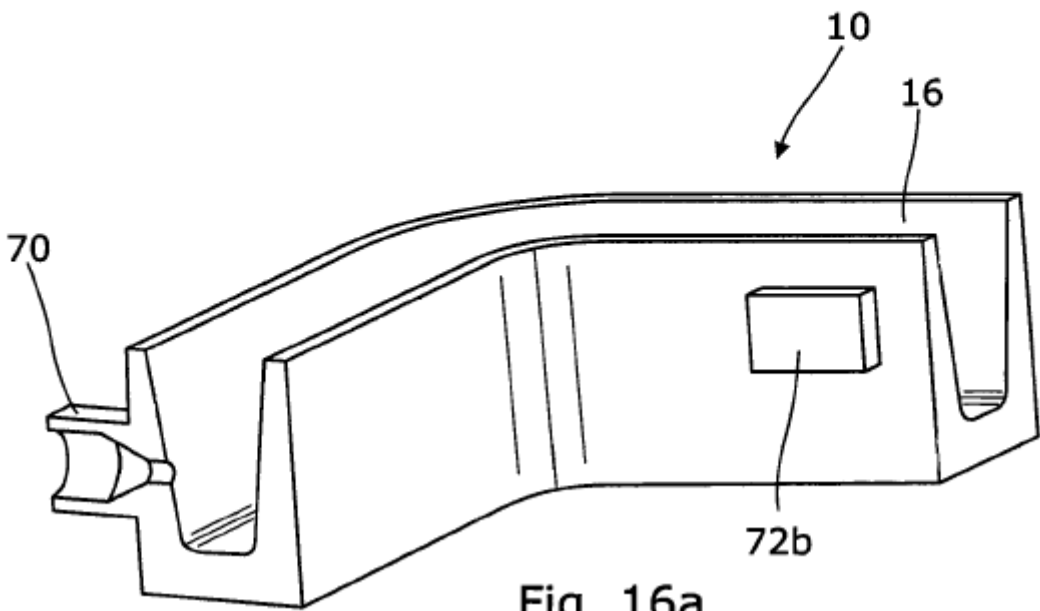
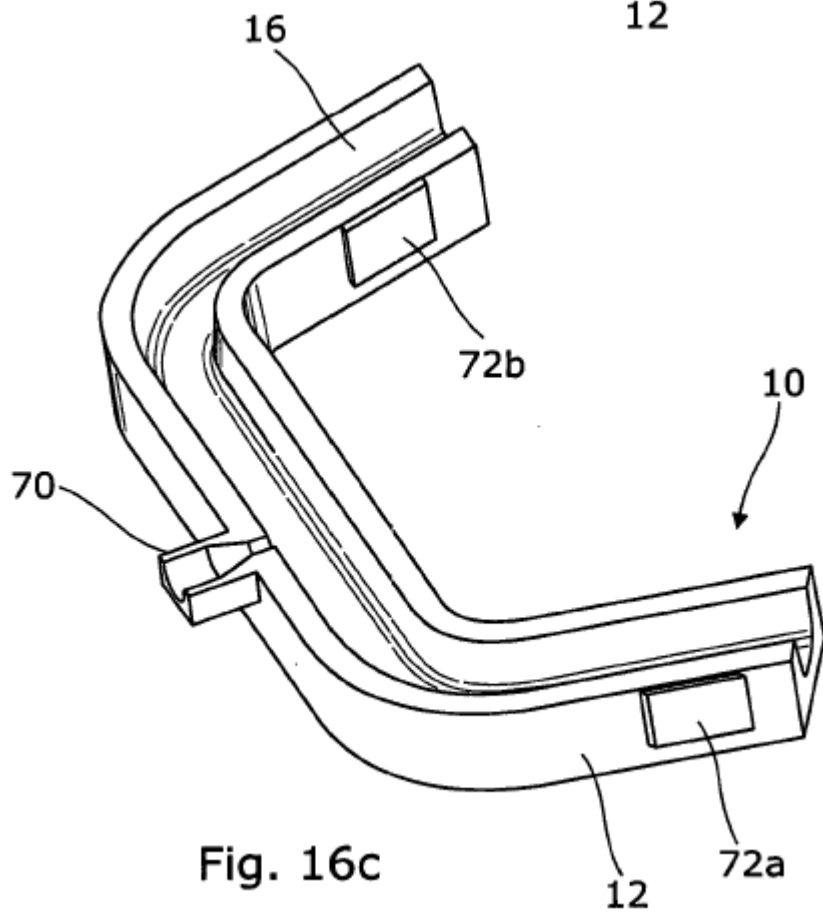
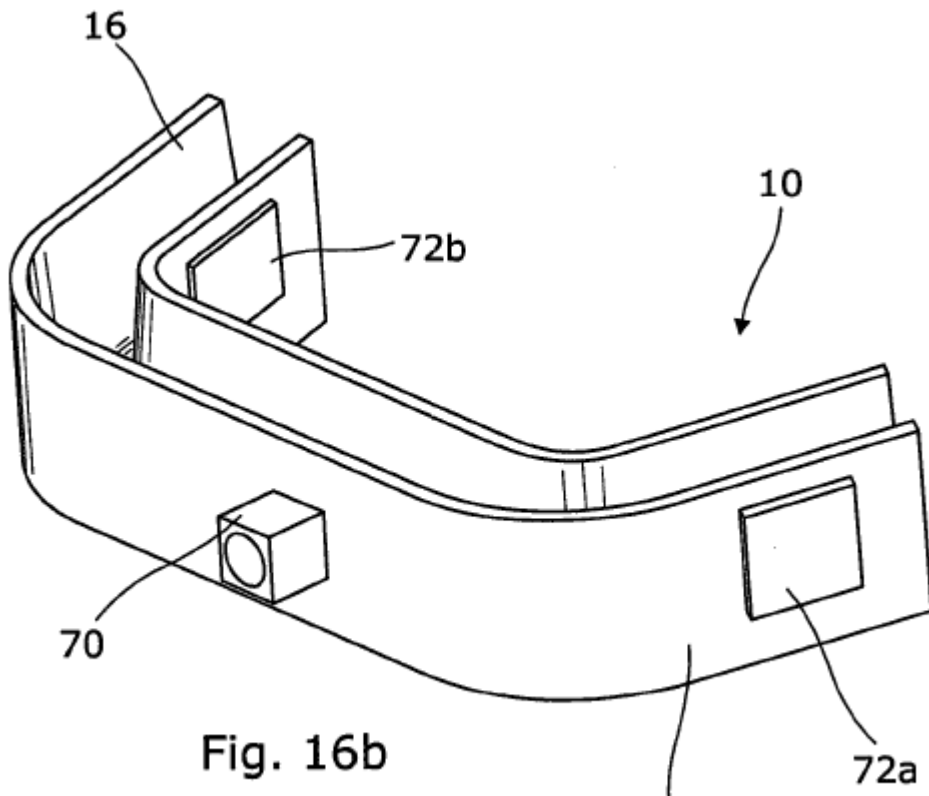


Fig. 16a



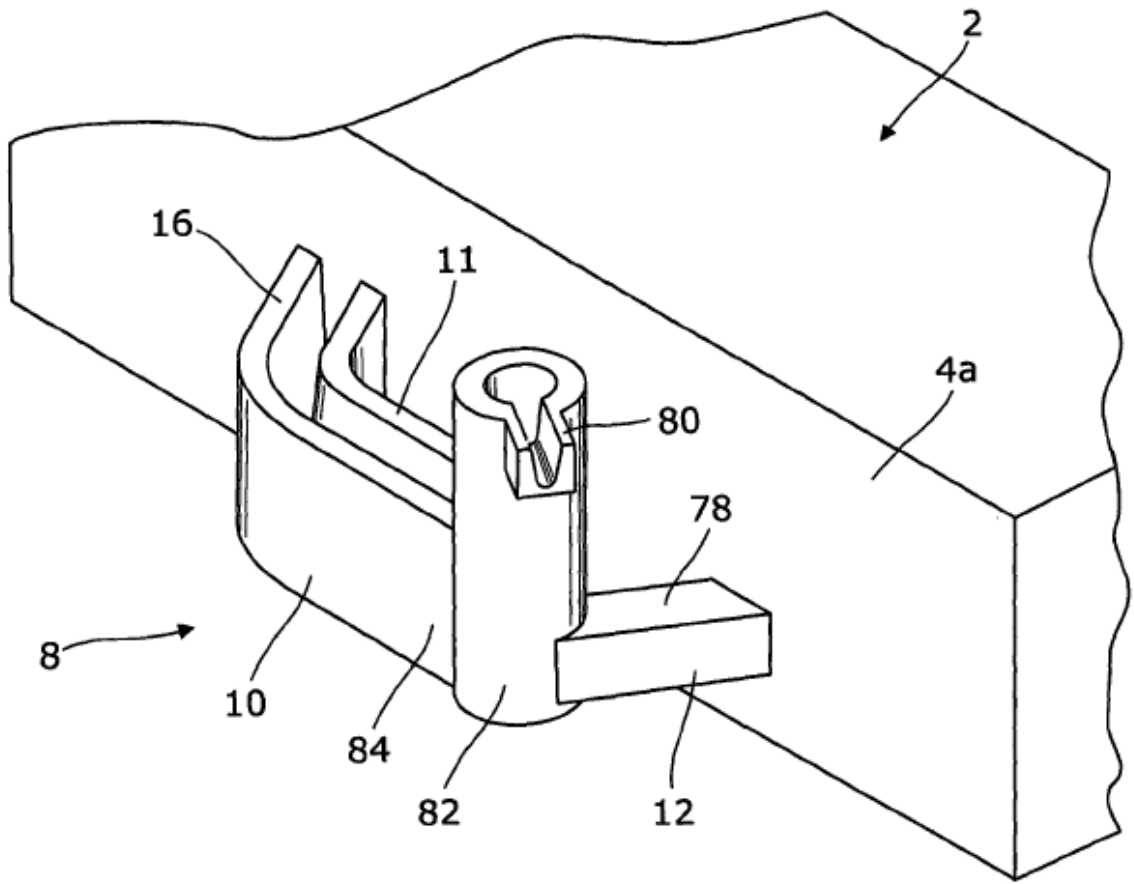


Fig. 17

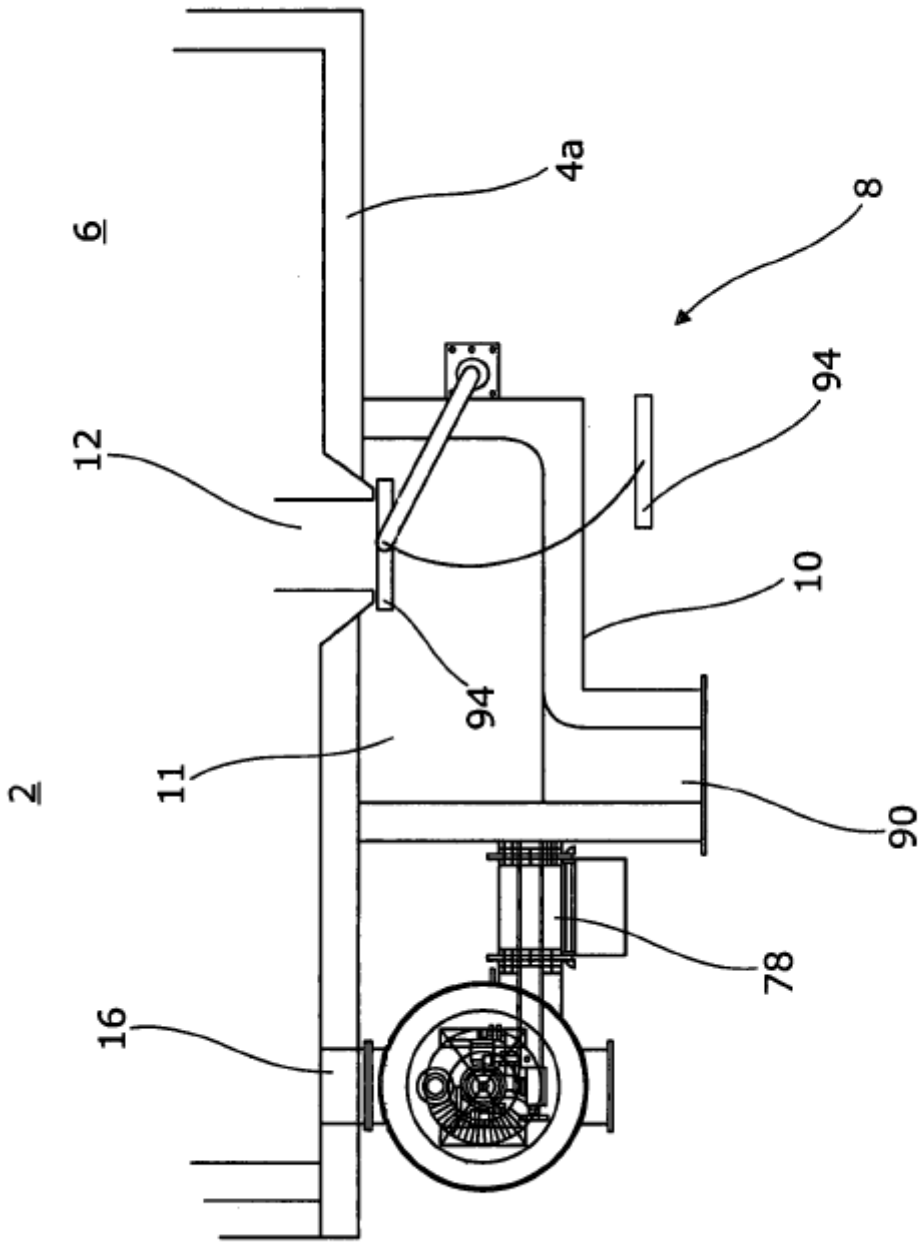


Fig. 18

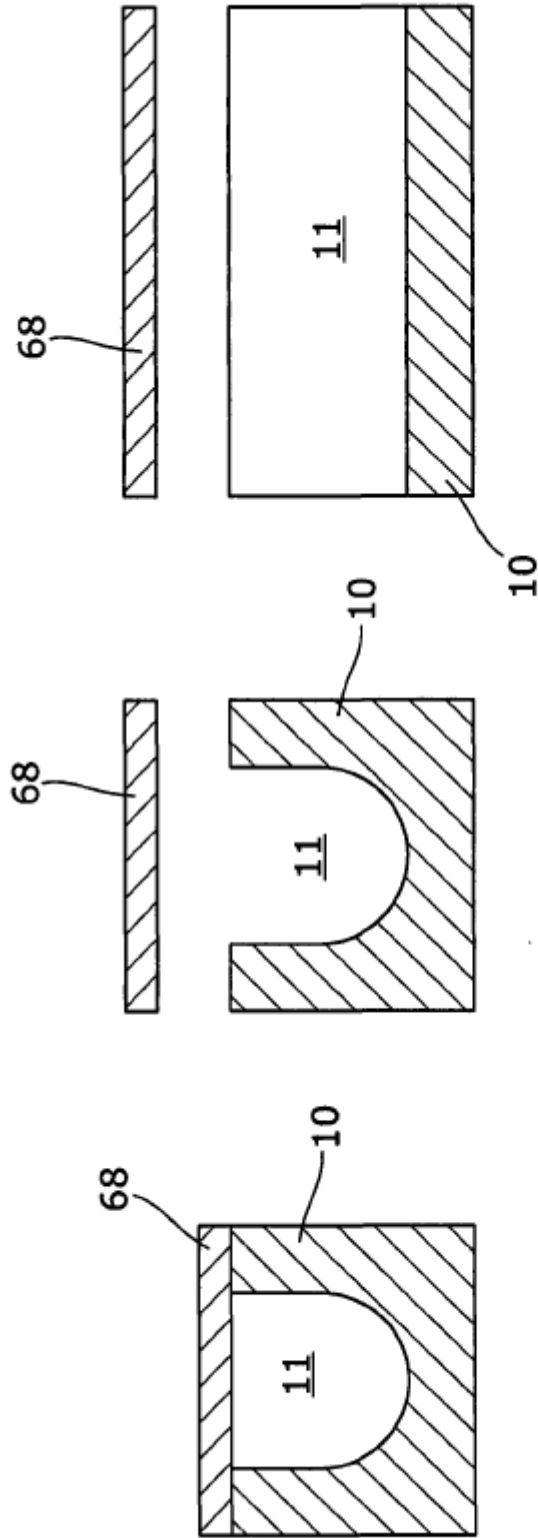


Fig. 19

Fig. 20

Fig. 21