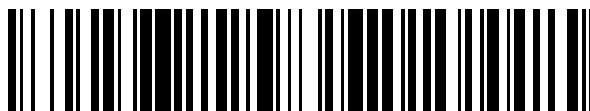


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 679**

51 Int. Cl.:

**B22D 18/04** (2006.01)

**B22D 47/00** (2006.01)

**B22D 33/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2016 PCT/AT2016/050205**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2016 WO16201478**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2016 E 16741520 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 3307457**

54 Título: **Dispositivo de colada**

30 Prioridad:

**15.06.2015 AT 504962015**

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

**13.10.2020**

73 Titular/es:

**FILL GESELLSCHAFT M.B.H. (100.0%)  
Fillstrasse 1  
4942 Gurten, AT**

72 Inventor/es:

**BOINDECKER, MARTIN;  
RATHNER, THOMAS;  
SIEBINGER, MANFRED y  
WEBER, RICHARD**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 786 679 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**

Dispositivo de colada

La invención se refiere a un dispositivo de colada para colada a baja presión o a contrapresión, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Además, la invención se refiere a una instalación para la fabricación de una pieza de trabajo por medio de colada a baja presión o a contrapresión.

Las instalaciones con un dispositivo de colada, en particular para la colada a una presión generada por una fase de gas, encuentran aplicación en la técnica de fundición, en particular para la fabricación de piezas de fundición con altos valores característicos físicos y mecánicos, en particular a partir de aleaciones de metal ligero.

10 La operación de colada propiamente dicha tiene lugar tanto en el caso del procedimiento de colada a baja presión como en el caso del procedimiento de colada en coquilla a contrapresión con ayuda de un tubo de subida, mediante el cual se transporta la masa fundida hacia arriba hacia el interior de la coquilla.

15 La aplicación de presión sobre la masa fundida en el horno para transportar la masa fundida subiéndola hasta el interior de la coquilla se provoca, no obstante, en el caso del procedimiento de colada en coquilla a contrapresión por una diferencia de presión, disminuyendo un poco la presión de gas en la coquilla. Debido a ello aparece una sobrepresión en el horno de colada, que es suficiente para subir la masa fundida hasta el interior de la coquilla.

Dispositivos de colada del tipo mencionado al principio se han conocido por los documentos DE 15 83 663 A1 y JP H02 52 160 A.

20 Un dispositivo de colada pertinente y una instalación también se dan a conocer, por ejemplo, en el documento DE102010026480A1. En las soluciones conocidas, la placa portamolde, mediante la cual la cámara inferior está separada de la cámara superior, está montada de manera fija y no puede variar su posición. Para conectar el horno con la coquilla a través de un tubo de subida, se eleva el horno, una vez posicionado en la cámara inferior. Sin embargo, esto tiene la desventaja de que, por un lado, tiene que moverse una masa muy grande y, por otro lado, esta operación requiere un intercambio rápido de un horno para una nueva operación de colada, lo que requiere relativamente bastante tiempo. Resulta desventajoso, además, que en las soluciones conocidas se requieran dos mecanismos elevadores o accionamientos, ya que tienen que moverse tanto el horno como la placa portamolde superior. Esto aumenta también notablemente la altura constructiva. Por eso, un objetivo de la invención es superar las desventajas mencionadas anteriormente del estado de la técnica.

30 De acuerdo con la invención, este objetivo se resuelve con un dispositivo del tipo mencionado al principio mediante las características de la parte caracterizadora por la reivindicación 1.

35 Gracias a la capacidad de movimiento vertical de la placa portamolde inferior, esta puede moverse hacia arriba, con lo cual se aumenta el espacio disponible para la manipulación del horno en la cámara inferior. De esta manera, el horno puede posicionarse de manera sencilla en la cámara y volver a sacarse de la misma. Además, es posible conectar con la coquilla el horno posicionado en la cámara inferior sin una elevación vertical de la misma, descendiendo la placa portamolde superior. En este punto cabe indicar que la cámara inferior y la superior respectivamente pueden estar selladas de manera hermética, en particular de manera estanca a los gases. También podría vaciarse la cámara superior y/o la inferior o llenarse con un gas protector. Además, la solución de acuerdo con la invención se ahorra el segundo accionamiento para elevar el horno, con lo cual se reduce también notablemente la altura constructiva.

40 De acuerdo con una variante ventajosa de la invención puede estar previsto que la al menos una placa portamolde inferior presente al menos un tubo de subida para la conexión del al menos un horno con la al menos una coquilla. La disposición del tubo de subida en la placa portamolde inferior tiene la ventaja de que mediante elevación de la placa portamolde inferior se eleva conjuntamente el tubo de subida, con lo cual el tubo de subida se aleja muy rápidamente de la zona del horno y el horno puede intercambiarse muy rápidamente. En particular, resulta ventajoso a este respecto que un borde inferior del tubo de subida se eleva sobre un borde superior del horno, ya que el horno puede retirarse entonces en dirección horizontal de la cámara o introducirse en la misma, sin que el tubo de subida sea un obstáculo. Alternativamente al montaje del tubo de subida en la placa portamolde inferior, también sería posible, sin embargo, mover el tubo de subida independientemente de la placa portamolde.

50 De acuerdo con la invención, la cámara superior presenta una placa portamolde superior para una pieza superior de la al menos una coquilla. La placa portamolde superior puede presentar elementos de sujeción y, dado el caso, interfaces entre medios para la parte superior de la coquilla.

55 La placa portamolde superior está montada de manera que puede desplazarse en dirección vertical y está conectada con primeros elementos de conexión, estando conectada la placa portamolde inferior con segundos elementos de conexión, engranando cada uno de los primeros elementos de conexión con un correspondiente elemento de conexión de los segundos elementos de conexión mediante un desplazamiento vertical de la placa portamolde superior en

dirección a la placa portamolde inferior. Esto tiene la ventaja de que la placa portamolde superior y la placa portamolde inferior pueden moverse conjuntamente. Así, mediante un movimiento ascendente o descendente de la placa portamolde superior puede elevarse o descenderse conjuntamente la placa portamolde inferior. Esto es ventajoso, entre otras cosas, con vistas a la reducción de los elementos de accionamiento requeridos para el movimiento de las placas portamolde. Además, de esta manera pueden sincronizarse los movimientos de ambas placas portamolde con poco esfuerzo, lo cual es ventajoso, sobre todo en el caso de un intercambio rápido de horno y/o la coquilla dispuesta sobre el mismo.

Por lo que respecta a una conexión fiable de la placa portamolde superior e inferior, resulta especialmente ventajoso cada uno de los primeros elementos de conexión forme con el respectivo segundo elemento de conexión correspondiente en cada caso un cierre en arrastre de forma y/o de fuerza. Los cierres pueden volver a soltarse en caso necesario y, por ejemplo, la placa portamolde superior puede desplazarse con respecto a la placa portamolde inferior. Resulta especialmente ventajoso que uno de los elementos de conexión encaje en el otro elemento de conexión correspondiente, tan pronto como uno de los dos elementos de conexión es empujado dentro del otro elemento de conexión o ambos elementos de conexión son empujados el uno dentro del otro. Esto posibilita una conexión muy rápida y automática de la placa portamolde inferior y la superior únicamente mediante un desplazamiento vertical de la placa portamolde superior.

De acuerdo con la invención, la placa portamolde superior está conectada con actuadores para la elevación o el descenso de la placa portamolde superior. La unión de la placa portamolde superior a actuadores tiene la ventaja de que la placa portamolde superior puede moverse tanto con respecto a la placa portamolde inferior como conjuntamente con esta. Un movimiento de la placa portamolde superior independientemente de la placa portamolde inferior es ventajoso, sobre todo, en el caso de una carga de la cámara superior con una coquilla, ya que, al elevar la placa portamolde superior, puede ampliarse el espacio de la cámara superior disponible para la carga. Así, una coquilla que se encuentra en la cámara puede elevarse en un estado cerrado (parte superior e inferior conectadas entre sí) desde la placa portamolde superior y cargarse por medio de un manipulador sobre un carro de transporte. Al cargar la cámara superior, la placa portamolde superior puede conectarse con la parte superior de la coquilla cerrada. Mediante un descenso de la placa portamolde superior puede conectarse la coquilla con la placa portamolde inferior y, en caso necesario, soltarse la parte superior de la parte inferior de la coquilla. Un movimiento conjunto de la placa portamolde inferior y superior es ventajoso, como ya se ha mencionado anteriormente, sobre todo, en relación con la carga de la cámara inferior con un horno y su retirada de la misma.

Aparte de eso, los actuadores están configurados como unidades de émbolo/cilindro, en particular como cilindros hidráulicos, estando conectados los émbolos de las unidades de émbolo/cilindro con la placa portamolde superior y estando dispuestos y apoyados los cilindros de trabajo de las unidades de émbolo/cilindro bajo los émbolos correspondientes en cada caso. Gracias a esta disposición de las unidades de émbolo/cilindro puede implementarse una menor altura constructiva, ya que los émbolos empujan la placa portamolde superior hacia arriba. En otra disposición, los émbolos tirarían de la placa portamolde hacia arriba y los cilindros tendrían que estar dispuestos colgando sobre la placa portamolde, con lo cual aumentaría la altura constructiva. También pueden implementarse en esta variante de la invención fuerzas que actúan sobre los émbolos mayores que en una disposición en la que los émbolos tiren de la placa portamolde superior hacia arriba, ya que la fuerza sobre toda la superficie de sección transversal disponible del émbolo y no puede ejercerse solo sobre una superficie anular. De acuerdo con otra forma de realización ventajosa, el dispositivo de colada puede ser un dispositivo de colada de columnas, que presenta un bastidor con columnas, que están dispuestas entre una placa de base y una estructura de techo del dispositivo de colada,

presentando la estructura de techo una forma de base en forma de x. Gracias a la configuración especial de la estructura de techo pueden reducirse especialmente bien tensiones inducidas térmicamente, sin que se produzcan compresiones, como puede ser el caso en una configuración en forma de placa de la estructura de techo. Además, la estructura de techo en forma de x posibilita una accesibilidad especialmente buena del dispositivo de colada desde arriba.

El objetivo anteriormente mencionado puede conseguirse también, de acuerdo con la invención, con una instalación del tipo mencionado al principio, porque presenta al menos un dispositivo de colada según una de las reivindicaciones 1 a 4.

Para incrementar la productividad de la instalación puede estar previsto que estén previstos al menos dos dispositivos de colada, que están dispuestos a una distancia uno junto a otro, estando dispuesto entre los dispositivos de colada al menos un manipulador para la manipulación de piezas de trabajo. Además, el manipulador puede llevar a cabo otras etapas de procesamiento, como introducción de machos, aplicación de lubricante de molde, limpieza del molde y/u operaciones de comprobación, por ejemplo, por medio de cámaras. Además, la instalación puede presentar al menos una guía, sobre la que está dispuesto al menos un carro de transporte para la transferencia de un horno entre una estación de suministro y el al menos un dispositivo de colada.

Resulta especialmente ventajoso, por lo que respecta al tiempo de producción, que el carro de transporte presente al menos dos fondos dispuestos uno sobre otro, estando previsto un fondo inferior para el transporte del horno y un fondo superior para un transporte de al menos una coquilla.

Para entender mejor la invención, se explicará más detalladamente con ayuda de las siguientes figuras.

Muestran en cada caso, representación esquemática, muy simplificada:

la Figura 1 una vista en perspectiva de una instalación de acuerdo con la invención;

la Figura 2 una vista desde delante de una estación de colada del dispositivo de la Figura 1;

5 la Figura 3 una vista lateral de la estación de colada de Figura 2.

Como introducción se establecerá que en las diferentes formas de realización descritas las partes iguales se dotarán de las mismas referencias o las mismas denominaciones de componente, pudiendo trasladarse las divulgaciones contenidas en toda la descripción, lógicamente, a las mismas partes con las mismas referencias o las mismas denominaciones de componentes. También se refieren las indicaciones de posición elegidas en la descripción, tales como, por ejemplo, arriba, abajo, lateralmente, etc. a la figura inmediatamente descrita así como representada y, en caso de cambio de posición, estas indicaciones de posiciones pueden trasladarse lógicamente a la nueva posición.

La instalación 1 para la fabricación de una pieza de trabajo por medio de colada a baja presión o a contrapresión, representada esquemáticamente en la Figura 1 presenta una estación de colada 2 con dos dispositivos de colada 10 dispuestos a una distancia uno junto a otro. Una estación de colada de este tipo así como dispositivos de colada 10 de este tipo, respectivamente, están representados esquemáticamente en las Figuras 2 y 3. Cada uno de los dispositivos de colada 10 presenta una cámara inferior 3 que puede sellarse, en particular herméticamente, y una cámara superior 5 que puede sellarse, en particular herméticamente, las cuales están separadas la una de la otra por una placa portamolde inferior 15. De acuerdo con la invención, la placa portamolde 15 puede trasladarse en una dirección vertical. Por ejemplo, la placa portamolde puede estar montada en un bastidor de base del dispositivo de colada 10 de manera desplazable en dirección vertical.

En la cámara inferior 3 puede disponerse un horno 4 con masa fundida. En la cámara superior 5 puede disponerse una coquilla dividida, por ejemplo, más o menos en horizontal, pudiendo presentar esta una parte inferior indicada esquemáticamente en la Figura 2 y provista allí de la referencia 22, que puede disponerse sobre la placa portamolde inferior 15, así como una parte superior no representada, que puede disponerse en una placa portamolde superior 12. La placa portamolde superior 12 puede presentar interfaces 13 y 11, por ejemplo monturas y conexiones para medios para la parte superior de la coquilla, en particular para el pivotado hacia fuera de la parte superior para que sea más accesible por parte del operario. En la zona de la placa portamolde inferior 12 puede estar previsto, por ejemplo, un dispositivo de tracción 14 denominado sacamachos, para la variación de la posición de un macho de molde.

La placa portamolde superior 12 está montada de manera que puede desplazarse en dirección vertical, por ejemplo en un bastidor de base del dispositivo de colada 10, y está conectada con primeros elementos de conexión, identificados con la referencia 17 en la Figura 3. La placa portamolde inferior 15 está conectada con segundos elementos de conexión, provistos en la Figura 3 de la referencia 16. Cada uno de los primeros elementos de conexión 17 puede engranar con un correspondiente elemento de conexión de los segundos elementos de conexión 16 mediante un desplazamiento vertical de la placa portamolde superior 12 en dirección a la placa portamolde inferior 15. Cada uno de los primeros elementos de conexión 17 forma con el respectivo segundo elemento de conexión 16 correspondiente en cada caso un cierre en arrastre de forma y/o de fuerza. El cierre puede, controlado por ejemplo electrónicamente, volver a desbloquearse, de modo que los elementos de conexión 16 y 17 pueden volver a soltarse el uno del otro. El cierre puede presentar, por ejemplo, un mecanismo de bloque controlado electrónicamente.

De acuerdo con la forma de realización representada en la Figura 3, un segundo elemento de conexión 6 está configurado como vástago y el primer elemento de conexión 17 correspondiente como cerrojo. Al descender la placa portamolde superior 12 en dirección a la placa portamolde inferior 15, el vástago se enclava en la cerradura, por ejemplo una cerradura electromecánica, y la placa portamolde superior 12 y la placa portamolde inferior 15 quedan conectadas entre sí, de modo que la placa portamolde inferior 15 puede elevarse y también volver a descenderse mediante un movimiento de la placa portamolde superior 12.

La placa portamolde superior 12 puede estar conectada con actuadores 24 para la elevación o el descenso de la placa portamolde superior 12. Los actuadores 24 están configurados, en la forma de realización representada, como unidades de émbolo/cilindro, en particular como cilindros hidráulicos. Los émbolos 26 de las unidades de émbolo/cilindro están conectados en este caso con la placa portamolde superior 12. Los cilindros de trabajo 25 de las unidades de émbolo/cilindro están dispuestos y apoyados bajo los émbolos 26 correspondientes, por ejemplo en un bastidor de base del dispositivo de colada 10.

De acuerdo con la Figura 1, el dispositivo de colada 10 puede estar configurado como dispositivo de colada de columnas, que presenta un bastidor con columnas 27, que están dispuestas entre una placa de base 28 y una estructura de techo 19 del dispositivo de colada 10. La estructura de techo 19 presenta, en la forma de realización representada, una forma de base en forma de x. Un dispositivo de colada con la placa de techo mostrado en la Figura 1 es una forma de realización dado el caso autónoma en sí misma de un dispositivo de colada, que también puede implementarse independientemente de la disposición de una placa portamolde inferior 15 móvil y el resto de características esenciales de la invención del objeto.

El horno 4 provisto con la masa fundida y el espacio hueco de molde de colada formado por las dos partes de coquilla en el estado cerrado están conectados entre sí de acuerdo con la Figura 2 a través de un tubo de subida 23, que puede estar montado en la placa portamolde inferior 15. El tubo de subida 23 sigue, en la forma de realización representada, un movimiento de la placa portamolde inferior 15.

- 5 Entre los dos dispositivos de colada 10 dispuestos en las Figuras 1 y 2 a una distancia uno al lado de otro puede estar dispuesto un manipulador 21 para la manipulación de las piezas de trabajo.

Además, puede estar prevista una guía 28, que en el ejemplo representado está implementada mediante un sistema de carriles, sobre el que está dispuesto un carro de transporte 6 para la recepción o la retirada y entrega o transferencia del horno 4.

- 10 El carro de transporte 6 bascula en este caso entre los dispositivos de colada 10 y una posición de suministro situada alejada de los mismos, por ejemplo una estación 8 para la preparación de la masa fundida.

En la Figura 3 está representado cómo el carro de transporte se detiene delante de un dispositivo de colada 10, para transferir un horno 4 lleno de masa fundida desde su punto posicionado en el horno al dispositivo de colada 10 todavía no provisto de un horno 4. Previamente, el carro de transporte 6 ha recibido este 4 dejando un punto libre en la estación 8. De acuerdo con la Figura 1, el carro de transporte 6 presenta otro punto de posicionamiento de horno 29. De este modo es posible un intercambio ahorrando tiempo de un horno 4 vacío dispuesto en el dispositivo de colada 10 por un horno 4 lleno de masa fundida. El carro de transporte 6 recibe en primer lugar el horno 4 lleno de masa fundida en un primer punto de posicionamiento de horno 20 desde la estación 8, se desplaza a continuación hasta el dispositivo de colada 10, para allí recibir el horno 4 vacío en el segundo punto de posicionamiento de horno 29 todavía libre, a continuación transfiere el horno 4 provisto de masa fundida desde el primer punto de posicionamiento de horno 20 al dispositivo de colada 10 sin horno, para finalmente llevarse consigo el horno 4 vacío ya recibido hasta la estación 8, para que este pueda transferirse a un punto libre de la estación 8 para su recarga con masa fundida.

El carro de transporte 6 puede presentar dos fondos dispuestos uno sobre otro, estando previsto un fondo inferior para el transporte del horno 4 y un fondo superior 18 para un transporte de al menos una coquilla. Para la recepción de las coquillas, el carro de transporte 6 puede pararse ante una plataforma 9 y transferir las coquillas allí suministradas desde la plataforma 9 al plano superior. A continuación, el carro de transporte cargado con el horno 4 y la coquilla puede desplazarse hasta uno de los dispositivos de colada 10. La transferencia de las coquillas al y desde el carro de transporte 6 puede realizarse por medio de carros portaherramientas 7.

Por puro formalismo cabe señalar, por último, que para entender mejor la estructura del dispositivo de acuerdo con la invención, este o sus partes componentes se han representado parcialmente no a escala y/o de manera ampliada y/o disminuida.

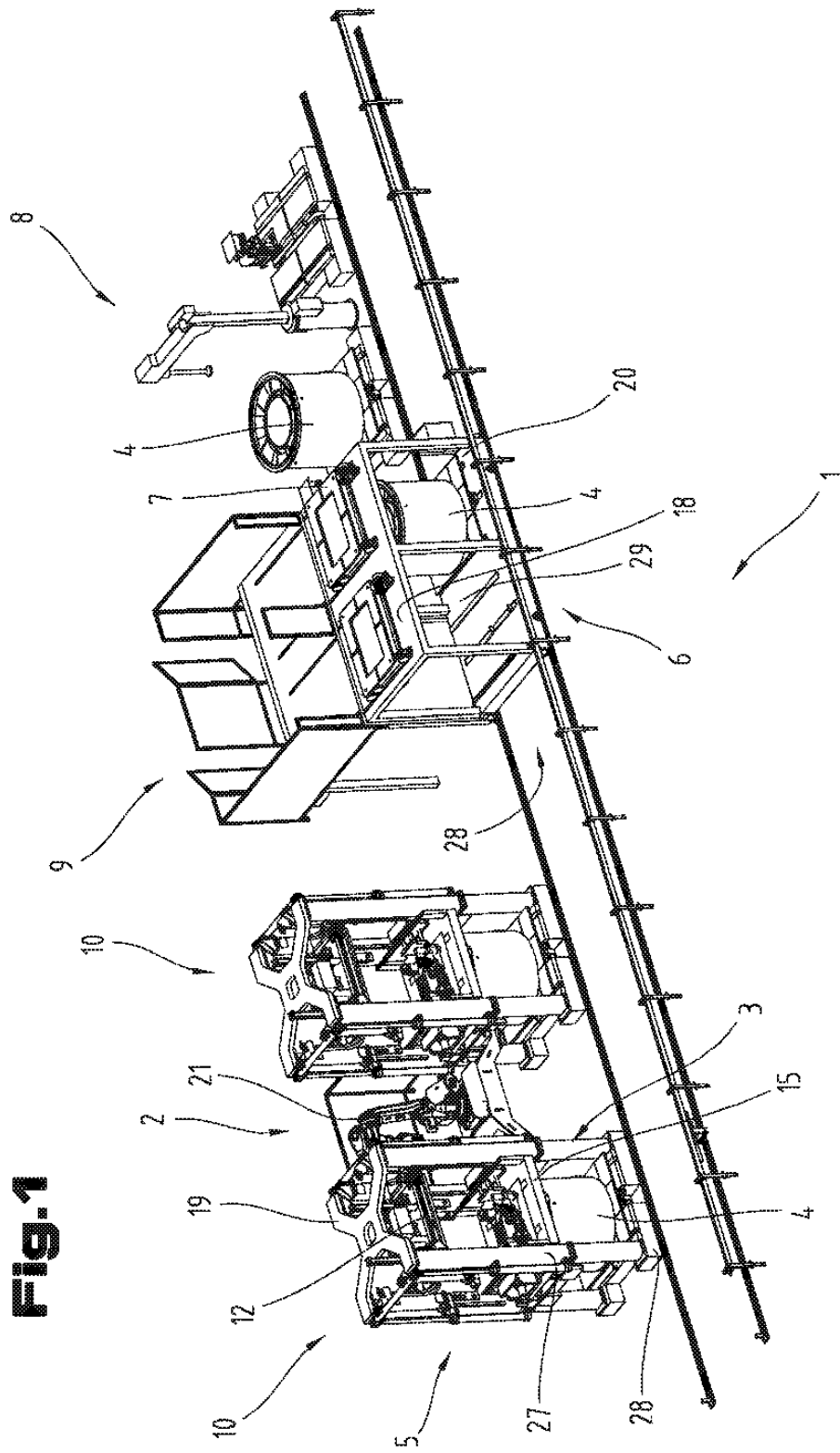
**Lista de referencias**

- 1 instalación
- 2 estación de colada
- 35 3 cámara
- 4 horno
- 5 cámara
- 6 carro de transporte
- 7 carro portaherramientas
- 40 8 estación
- 9 plataforma
- 10 dispositivo de colada
- 11 interfaz
- 12 placa portamolde
- 45 13 interfaz
- 14 dispositivo de tracción
- 15 placa portamolde
- 16 elemento de conexión
- 17 elemento de conexión
- 50 18 fondo
- 19 estructura de techo
- 20 punto de posicionamiento de horno
- 21 manipulador
- 22 parte inferior
- 55 23 tubo de subida
- 24 actuador
- 25 cilindros de trabajo
- 26 émbolos
- 27 columnas

28	guía
29	punto de posicionamiento de horno

REIVINDICACIONES

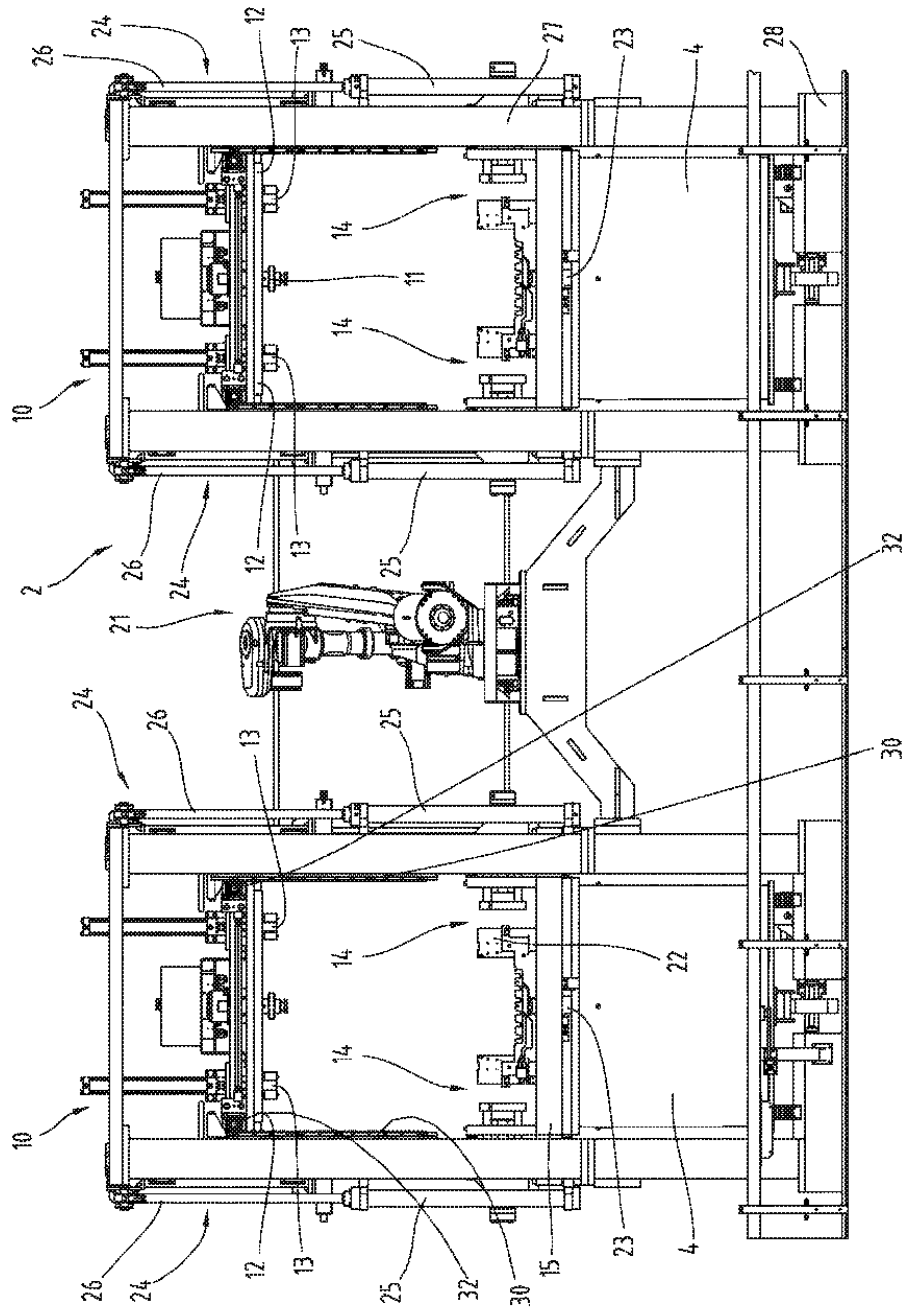
1. Dispositivo de colada (10) para colada a baja presión o a contrapresión, presentando el dispositivo de colada (10) al menos una cámara inferior (3) para al menos un horno (4) y al menos una cámara superior (5) para al menos una coquilla y estando separadas una de otra la cámara inferior (3) y la cámara superior (5) mediante al menos una placa portamolde inferior (15) para la fijación de una parte inferior (22) de la al menos una coquilla, estando dispuesta la placa portamolde inferior (15) de manera que puede trasladarse en una dirección vertical, presentando la cámara superior (5) una placa portamolde superior (12) para una parte superior de la al menos una coquilla, estando montada la placa portamolde superior (12) de manera que puede desplazarse en dirección vertical y estando conectada con primeros elementos de conexión (17), estando conectada la placa portamolde inferior (15) a segundos elementos de conexión (16), engranando cada uno de los primeros elementos de conexión (17) con un elemento de conexión correspondiente de los segundos elemento de conexión (16) mediante un desplazamiento vertical de la placa portamolde superior (12) en dirección a la placa portamolde inferior (15), estando conectada la placa portamolde superior (12) con actuadores (24) para la elevación o el descenso de la placa portamolde superior, estando configurados los actuadores (24) como unidades de émbolo/cilindro, en particular como cilindros hidráulicos, **caracterizado porque** los émbolos (26) de las unidades de émbolo/cilindro están conectados a la placa portamolde superior (12) y los cilindros de trabajo (25) de las unidades de émbolo/cilindro están dispuestos y apoyados bajo cada uno de los émbolos (26) correspondientes.
2. Dispositivo de colada según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la al menos una placa portamolde inferior (15) presenta al menos un tubo de subida (23) para la conexión del al menos un horno (4) a la al menos una coquilla.
3. Dispositivo de colada según la reivindicación 2, **caracterizado porque** cada uno de los primeros elementos de conexión (17) forma con el respectivo segundo elemento de conexión (16) correspondiente en cada caso un cierre en arrastre de forma y/o de fuerza.
4. Dispositivo de colada según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el dispositivo de colada (10) es un dispositivo de colada de columnas, que presenta un bastidor con columnas (27), que están dispuestas entre una placa de base (28) y una estructura de techo (19) del dispositivo de colada (10), presentando la estructura de techo (19) una forma de base en forma de x.
5. Instalación (1) para la fabricación de una pieza de trabajo por medio de colada a baja presión o a contrapresión, **caracterizada porque** presenta al menos un dispositivo de colada (10) según una de las reivindicaciones 1 a 4.
6. Instalación según la reivindicación 5, **caracterizada porque** están previstos al menos dos dispositivos de colada (10), que están dispuestos a una distancia uno junto a otro, estando dispuesto entre los dispositivos de colada (10) al menos un manipulador (21) para la manipulación de piezas de trabajo.
7. Instalación según una de las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizada porque** presenta al menos una guía, sobre la que está dispuesto al menos un carro de transporte (6) para la transferencia de un horno (4) entre una estación de suministro (8) y el al menos un dispositivo de colada (10).
8. Instalación según la reivindicación 7, **caracterizada porque** el carro de transporte (6) presenta al menos dos fondos dispuestos uno sobre otro, estando previsto un fondo inferior para el transporte del horno (4) y un fondo superior (18) para un transporte de al menos una coquilla.

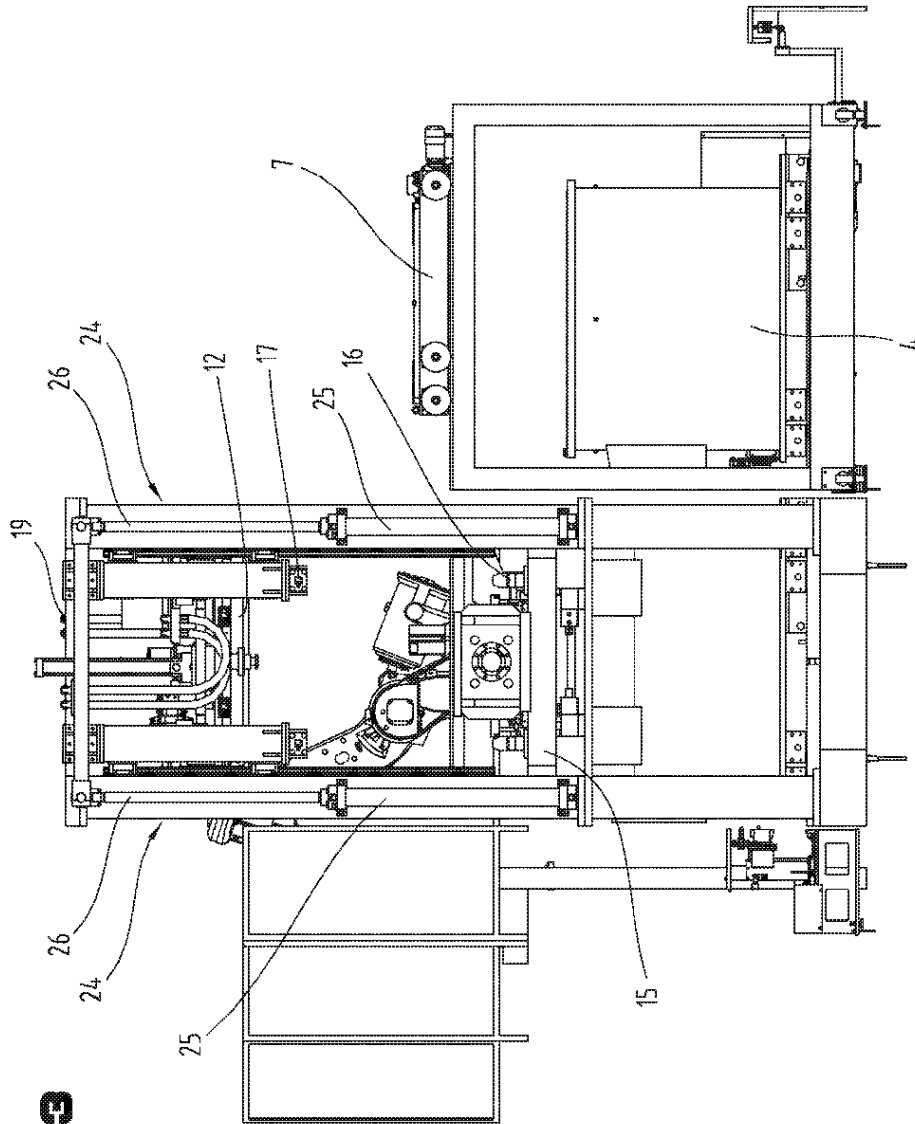


**Fig.1**



**Fig.2**





**Fig. 3**