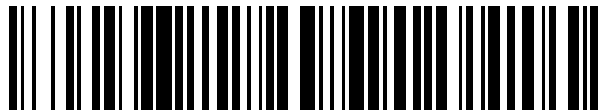


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 861**

51 Int. Cl.:

**C21C 7/10**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.08.2016 PCT/IB2016/054667**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2017 WO17021895**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2016 E 16766620 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 3332038**

54 Título: **Planta y método para la desgasificación al vacío de acero líquido**

30 Prioridad:

**06.08.2015 IT UB20152949**

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

**17.02.2020**

73 Titular/es:

**SMS GROUP S.P.A. (100.0%)  
Via Udine, 103  
33017 Tarcento, (UD), IT**

72 Inventor/es:

**MILOCCO, MAURO;  
MAZZARINI, FEDERICO y  
TRIGATTI, FABIO**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 742 861 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

Planta y método para la desgasificación al vacío de acero líquido

### 5 Campo de aplicación

La presente invención se refiere a una planta y a un método para la desgasificación al vacío de acero líquido.

10 La planta y el método de acuerdo con la invención se pueden usar para la desgasificación al vacío ya sea con la técnica VD (desgasificación al vacío) o con la técnica VOD (descarburación con oxígeno al vacío) y para todas las aplicaciones donde se requiera un tratamiento al vacío de acero líquido.

### Estado de la técnica

15 El proceso de desgasificación al vacío (llamado por simplicidad VD/VOD, del inglés "desgasificación al vacío" y "descarburación con oxígeno al vacío"), respectivamente, es un proceso de acero que tiene como principal objetivo producir aceros que cumplan con los estándares de alta calidad y aceros inoxidables, por ejemplo, como se describe en el documento EP 0366293 A2, hace posible lograr niveles extremadamente bajos de azufre, hidrógeno y nitrógeno, mejorar la micro y macro pureza del acero y, en el caso de VOD, descarbonizar (reducir el contenido de carbono) el acero.

20 En general, los sistemas VD/VOD están diseñados para funcionar las 24 horas del día y cada tratamiento dura de 35 a 120 minutos, dependiendo de la productividad requerida de la planta y de las prácticas de funcionamiento.

25 Aunque existen diversas soluciones para plantas destinadas a satisfacer requisitos específicos (espacio de instalación disponible, productividad requerida), normalmente una planta de desgasificación de acero consiste en los siguientes componentes, como se muestra en el diagrama general de la figura 1:

- 30 - una cámara de vacío A, hermética al exterior, dentro de la cual se aloja la cuchara L que contiene el acero líquido;
- un generador de vacío B, es decir, un sistema que puede aspirar gases hasta que se logre una presión de menos de 1 mbar absoluto dentro de la cámara de vacío;
- 35 - una línea de aporte C que coloca la cámara de vacío A en comunicación con el generador de vacío B y este último con el apilamiento D a través del cual se descargan los gases generados por el proceso;
- dispositivos destinados a gestionar el proceso, instalados a lo largo de la línea de aporte (válvulas ilustradas a continuación e instrumentos de medición de presión y temperatura de gas, un intercambiador de calor para enfriar el gas de proceso que sale de la cámara de vacío);
- 40 - una unidad de separación de polvo F en general compuesta por un ciclón (para eliminar partículas más grandes) y un filtro (para retener partículas más pequeñas);
- 45 - un sistema de insuflación de gas G, normalmente argón, en algunos casos incluso nitrógeno, para la agitación del acero líquido y la eliminación de impurezas dentro de éste;
- un sistema de insuflación E de gas inerte en el conducto de aporte para manejar la escoria espumosa, elevando la presión dentro del sistema aislado;
- 50 - donde también se proporciona la descarburación al vacío del acero (VOD), se instala un inyector de oxígeno controlado por un sistema auxiliar en la tapa de la cámara de vacío.

La cámara de vacío A consiste en una tapa A1 y un depósito A2. Dependiendo de cuál es la parte fija y cuál es la parte móvil, existen dos tipos de construcción: una "tapa con ruedas" cuando el depósito es fijo y la tapa es móvil, y un "depósito con ruedas" en el caso opuesto.

En general, dependiendo del principio de funcionamiento, el generador de vacío B puede ser de dos tipos: con un eyector de vapor/anillo líquido (solución técnica más popular en el pasado) o bombas mecánicas (tecnología que recientemente se está generalizando).

60 Como se muestra en la figura 1, los dispositivos para gestionar el proceso e instalados a lo largo de la línea de aporte C normalmente comprenden una válvula V1 para retornar la cámara de vacío a la presión atmosférica, una válvula principal V2 para aislar la cámara de vacío del generador de vacío, una válvula V3 para insuflar nitrógeno para controlar el proceso.

65 En general la planta de desgasificación está dividida en dos partes por la válvula principal V2. Por tanto, existen dos

volúmenes: un volumen de depósito y un volumen retenido.

5 El volumen del depósito se retorna a la presión atmosférica después de cada tratamiento de vacío abriendo la válvula V1 que coloca eficazmente la cámara de vacío en comunicación con el ambiente externo. El volumen retenido, en cambio, en general se mantiene en vacío gracias a la válvula principal V2, que lo mantiene aislado del ambiente externo. El mantenimiento del vacío en el volumen retenido permite acortar el tiempo requerido para disminuir la presión en el sistema usándolo como una "cámara impelente" que iguala la presión entre el depósito y el volumen retenido en el momento de abrir la válvula principal V2. Cabe destacar que el depósito está a presión atmosférica antes de abrir la válvula principal V2.

10 En general, un proceso de desgasificación al vacío comprende las siguientes etapas:

- colocación de la cuchara que contiene acero líquido dentro de la cámara de vacío y cerrado de la tapa;

15 - aspiración de los gases contenidos dentro del volumen de la planta para lograr el nivel de vacío requerido (típicamente <1 mbar);

20 - permanencia a la presión de funcionamiento durante el tiempo que se considere apropiado (típicamente de 15 a 25 minutos) para lograr los objetivos metalúrgicos;

- restauración de la presión atmosférica dentro de la cámara de vacío (apertura de la válvula VI), y refinación del análisis químico mediante adiciones de materiales en cantidades precisas.

25 El gas de aporte está compuesto principalmente de aire hasta una presión de aproximadamente 100-150 mbar, y después de vapores de metal, hidrógeno y nitrógeno provenientes del acero. La capacidad de succión del sistema de generación de vacío se ajusta automáticamente en todo el intervalo de presiones. Se solicita al operario que realice un ajuste solo en el caso de reacciones químicas anómalas dentro de la cámara de vacío (especialmente en casos de espumación de la escoria, presente en la cuchara con el acero fundido, para evitar fugas de material incandescente de la propia cuchara).

30 El control de todo el proceso pasa a través del movimiento de la tapa y/o el depósito y el comando de los ciclos automáticos para el ajuste de las condiciones de funcionamiento del sistema (es decir, de los puntos de trabajo del generador de vacío para controlar la presión dentro de la cámara de vacío).

35 También se sabe que durante todo el proceso de desgasificación se produce una gran cantidad de polvo.

40 El material que constituye el polvo se deriva principalmente de la evaporación de los elementos metálicos presentes en el baño líquido, (posteriormente condensado a lo largo de la línea de aporte) y el filtro, de la reacción entre el acero y el refractario y, en menor medida, de las aleaciones de hierro y los escorificadores.

45 Durante un proceso de VD, se producen aproximadamente 0,1-0,2 kg de polvo por tonelada de acero tratado: durante un tratamiento completo, se pueden producir hasta 20-40 kg (considerando, por ejemplo, una cuchara con una capacidad de 200 toneladas de acero líquido). Un análisis típico de la composición del polvo revela un contenido significativo de Zn, MgO, CaO, Pb, Mn.

50 En el proceso de VOD ("descarburación con oxígeno al vacío", un proceso de vacío con insuflación de oxígeno para lograr niveles bajos de carbono en el acero líquido), la cantidad de polvo generado puede alcanzar los 800-1000 kg (para 200 toneladas de acero líquido).

55 Es esencial tener un sistema eficaz de recolección de polvo para preservar el generador de vacío frente a fenómenos de desgaste u obstrucción, así como para evitar las emisiones de polvo a la atmósfera.

Si se requiere filtración a presión, en la línea de aporte se instalan un separador ciclónico (aporte de aire tangencial) y un filtro de bolsa. Sin embargo, las instalaciones de filtros también existen con un ciclón integrado.

60 Típicamente, el polvo de estos procesos, debido a su composición, se quema muy fácilmente en presencia de oxígeno. Por este motivo, los filtros de bolsa (que actualmente son la tecnología más común para dichas aplicaciones) requieren una limpieza frecuente y eficiente, que típicamente se realiza automáticamente después de cada tratamiento, soplando gas inerte (nitrógeno) a contraflujo a la bolsa de lona, una tecnología conocida como "chorro de pulso inverso".

65 Aparte de los requisitos ambientales relacionados con las emisiones a la atmósfera, la necesidad de instalar o no elementos para la reducción del polvo (filtros de bolsa y ciclón), está determinada por el grado de polvo tolerado por el sistema de vacío a instalar.

Hasta la fecha, existen dos tecnologías de generación de vacío basadas en principios de funcionamiento

completamente diferentes: bombas mecánicas y sistemas eyectores de vapor.

#### Generación de vacío con bombas mecánicas

5 En la terminología comúnmente usada en la industria del acero, la generación de vacío con bombas mecánicas se refiere a un generador de vacío que proporciona la instalación en serie de sopladores de tipo lóbulos (bombas de raíces) y bombas de tornillo (bomba de tornillo), como se ilustra en la figura 2. En este caso, las bombas de tornillo también se denominan "bombas de prevacío".

10 Como principio general, dado que cada una de estas máquinas realiza una compresión del gas aspirado, se habla de una "fase" de compresión que se refiere a una o más máquinas que funcionan en el mismo intervalo de presión entre el aporte y la descarga.

15 Las soluciones de planta más extendidas actualmente consisten en una serie de bombas de tornillo y al menos dos bombas de raíces en serie, como se muestra en la figura 2.

20 Las fases se denominan convencionalmente en orden numérico ascendente (fase 1, ..., fase n) comenzando a partir de las más cercanas a la cámara de vacío A. La última fase es la que finalmente descarga los gases a la atmósfera (fase de prevacío). Cada fase puede consistir en varias bombas conectadas en paralelo, como se muestra en la figura 3.

25 El criterio que determina la disposición en serie es como sigue: las bombas de tornillo pueden funcionar con proporciones de compresión muy altas (hasta 1:1000) pero con caudales volumétricos bajos; en cambio, las bombas de raíces pueden eliminar grandes volúmenes de gas, pero no permiten proporciones de compresión altas (típicamente de aproximadamente 1:6).

30 En instalaciones típicas de VD/VOD, funcionalmente, la bomba de tornillo sola puede mantener una presión de no menos de 20-50 mbar dentro de la cámara de vacío, descargando los gases a la atmósfera. Para lograr un grado de depresión más alto (< 1 mbar), se requiere la instalación corriente arriba de al menos dos fases de bombas de raíces. Estas últimas, gracias al tipo de construcción (una cámara interior doble liberada y obstruida alternativamente por los lóbulos giratorios) son más eficaces para mover gases enrarecidos, como son los gases a bajas presiones.

35 En resumen, en condiciones de funcionamiento estables (es decir, sin tener en cuenta el transitorio de evacuación inicial de la cámara de vacío comenzando a partir de la presión atmosférica), las bombas de raíces de fase temprana aspiran los gases de proceso a presiones muy bajas (< 1 mbar) y las envían a las bombas de tornillo en el intervalo de presión en el que estas últimas funcionan con una eficacia de compresión más alta.

40 La principal desventaja en el uso de bombas mecánicas en una configuración como la descrita anteriormente se relaciona con la necesidad de realizar la filtración de los gases aspirados para retener las partículas sólidas que podrían bloquear y/o dañar los cuerpos mecánicos giratorios (detención) y posiblemente contaminar el aceite lubricante (contenido en la cámara de engranajes en caso de deterioro de las juntas). Las bombas de raíces, aunque no están destinadas para su uso en un entorno pulverulento, teóricamente podrían tratar los gases pulverulentos sin encontrarse con problemas de funcionamiento de detención. A la larga, sin embargo, surgirían problemas de contaminación de aceite. El mayor problema se refiere a las bombas de tornillo que estarían forzadas, sin filtración, para tratar los gases pulverulentos descargados por las bombas de raíces, incurriendo en los problemas de detención mencionados anteriormente y que conducen a un bloqueo inmediato del sistema.

50 Al describir las condiciones de funcionamiento típicas de un sistema de generación de vacío con bombas mecánicas, en general se hace referencia a 4 ciclos automáticos que determinan el funcionamiento de los dispositivos principales instalados (válvulas, filtro, bombas):

55 - Ciclo de activación del sistema: las bombas se ponen en marcha y el volumen hasta que la válvula principal ("volumen retenido") se evacua alcanzando una presión final típicamente de < 5 mbar; la cámara de vacío en esta fase permanece a presión atmosférica y las bombas se mantienen a una velocidad de rotación mínima.

60 - Ciclo de desgasificación: la válvula principal se abre para igualar la presión de manera controlada entre la cámara de vacío y el volumen "retenido"; la igualación lenta está diseñada para no sobrecargar el sistema desde un punto de vista mecánico (bombas y bolsas de filtro) y evitar la oxidación instantánea y violenta del polvo pirofórico que queda en la superficie de las bolsas de filtro después de los tratamientos previos. Las bombas aceleran gradualmente hasta alcanzar la velocidad máxima de rotación. Durante el descenso de la presión, el nivel de vacío en el sistema se puede controlar ralentizando/circunvalando las bombas o insuflando nitrógeno. Típicamente, la presión de proceso (< 1 mbar) se alcanza en 6-8 minutos.

65 - Ciclo de parada de vacío: cuando se completa la desgasificación, la válvula principal se cierra y la cámara de vacío se retorna a la presión atmosférica (lo que permite la apertura posterior de la tapa y la adición de materiales).

- Ciclo de limpieza: con las bombas aisladas, las bolsas de filtro se limpian por medio de un sistema de ráfagas de nitrógeno, y a continuación el ciclo de limpieza es seguido de un ciclo de descarga de polvo según sea necesario.

5 Una vez completado el ciclo de limpieza de las bolsas, el volumen retenido se evacua nuevamente (hasta presiones de < 5 mbar) preparando el sistema para el siguiente ciclo de desgasificación.

La limpieza de las bolsas de filtro es un aspecto fundamental para el rendimiento del sistema de bomba mecánica porque:

10 - una acumulación excesiva de polvo en las bolsas incrementa las pérdidas de presión a través del filtro, limitando la presión mínima que se puede alcanzar dentro de la cámara de vacío;

15 - el posible daño de las bolsas hace que grandes cantidades de polvo alcancen las bombas. De este modo, el funcionamiento del sistema se puede ver comprometido si la limpieza y el mantenimiento de los filtros no se llevan a cabo apropiadamente (ajuste correcto del ciclo de lavado con nitrógeno, inspecciones periódicas de las bolsas...).

#### Generación de vacío con bombas eyectoras

20 Los generadores de vacío eyectores usan como fluido propulsor el vapor sobrecalentado generado en una caldera o proveniente de otras fuentes. Como resultado de la aceleración del vapor y la arquitectura del eyector, el gas de proceso es aspirado y comprimido.

25 Cada eyector está dimensionado para comprimir una cantidad dada de gas, logrando una proporción específica entre la presión de aporte y de descarga (típicamente del orden de 1:5/1:15). Por lo tanto, para funcionar entre la presión requerida por el proceso (1 mbar) y la presión atmosférica (1000 mbar), se requieren varios eyectores diferentes que funcionen en serie.

30 También en este caso, en la disposición en serie, cada eyector se considera como una "fase" de compresión. Sin embargo, una fase puede estar compuesta por varios eyectores en paralelo para incrementar la capacidad de succión del sistema a presiones más altas (típicamente requeridas durante la fase de evacuación de la cámara de vacío).

35 La figura 4 muestra la disposición de una planta de una estación de bombeo eyectora típica donde S1, S2, S3 y S4 indican las fases eyectoras, C1, C2 y C3, los condensadores entre fases y P, el depósito de recolección o "pozo caliente". Las fases S3 y S4, en este caso particular, consisten en pares de eyectores A/B que funcionan en paralelo. La secuencia de activación de las fases individuales normalmente está controlada por la presión alcanzada por la cámara de vacío, y es como sigue (con referencia a la figura 4): S4-S3-S2-S1.

40 Para garantizar la máxima eficacia del sistema eyector (eliminación del flujo máximo de gas de proceso), los intercambiadores de calor se instalan en serie con los eyectores para condensar el vapor contenido en el flujo de gas principal.

45 De hecho, el vapor actúa solo como un propulsor para aspirar los gases de proceso y condensarse a medida que incrementa la presión y disminuye la temperatura.

Por tanto, se hace que el vapor condense dentro de los "condensadores" que se drenan a un depósito, llamado "pozo caliente".

50 Está claro que, en ausencia de sistemas de filtrado corriente arriba de los grupos eyectores, el agua condensada tiene una concentración de polvo más alta, por lo que requiere plantas de tratamiento de aguas residuales y funcionamientos de mantenimiento adecuadas para la eliminación de los lodos canalizados al "pozo caliente".

La figura 4 muestra un diagrama de un eyector típico que consiste en cuatro fases de compresión.

55 Una variación de este diagrama proporciona que la cuarta fase, o de forma alternativa una posible quinta fase, consiste en una bomba de anillo líquido en lugar de un eyector. Esta solución en general se prefiere en sistemas con disponibilidad de vapor limitada o donde lo requieran los requisitos de la planta o del proceso (espacio limitado para la instalación, la necesidad de funcionar de manera estable a presiones superiores a 100 mbar para sistemas de VOD).

60 La bomba de anillo líquido es una bomba mecánica de tipo centrífuga en la que la compresión del gas, por medio de su confinamiento en un volumen variable (gradualmente reducido), se deriva de la rotación de un anillo líquido generado por un efecto centrífugo de un rotor, excéntrico a la carcasa (cuerpo) de dicha bomba.

65 Con la excepción de la composición del sistema de bombeo y del grupo de reducción de polvo conectado al mismo, el funcionamiento de una planta eyectora/de anillo líquido pasa a través de secuencias de funcionamiento

completamente similares a las descritas para las bombas mecánicas.

5 Para los sistemas de expulsión no es necesario, con el propósito de proteger el sistema de bombeo, reducir el polvo hasta el punto de requerir la instalación de un filtro de bolsa, ya que carece de las tolerancias geométricas requeridas por el sistema mecánico, típico de las bombas de raíces o de tornillo.

10 Por otra parte, en algunos sistemas, para minimizar el mantenimiento (limpieza de los eyectores y el tratamiento de agua de pozo caliente) se puede instalar un ciclón o incluso un filtro de bolsa con un sistema de limpieza automático relacionado.

15 Por último, cabe señalar que en ausencia de elementos de filtro, se retiene una gran cantidad de polvo por el vapor inyectado y por el agua de las bombas de anillo líquido posibles. El vapor condensado entre una fase eyectora y otra ayuda a retener parte del polvo generado durante el proceso. El agua condensada se drena, como se mencionó anteriormente, al "pozo caliente" (indicado como P en la figura 4). Además, el posible anillo líquido en su contacto con el gas de proceso ayuda a retener parte del polvo residual. De ello se deduce que, en un sistema de anillo líquido/eyector, la cantidad de polvo contenida en los gases que se descargan en el apilamiento es muy baja.

20 En conclusión, la principal diferencia con respecto a la disposición del sistema entre los sistemas eyectores y los sistemas de bombeo mecánico reside en la presencia de un filtro de bolsa (con todos los elementos auxiliares para limpiar las bolsas y descargar el polvo), requerida en este último caso para preservar la integridad de las máquinas.

La principal limitación de los sistemas de generación de vacío inyectora radica en su complejidad y en los altos costos de operación y de planta.

## 25 **Presentación de la invención**

En consecuencia, el propósito de la presente invención es eliminar total o parcialmente los inconvenientes de la técnica anterior mencionada anteriormente, al proporcionar una planta y un método para la desgasificación al vacío de acero líquido combinando la simplicidad de ingeniería/funcionamiento de una planta de bombas mecánicas con la posibilidad de funcionar sin sistemas de filtro de una planta eyectora.

Otro propósito de la presente invención es poner a disposición una planta para la desgasificación al vacío de acero líquido que sea más fiable funcionalmente.

35 Otro propósito de la presente invención es poner a disposición una planta para la desgasificación al vacío de acero líquido que sea más barata en su operación.

40 Otro propósito de la presente invención es poner a disposición una planta para la desgasificación al vacío de acero líquido que sea al menos comparable a los sistemas convencionales con bombas mecánicas, en términos de costos de planta.

## **Breve descripción de los dibujos**

45 Las características técnicas de la invención, de acuerdo con los propósitos mencionados anteriormente, pueden verse claramente a partir del contenido de las siguientes reivindicaciones y las ventajas de las mismas serán más claramente comprensibles a partir de la descripción detallada a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos, mostrando uno o más modos de realización a modo de ejemplos no limitantes, en los que:

50 - la figura 1 muestra un diagrama general de una planta de desgasificación de acero;

- la figura 2 muestra un diagrama general de un sistema de generación de vacío convencional con bombas mecánicas del tipo de raíces y tornillo;

55 - la figura 3 muestra un diagrama general de un sistema de generación de vacío convencional con bombas mecánicas del tipo de raíces y tornillo, con cada fase compuesta de varias bombas en paralelo;

- la figura 4 es un diagrama de un sistema de generación de vacío eyector convencional;

60 - la figura 5 muestra un diagrama general de una planta de desgasificación al vacío de acero líquido de acuerdo con un modo de realización preferente de la presente invención;

- la figura 6 muestra un diagrama general de una planta de desgasificación al vacío de acero líquido de acuerdo con un modo de realización alternativo de la presente invención;

65 - la figura 7 muestra un diagrama general del sistema de generación de vacío en una planta de desgasificación al vacío de acero líquido de acuerdo con un modo de realización preferente de la presente invención; y

- la figura 8 muestra un diagrama general de una bomba de anillo líquido.

### Descripción detallada

5 Con referencia a los dibujos adjuntos, el número de referencia 1 indica globalmente una planta para desgasificación al vacío de acero líquido de acuerdo con la invención.

10 La planta 1 de acuerdo con la invención se pueden usar para la desgasificación al vacío ya sea con la técnica VD (Desgasificación al vacío) o con la técnica VOD (Descarburación con oxígeno al vacío) y para todas las aplicaciones donde se requiera un tratamiento al vacío de acero líquido.

15 De aquí en adelante, en la descripción y las reivindicaciones, se hará referencia a la planta de desgasificación al vacío de acero líquido 1 en condiciones de uso.

De acuerdo con un modo de realización general de la invención, la planta para la desgasificación al vacío de acero líquido comprende:

20 - al menos una cámara de vacío 2, adecuada para recibir temporalmente acero líquido en su interior; y

- un sistema de generación de vacío 10, conectado a la al menos una cámara de vacío 2 mencionada anteriormente por medio de un conducto de aporte 20.

25 La cámara de vacío 2 puede ser de cualquier tipo adecuado para el propósito.

Preferentemente, la cámara de vacío 2 está configurada de modo que el acero líquido se introduzca en el interior por medio de una cuchara L, pero también se puede usar directamente para recibir el acero líquido.

30 En el primer caso, como se muestra en las figuras 5 y 6, la cámara de vacío 2 comprende un depósito 3, que define el volumen de la cámara 2 y es adecuado para recibir en él la cuchara L, y una tapa 4 adecuada para sellar herméticamente el depósito 3 cuando la cuchara L está alojada en su interior. La cámara de vacío puede ser del tipo "tapa con ruedas" cuando el depósito es fijo y la tapa móvil o del tipo "depósito con ruedas" en el caso opuesto.

35 De forma ventajosa, como se muestra en las figuras 5 y 6, la cámara de vacío se puede equipar con un sistema de insuflación 30 de un gas de lavado, en algunos casos incluso nitrógeno, para la agitación del acero líquido y la eliminación de impurezas en su interior. En particular, este sistema de insuflación 30 está diseñado para alimentar uno o más tabiques porosos localizados en el fondo de la cuchara.

40 En el segundo caso, de acuerdo con un modo de realización no ilustrado en las figuras adjuntas, la cámara de vacío 2 se puede configurar para alojar directamente dentro de ella el acero líquido de acuerdo con un proceso de RH. En este caso, el acero líquido se transfiere temporalmente desde la cuchara dentro de la cámara. Para dicho propósito, la cámara de vacío se conecta a una cuchara por medio de dos conductos: un conducto de entrega a través del cual el acero fundido de la cuchara se impulsa por la diferencia de presión dentro de la cámara de vacío, y un conducto de retorno, a través del cual el acero fundido tratado fluye de vuelta desde la cámara de vacío dentro de la cuchara.

45 De acuerdo con la invención, como se muestra en las figuras 5 y 6, el sistema de generación de vacío 10 comprende al menos dos fases de compresión conectadas entre sí en serie, de las cuales:

50 - una primera fase de compresión 11 trabaja más cerca de la al menos una cámara de vacío 2 mencionada anteriormente y consiste en una o más bombas de tornillo 110; y

- una segunda fase de compresión 12 trabaja más alejada de la cámara de vacío 2 mencionada anteriormente para llevar el gas al menos a la presión atmosférica y consiste en una o más bombas de anillo líquido 120.

55 Las una o más bombas de tornillo 110 mencionadas anteriormente están dimensionadas para poder funcionar con proporciones de compresión que no superen 1:12, si la presión de descarga es atmosférica, y con proporciones de compresión que no superen 1:200, si la presión de descarga está comprendida entre 50 y 120 mbar absolutos.

60 Como se especificará a continuación, las una o más bombas de tornillo 110 mencionadas anteriormente se dimensionan por tanto de manera radicalmente diferente a las bombas de tornillo convencionales.

65 Preferentemente las una o más bombas de tornillo 110 mencionadas anteriormente están dimensionadas para poder funcionar con proporciones de compresión comprendidas entre 1:3 y 1:10, si la presión de descarga es atmosférica y, si la presión de descarga está entre 50 y 120 mbar absolutos, con proporciones de compresión de entre 1:25 y 1:200, y preferentemente de entre 1:70 y 1:90.

Gracias al hecho de funcionar en los intervalos de proporciones de compresión mencionados anteriormente, las una o más bombas de tornillo 110 mencionadas anteriormente se dimensionan imponiendo tolerancias internas (rotor/rotor y rotor/caja), mucho más altas que las proporcionadas en las bombas de tornillo convencionales usadas como fases de prevacío como se describe anteriormente. De esta manera, las bombas de tornillo 110 mencionadas  
5 anteriormente pueden funcionar en contacto directo con gases pulverulentos con altas concentraciones de polvo sin contraindicaciones para las partes mecánicas en movimiento y, por tanto, sin incurrir en los problemas típicos de las bombas de tornillo usadas como fases de prevacío en los sistemas de desgasificación mecánica convencionales.

Esto se hace posible por el hecho de que, de acuerdo con la invención, las bombas de tornillo se usan en fases más cercanas a la cámara de vacío y por la opción de hacer funcionar dichas bombas en los intervalos de compresión mencionados anteriormente.  
10

Funcionalmente, el trabajo de comprimir el gas se completa por las una o más bombas de anillo líquido mencionadas anteriormente que definen la segunda fase de compresión (final), más alejada de la cámara de vacío, aprovechando el hecho de que las bombas de anillo líquido son insensibles al polvo.  
15

De forma ventajosa, las bombas de anillo líquido también realizan una función importante de retener las partículas sólidas arrastradas por el flujo principal de los gases. Por lo tanto, el agua de servicio de la bomba se usa para atrapar el polvo generado por el proceso de desgasificación y a continuación recogerlo en un solo punto. De esta manera, se minimiza la emisión de polvo en un posible apilamiento de descarga 40, lo que garantiza un bajo impacto ambiental.  
20

Gracias a la invención, el sistema de generación de vacío 10 puede por tanto aspirar directamente desde la al menos una cámara de vacío 2 mencionada anteriormente los gases que contienen polvo en altas concentraciones, sin las contraindicaciones típicas de un sistema de bombas mecánicas convencional.  
25

Convencionalmente, frente a lo dispuesto en la presente invención, las bombas de tornillo se usan en cambio en los sistemas de generación de vacío de las plantas de desgasificación para definir las fases de compresión más alejadas de la cámara de vacío A. Estas bombas (de prevacío), a pesar de funcionar con proporciones de compresión entre 1:1 y 1:50, y preferentemente de entre 1:2 y 1:40, están diseñadas para trabajar con proporciones de compresión de hasta 1:1000 con descarga a presión atmosférica. A la inversa, las bombas de tornillo 110 de acuerdo con la invención están dimensionadas para funcionar a proporciones de compresión máximas de 1:12 con descarga a presión atmosférica. Por lo tanto, las bombas de tornillo tradicionales deben construirse con tolerancias internas muy estrictas (rotor/rotor y rotor/caja). Esto los hace particularmente sensibles a la presencia de polvo en los gases tratados.  
30  
35

Gracias a la presente invención, es posible por lo tanto, por un lado, liberar el diseño de una planta de desgasificación de acero líquido de la instalación de un dispositivo de filtración (normalmente un filtro de bolsa) requerido en el caso de bombas mecánicas, y por el otro, reducir drásticamente los costos de la planta que conlleva un sistema eyector de vapor convencional.  
40

De forma ventajosa, el sistema de generación de vacío 10 está dimensionado para llevar la cámara de vacío 2 a un grado de vacío de entre 0,2 y 5 mbar, y preferentemente de entre 0,5 y 1,5 mbar. Como resultado, el sistema de generación de vacío 10 está dimensionado para generar proporciones de compresión totales de entre 1:5.000 y 1:200.  
45

Con respecto al dimensionamiento del sistema de generación de vacío 10 de acuerdo con la presente invención, las posibles combinaciones en términos de número de bombas de tornillo 110 y bombas de anillo líquido 120 vienen determinadas por las elecciones de diseño realizadas en cada momento para minimizar el número de máquinas instaladas para obtener el nivel de rendimiento requerido por el proceso, es decir, los tiempos de evacuación de la cámara de vacío son limitados y el grado de vacío final es de aproximadamente < 1 mbar.  
50

De forma ventajosa, el sistema de generación de vacío 10 puede comprender una o más fases de compresión intermedias, situadas en serie entre la primera fase 11 y la segunda fase 12 y cada una compuesta de una o más bombas de tornillo 110 que tienen características similares a las de la primera fase 11.  
55

Se entiende que el término "características similares" significa que dichas una o más bombas de tornillo de las fases intermedias están dimensionadas para funcionar en los mismos intervalos de compresión que las bombas de tornillo de las primeras fases, lo que hace posible adoptar tolerancias internas (rotor/rotor y rotor/caja) mucho más altas que las previstas en las bombas de tornillo convencionales. El tamaño de las bombas de tornillo de las fases intermedias puede ser igual que o diferente del de las bombas de tornillo de las primeras fases. La elección del tamaño viene determinada por el dimensionamiento del sistema de generación de vacío.  
60

Una o más de las fases de compresión mencionadas anteriormente (primera, segunda o intermedia) pueden consistir cada una en dos o más bombas conectadas en paralelo.  
65



De acuerdo con modos de realización no mostrados en las figuras adjuntas, el sistema de generación de vacío puede consistir en dos o más módulos de bombeo paralelos, cada uno de los cuales está compuesto al menos de una primera fase de compresión 11 con bombas de tornillo y una segunda fase de compresión 12 con bombas de anillo líquido.

5 El número total de bombas instaladas por módulo y el número de módulos se definen en la fase de diseño con el objetivo de optimizar la instalación y minimizar el consumo de elementos auxiliares (agua, nitrógeno, electricidad).

10 De forma ventajosa, se pueden adoptar configuraciones modulares para el sistema de generación de vacío 10, es decir, separables en unidades instaladas en paralelo, o instalaciones "híbridas" donde las bombas se agrupan en dos fases sin modularidad.

15 Preferentemente, el sistema de generación de vacío 10 se puede aislar del resto del sistema cerrando las válvulas de aislamiento apropiadas instaladas inmediatamente corriente arriba de las bombas.

Preferentemente, como se muestra en las figuras 5 y 6, el conducto de aporte 20 comprende un conducto de derivación 21 que puede excluir del flujo de gas las fases del compresor formadas por las bombas de tornillo 110. Esta solución se puede adoptar tanto en el caso de una estructura modular como de una estructura no modular.

20 Funcionalmente, como se resumirá a continuación, la presencia de la derivación 21 mencionada anteriormente se puede usar para excluir el funcionamiento de las bombas de tornillo en algunas fases del proceso de desgasificación.

25 Preferentemente, cada una de las bombas de tornillo 110 usadas en la planta de desgasificación 1 de acuerdo con la invención comprende dos rotores de tornillo, sincronizados cinemáticamente entre sí por medio de un eje eléctrico.

30 Para la conexión y sincronización de los dos rotores de tornillo, estas bombas no usan el "eje mecánico" convencional, donde un motor transmite el movimiento a un rotor de tornillo mientras el otro rotor se arrastra/sincroniza por medio de una serie de engranajes en baño de aceite.

35 El término "eje eléctrico" significa la sincronización del programa informático de un par de motores por medio de un inversor (uno para cada tornillo) y un par de codificadores. El programa informático gestiona instantáneamente los parámetros de los dos inversores, de modo que los rotores se sincronicen constantemente. Además, los dos codificadores controlan la desviación angular de los ejes de los rotores de tornillo, de modo que éstos son perfectamente paralelos entre sí.

40 Funcionalmente, cualquier anomalía funcional (por ejemplo, fricción interna debida a la acumulación de polvo) da como resultado un incremento en el par de torsión y la absorción de corriente de los motores (o de uno de ellos) y, en consecuencia, una posible desviación en la velocidad angular de los rotores. De forma ventajosa, el programa informático puede actuar sobre la velocidad en tiempo real hasta que se restaure el equilibrio, evitando las tensiones y el sobrecalentamiento de la bomba.

45 En comparación con una solución con un eje mecánico, esta configuración de eje eléctrico no requiere aceite para la lubricación de los engranajes. La ausencia de aceite lubricante es una ventaja. De hecho, debido a la posible diferencia en la presión entre la cámara de compresión (presión más baja) y las posibles (concurrentes) cámaras de engranaje (presión más alta), el aceite se puede aspirar al gas de proceso, mezclando con el polvo y generando obstrucciones. De forma similar, en determinadas fases de funcionamiento, los gases polvorientos pueden inundar las cámaras de engranajes contaminando el aceite.

50 Las bombas de anillo líquido 120 usadas en la planta de desgasificación 1 de acuerdo con la presente invención son del tipo conocido per se y, por lo tanto, su funcionamiento es bien conocida por un técnico del sector. Por lo tanto, no se proporciona una descripción detallada de las mismas, sino simplemente una referencia a una serie de conceptos útiles para introducir algunos elementos particulares.

55 En particular, las bombas de anillo líquido usadas en la presente invención pueden tener la estructura que se muestra en la figura 8.

60 Como se muestra en la figura 8, una bomba de anillo líquido comprime el gas de proceso G' entre un rotor de paletas excéntrico 121 y un anillo 122 de agua, denominado agua de servicio W. Funcionalmente, el polvo transportado por el gas de proceso G' necesariamente entra en contacto con el agua de servicio W que actúa como un colector. La bomba 120 eyecta el gas comprimido G" conjuntamente con una cantidad mínima de agua de servicio pulverulenta. La mezcla G" + W de gas y agua pulverulenta alcanza un separador 123 que separa el gas (ahora a presión atmosférica y se dirige al apilamiento) del agua "sucio" que se recoge en la parte inferior del separador 123. De forma ventajosa, una reposición 124 del agua W se proporciona para compensar las pérdidas por evaporación.

Más específicamente, el agua de servicio W se puede manejar de dos maneras: en un circuito abierto o en un circuito cerrado.

- 5 Con la gestión en circuito cerrado, el agua W se recircula hasta el límite de saturación de polvo, en el que cae el rendimiento de la bomba. En este punto, toda el agua de servicio W se descarga y se reemplaza con agua limpia.

10 Con la gestión en circuito abierto, el agua se descarga continuamente desde el separador (a través de la abertura 125 ilustrada en la figura 8), mientras que una línea de agua limpia 124 rellena continuamente el circuito de servicio de la bomba de anillo líquido.

De forma ventajosa, el agua resultante contiene polvo que ahora es inerte y se puede manejar de dos maneras diferentes.

- 15 De acuerdo con un primer método, el agua pulverulenta se recoge en un baño de decantación con un rebosadero que conduce a un segundo baño. Desde aquí, el agua pulverulenta se envía a una planta de tratamiento de agua, por medio de bombas centrífugas, y se trata en la misma en la forma convencional.

20 De acuerdo con un segundo método, como se muestra esquemáticamente en la figura 7, el agua pulverulenta que sale del separador se puede filtrar in situ usando métodos conocidos.

25 De forma ventajosa, como se muestra en la figura 7, la planta 1 comprende una unidad auxiliar 50 que, además de reponer el agua dispersada por las bombas de anillo líquido en los gases de proceso, separa el polvo contenido en el agua y lo recircula a la bomba.

Un funcionamiento de ciclo continuo garantiza tanto la eliminación controlada del polvo (evitando la acumulación interna) como el funcionamiento óptimo de la bomba de anillo líquido 120 gracias al enfriamiento y la limpieza del agua de relleno.

- 30 La unidad auxiliar 50 puede estar centralizada o localizada a bordo de cada bomba de anillo líquido o módulo, manteniendo sin embargo las mismas funciones.

35 De forma alternativa a la unidad auxiliar 50 mencionada anteriormente, la planta 1 puede comprender al menos un dispositivo de reemplazo continuo del agua de servicio usada por la bomba de anillo líquido, sin recirculación, con agua no retornable.

40 De forma ventajosa, como se muestra en las figuras 5 y 6, en la sección comprendida entre la cámara de vacío 2 y el sistema de generación de vacío 10, el conducto de aporte 20 comprende un ramal de conexión 28 a la atmósfera equipado con una primera válvula de control 23. Esta primera válvula de control 23 se abre al final del proceso de desgasificación para retornar la cámara de vacío 2 a presión atmosférica antes de extraer el acero líquido tratado.

45 De forma ventajosa, como se muestra en las figuras 5 y 6, en la sección comprendida entre la cámara de vacío 2 y el sistema de generación de vacío 10, el conducto de aporte 20 puede comprender un ramal de conexión 29 a un depósito (no mostrado) que contiene gas inerte (nitrógeno o argón), equipado con una segunda válvula de control 24. El gas inerte se puede insuflar abriendo la segunda válvula 24 para gestionar la escoria espumosa, elevando la presión interna.

50 De acuerdo con un modo de realización preferente ilustrado en la figura 5, la planta de desgasificación 1 no comprende un dispositivo de filtración de los gases, que abandonan la cámara de vacío 2 y tienen que pasar a través del sistema de generación de vacío 10. Independientemente del nivel de concentración del polvo en dichos gases, los gases que salen de la cámara de vacío 2 se aspiran directamente por el sistema de generación de vacío sin una etapa de filtración de gas preventiva. Como se señaló previamente, esto es posible gracias a la presente invención.

55 De acuerdo con un modo de realización alternativo ilustrado en la figura 6, la planta de desgasificación 1 puede comprender al menos un dispositivo de filtración 25 de los gases que salen de la cámara de vacío 2 y pasan a través del sistema de generación de vacío 10. Dicho dispositivo de filtración 25 está dispuesto entre la cámara de vacío 2 y el sistema de generación de vacío 10.

60 Funcionalmente, los gases que salen de la cámara de vacío 2, antes de ser aspirados por el sistema de generación de vacío, se someten a filtración para reducir al menos parcialmente el contenido de polvo presente en los gases. Gracias a la presente invención, la reducción del polvo puede ser parcial y suave, dado que la posible presencia de polvo no afecta el funcionamiento del sistema de generación de vacío 10. La etapa de filtración preventiva se puede proporcionar para optimizar la gestión del polvo en el sistema, reduciendo la carga de polvo a gestionar por medio de las bombas de anillo líquido.

65

El dispositivo de filtración 25 mencionado anteriormente puede consistir en un filtro de bolsa, un ciclón o un sistema integrado de filtro de bolsa y ciclón.

5 En particular, de acuerdo con el modo de realización alternativo ilustrado en la figura 6, la planta 1 comprende al menos una válvula de aislamiento 22 que se instala en el conducto de aporte 20 entre la cámara de vacío 2 y el dispositivo de filtración 25. Dicha válvula de aislamiento 22 se coloca corriente abajo del punto de bifurcación del conducto de aporte 20 en el ramal de conexión 28 mencionado anteriormente a la atmósfera. La válvula de aislamiento 22 divide la planta 1 en dos partes, identificando por tanto dos volúmenes. Una primera parte comprende la cámara de vacío (volumen del depósito); la segunda parte comprende el dispositivo de filtración y el sistema de generación de vacío (volumen retenido).

15 Funcionalmente, el volumen del depósito se retorna a la presión atmosférica después de cada tratamiento de vacío abriendo la primera válvula de control 23 mencionada anteriormente que pone la cámara de vacío en comunicación con el entorno externo. El volumen retenido puede, en cambio, mantenerse siempre en vacío gracias a la válvula de aislamiento 22 que eficazmente lo mantiene hermético. El mantenimiento del vacío del volumen retenido permite acortar el tiempo requerido para disminuir la presión en el sistema usándolo como una "cámara impelente" que iguala la presión entre el depósito y el volumen retenido en el momento de abrir la válvula de aislamiento 22.

20 La presencia de la válvula de aislamiento 22 se prefiere en el caso en que la planta 1 esté equipada con un dispositivo de filtración 25 (en particular si es un filtro de bolsa) como se muestra en la figura 6. En este caso, el volumen retenido es muy alto debido a la presencia del dispositivo de filtración.

25 De forma ventajosa, en el caso en el que la planta 1 no esté equipada con un dispositivo de filtración 25 (véase la figura 5), la válvula de aislamiento 22 no necesita instalarse, ya que, en ausencia del dispositivo de filtración, el volumen retenido se reduce y, por lo tanto, las ventajas asociadas con el mantenimiento de dicho volumen en vacío son limitadas.

30 De forma ventajosa, en el caso en el que la planta 1 se usa para la desgasificación al vacío con la técnica de VOD (descarburación con oxígeno al vacío), puede comprender un intercambiador de calor (no mostrado en las figuras adjuntas) para enfriar los gases de proceso. De hecho, con la técnica de VOD, como resultado de la inyección de oxígeno y la consiguiente descarburación del acero, las temperaturas involucradas incrementan significativamente. El intercambiador de calor debe colocarse corriente arriba del posible dispositivo de filtración 22 y corriente abajo de la posible válvula de aislamiento (si está presente), en la segunda parte del sistema (volumen retenido).

35 La presente invención se refiere a un método para la desgasificación al vacío de acero líquido.

40 En particular, el método de acuerdo con la invención se puede implementar en un sistema de desgasificación de acuerdo con la invención, en particular como se describe anteriormente. Las partes en común con la planta 1 descrita anteriormente se han indicado usando las mismas referencias alfanuméricas.

De acuerdo con un modo de realización general de la invención, el método para la desgasificación al vacío de acero líquido comprende las siguientes etapas de funcionamiento:

45 a) proporcionar al menos una cámara de vacío 2 adecuada para recibir temporalmente acero líquido en su interior;

b) colocar acero líquido en dicha cámara de vacío 2;

50 c) evacuar la cámara de vacío 2 a través de un sistema de generación de vacío 10 creando en dicha cámara un grado de vacío predefinido y manteniéndolo durante un período de tiempo predeterminado para así completar el funcionamiento de desgasificación del acero líquido; y

d) llevar de nuevo la cámara de vacío 2 a presión atmosférica y retirar el acero líquido desgasificado.

55 De acuerdo con la invención, la etapa de evacuación al vacío c) se lleva a cabo por medio de un sistema de generación de vacío 10 que comprende al menos dos fases de compresión conectadas entre sí en serie, de las cuales:

- una primera fase de compresión 11 trabaja más cerca de la al menos una cámara de vacío 2 mencionada anteriormente y consiste en una o más bombas de tornillo 110; y

60 - una segunda fase de compresión 12 trabaja más alejada de la cámara de vacío 2 mencionada anteriormente para llevar el gas al menos a la presión atmosférica y consiste en una o más bombas de anillo líquido 120.

65 Las una o más bombas de tornillo 110 mencionadas anteriormente están dimensionadas para poder funcionar con proporciones de compresión que no superen 1:12, si la presión de descarga es atmosférica, y con proporciones de compresión que no superen 1:200, si la presión de descarga está comprendida entre 50 y 120 mbar absolutos.

5 Preferentemente las una o más bombas de tornillo 110 mencionadas anteriormente están dimensionadas para poder funcionar con proporciones de compresión comprendidas entre 1:3 y 1:10, si la presión de descarga es atmosférica y, si la presión de descarga está entre 50 y 120 mbar absolutos, con proporciones de compresión de entre 1:25 y 1:200, y preferentemente de entre 1:70 y 1:90.

Preferentemente, en la etapa de evacuación c) mencionada anteriormente, la cámara de vacío 2 se pone en funcionamiento a un grado de vacío de entre 0,2 y 5 mbar, y preferentemente de entre 0,5 y 1,5 mbar.

10 De acuerdo con un modo de realización preferente del método, la etapa de evacuación c) proporciona la aspiración directa de los gases desde la cámara de vacío 2 a través del sistema de generación de vacío 10 mencionado anteriormente sin una etapa de filtración preventiva de los gases, independientemente del nivel de concentración de polvo en los propios gases.

15 De acuerdo con un modo de realización alternativo del método, la etapa de evacuación c) proporciona la aspiración de los gases desde la cámara de vacío 2 a través del sistema de generación de vacío 10 mencionado anteriormente con una etapa de filtración preventiva de los gases, para reducir la concentración de polvo en dichos gases antes de su paso a través del sistema de generación de vacío 10.

20 Preferentemente, la etapa de evacuación c) comprende:

- una etapa de evacuación inicial c1) en la que la cámara de vacío 2 se lleva desde la presión atmosférica hasta aproximadamente 300 mbar usando solo las bombas de anillo líquido del sistema de generación de vacío 10; y

25 - una etapa de evacuación final c2) en la que la cámara de vacío 2 se lleva desde la presión de aproximadamente 300 mbar hasta el grado de vacío predefinido también usando las bombas de tornillo.

30 Este modo de funcionamiento hace posible minimizar la cantidad de polvo que deben manejar las bombas de tornillo, en beneficio del funcionamiento de dichas bombas. Este modo de funcionamiento aprovecha la presencia de la derivación 21 que está presente en el conducto de aporte y que permite la exclusión de las bombas de tornillo de la vía de paso de los gases.

35 De forma ventajosa, durante la etapa de evacuación c) la capacidad de succión del sistema de generación de vacío 10 se puede variar para reducir cualquier fenómeno de formación de espuma de la escoria en el acero líquido. La capacidad de succión se varía ralentizando o excluyendo una o más de las bombas del sistema de generación de vacío 10, preferentemente las bombas de anillo líquido 120.

40 Preferentemente, el cambio anterior en la capacidad de succión se lleva a cabo cuando la presión interna de la cámara de vacío 2 está entre 300 mbar y 1 mbar, es decir, durante la etapa de evacuación final c2).

45 Preferentemente, el método de acuerdo con la invención comprende una etapa f) de tratar el agua de servicio usada por las una o más bombas de anillo líquido 120 antes mencionadas. Esta etapa de tratamiento f) se lleva a cabo preferentemente durante la etapa de evacuación c). El tratamiento consiste en filtrar el polvo del agua o en reemplazar continuamente el agua.

De forma ventajosa, el método comprende una etapa e) de mezclar el acero fundido al menos durante la etapa de evacuación c), en particular insuflando gases inertes en dicho acero.

50 La invención permite lograr numerosas ventajas, en parte ya descritas.

La planta 1 para la desgasificación al vacío de acero líquido de acuerdo con la invención combina la simplicidad de planta de una planta de bombas mecánicas con la posibilidad de funcionar sin los sistemas de filtro de una planta eyectora.

55 Gracias a la invención, por lo tanto, es posible minimizar el equipo instalado en una planta de desgasificación.

60 De esta manera, garantiza una mayor flexibilidad en la fase de diseño (disposición y auxiliares), así como permite el funcionamiento del sistema a la vez que minimiza los costos de mantenimiento y las posibles reparaciones de las piezas más sujetas a desgaste en un sistema convencional. En particular, reduce las inspecciones periódicas y elimina la necesidad de reemplazar las bolsas de filtro.

La planta 1 para la desgasificación al vacío de acero líquido de acuerdo con la invención es por lo tanto:

65 - funcionalmente más fiable; y

- más barata en su operación.

En términos de costos de planta, la planta 1 para la desgasificación al vacío de acero líquido es al menos comparable a los sistemas convencionales con bombas mecánicas y ciertamente menos costosa que los sistemas convencionales con eyectores.

5 Las ventajas expuestas anteriormente para la planta 1 de acuerdo con la invención se extienden al método de desgasificación de acuerdo con la invención.

La invención así concebida logra de este modo los objetivos pretendidos.

10 Obviamente, sus modos de realización prácticos pueden asumir formas y configuraciones diferentes de los descritos mientras permanezcan dentro de la esfera de protección de la invención.

15 Además, todos los detalles se pueden sustituir por elementos técnicamente equivalentes y las dimensiones, formas y materiales usados pueden ser cualesquiera que sean necesarios.

**REIVINDICACIONES**

1. Planta para la desgasificación al vacío de acero líquido, que comprende:

- 5 - al menos una cámara de vacío (2), adecuada para recibir temporalmente acero líquido en su interior,  
 - un sistema de generación de vacío (10), conectado a dicha al menos una cámara de vacío (2) por medio de un conducto de aporte (20), el sistema de generación de vacío (10) comprende al menos dos fases de compresión conectadas entre sí en serie, de las cuales una primera fase de compresión (11) trabaja más cerca de dicha al menos una cámara de vacío (2) y está formada por una o más bombas de tornillo (110);

10 caracterizado porque una segunda fase de compresión (12) trabaja más alejada con respecto a dicha al menos una cámara de vacío (2) para llevar los gases al menos a la presión atmosférica y está formada por una o más bombas de anillo líquido (120) y porque dichas una o más bombas de tornillo (110) están dimensionadas para poder  
 15 funcionar con proporciones de compresión que no superen 1:12, si la presión de descarga es atmosférica y con proporciones de compresión que no superen 1:200, si la presión de descarga está comprendida entre 50 y 120 mbar absolutos.

20 2. Planta de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dichas una o más bombas de tornillo (110) están dimensionadas para poder trabajar con proporciones de compresión comprendidas entre 1:3 y 1:10, si la presión de descarga es atmosférica y, si la presión de descarga está entre 50 y 120 mbar absolutos, con proporciones de compresión comprendidas entre 1:25 y 1:200, y preferentemente de entre 1:70 y 1:90.

25 3. Planta de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que el sistema de generación de vacío (10) está dimensionado para llevar la cámara de vacío (2) a un grado de vacío de entre 0,2 y 5 mbar, y preferentemente de entre 0,5 y 1,5 mbar.

30 4. Planta de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en la que el sistema de generación de vacío (10) comprende al menos una fase de compresión intermedia, que está situada entre la primera fase (11) y la segunda fase (12) y está conectada a ellas en serie, estando formada dicha fase de compresión intermedia por una o más bombas de tornillo (110) que tienen características similares a las de la primera fase (11).

35 5. Planta de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, en la que una o más de dichas fases de compresión están formadas cada una por dos o más bombas conectadas en paralelo.

6. Planta de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, en la que el conducto de aporte (20) comprende un conducto de derivación (21) que puede excluir del flujo de gas las fases del compresor formadas por bombas de tornillo (110).

40 7. Planta de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, en la que cada bomba de tornillo (110) comprende dos rotores de tornillo, sincronizados cinemáticamente entre sí por medio de un eje eléctrico.

45 8. Planta de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, que comprende al menos un dispositivo de filtración del agua usada por dichas una o más bombas de anillo líquido (120) adecuado para eliminar el polvo acumulado en el agua misma durante el funcionamiento de la bomba o un dispositivo de reemplazo del agua misma.

50 9. Planta de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, en la que, en la sección comprendida entre la cámara de vacío (2) y el sistema de generación de vacío (10), el conducto de aporte (20) comprende un ramal de conexión (28) a la atmósfera equipado con una válvula de control (23).

10. Planta de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, que comprende al menos un dispositivo de filtración de gas (25) situado entre la cámara de vacío (2) y el sistema de generación de vacío (10).

55 11. Planta de acuerdo con las reivindicaciones 9 y 10, que comprende al menos una válvula de cierre (22) que está instalada en dicho conducto de aporte (20) entre la cámara de vacío (2) y el dispositivo de filtración (25), corriente abajo del punto de bifurcación del ramal de conexión (28) a la atmósfera.

60 12. Método para la desgasificación al vacío de acero líquido, que comprende las siguientes etapas de funcionamiento:

- a) proporcionar al menos una cámara de vacío (2) adecuada para recibir temporalmente acero líquido en su interior;  
 b) colocar acero líquido en dicha cámara de vacío (2);  
 65 c) evacuar la cámara de vacío (2) a través de un sistema de generación de vacío (10) creando en dicha cámara un grado de vacío predefinido y manteniéndolo durante un período de tiempo predeterminado para así completar el

funcionamiento de desgasificación del acero líquido;

d) llevar de nuevo la cámara de vacío (2) a presión atmosférica y retirar el acero líquido desgasificado;

- 5 caracterizado porque la etapa de evacuación al vacío c) se realiza mediante un sistema de generación de vacío (10) que comprende al menos dos fases de compresión conectadas entre sí en serie, de las cuales una primera fase de compresión (11) trabaja más cerca de dicha cámara de vacío (2) y está formada por una o más bombas de tornillo (110), y una segunda fase de compresión (12) trabaja más alejada con respecto a dicha cámara de vacío (2) para llevar los gases al menos a la presión atmosférica y está formada por una o más bombas de anillo líquido (120) y porque dichas una o más bombas de tornillo (110) están dimensionadas para poder funcionar con proporciones de compresión que no superen 1:12, si la presión de descarga es atmosférica, y con proporciones de compresión que no superen 1:200, si la presión de descarga está comprendida entre 50 y 120 mbar absolutos.
- 10
- 15 13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichas una o más bombas de tornillo (110) están dimensionadas para poder funcionar con proporciones de compresión comprendidas entre 1:3 y 1:10, si la presión de descarga es atmosférica y, si la presión de descarga está entre 50 y 120 mbar absolutos, con proporciones de compresión de entre 1:25 y 1:200, y preferentemente de entre 1:70 y 1:90.
- 20 14. Método de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en el que, en la etapa de evacuación c), la cámara de vacío (2) se pone en funcionamiento a un grado de vacío de entre 0,2 y 5 mbar, y preferentemente de entre 0,5 y 1,5 mbar.
- 25 15. Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12 a 14, en el que dicha etapa de evacuación c) proporciona la aspiración directa de los gases desde dicha cámara de vacío (2) a través de dicho sistema de generación de vacío sin una etapa de filtración preventiva de los gases, independientemente del nivel de concentración de polvo en los propios gases.
- 30 16. Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12 a 14, en el que dicha etapa de evacuación c) proporciona la aspiración de los gases desde dicha cámara de vacío (2) a través de dicho sistema de generación de vacío con una etapa de filtración preventiva de los gases, para reducir la concentración de polvo en los propios gases antes de su paso a través del sistema de generación de vacío (10).
- 35 17. Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12 a 16, en el que la etapa de evacuación c) comprende:
- una etapa de evacuación inicial c1) en la que la cámara de vacío (2) se lleva desde la presión atmosférica hasta aproximadamente 300 mbar usando solo las bombas de anillo líquido (120) del sistema de generación de vacío (10); y
- 40 - una etapa de evacuación final c2) en la que la cámara de vacío (2) se lleva desde la presión de aproximadamente 300 mbar hasta el grado de vacío predefinido también usando las bombas de tornillo (110).
- 45 18. Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12 a 17, en el que durante la etapa de evacuación c), la capacidad de aspiración del sistema de generación de vacío (10) se varía para reducir los fenómenos de formación de espuma de la escoria en el acero líquido, variando la capacidad de aspiración ralentizando o excluyendo una o más de las bombas (110, 120) del sistema de generación de vacío (10), preferentemente las bombas de anillo líquido (120), llevándose a cabo preferentemente dicha variación de la capacidad de aspiración cuando la presión interna de la cámara de vacío (2) está entre 300 mbar y 1 mbar.
- 50 19. Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12 a 18, que comprende una etapa de tratamiento f) del agua usada por dichas una o más bombas de anillo líquido (120), llevándose a cabo preferentemente dicha etapa durante la etapa de evacuación c), consistiendo dicho tratamiento en una filtración del polvo del agua o un reemplazo del agua misma.
- 55 20. Método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12 a 19, que comprende una etapa de mezcla e) del acero fundido al menos durante la etapa de evacuación c).

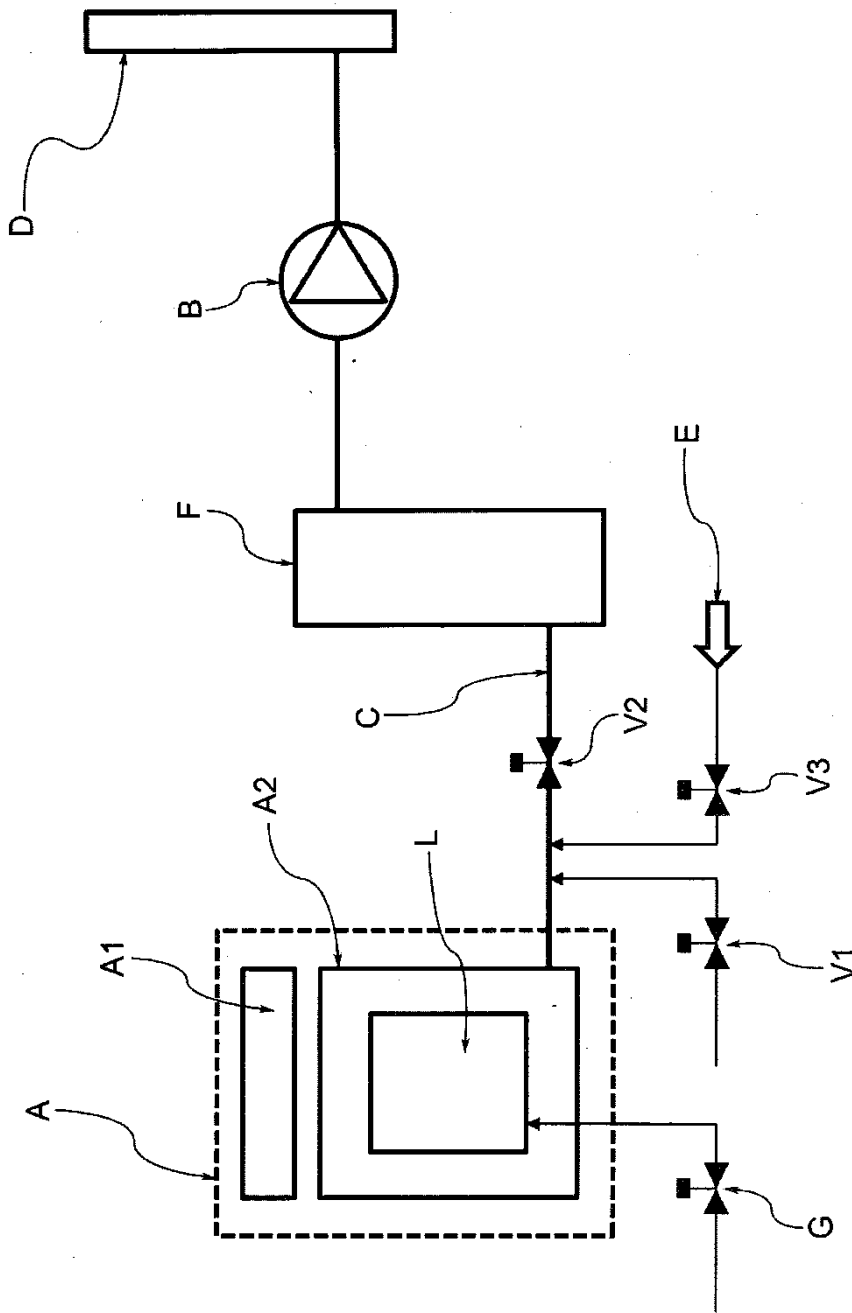


FIG.1



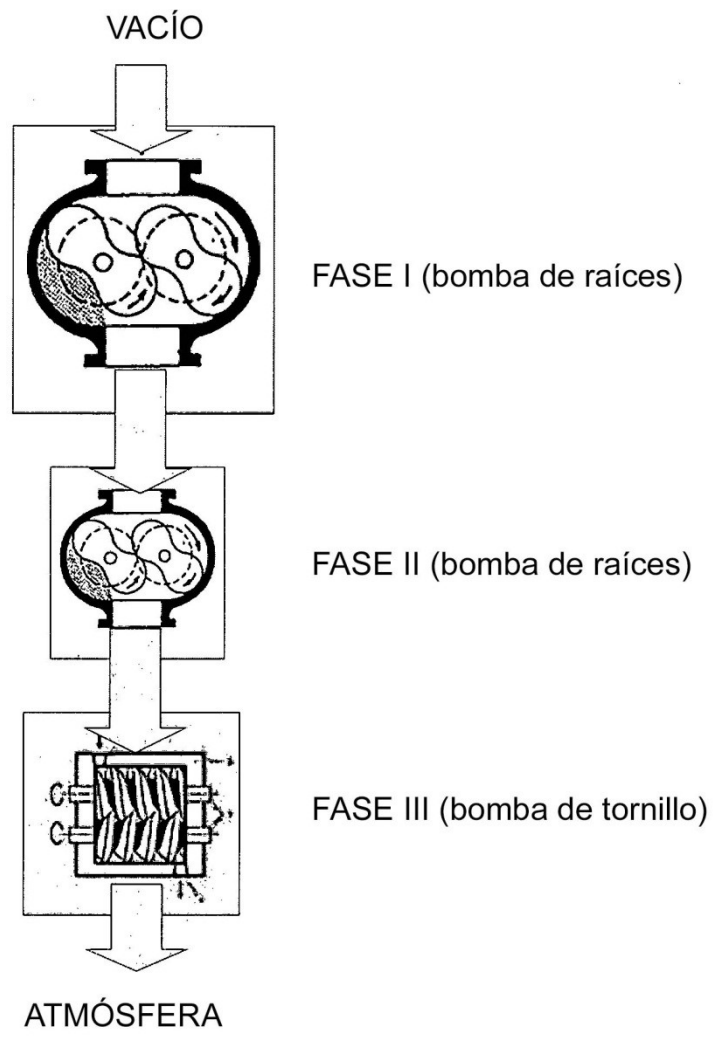


FIG.2

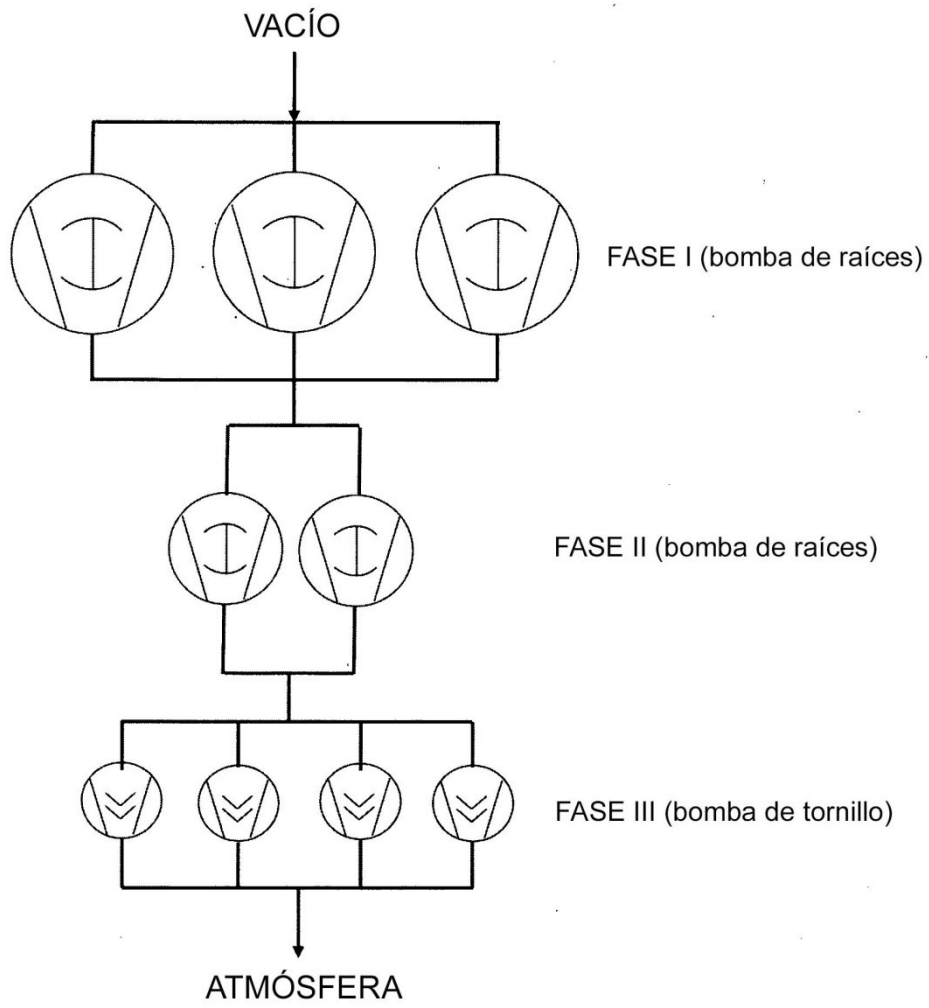


FIG.3

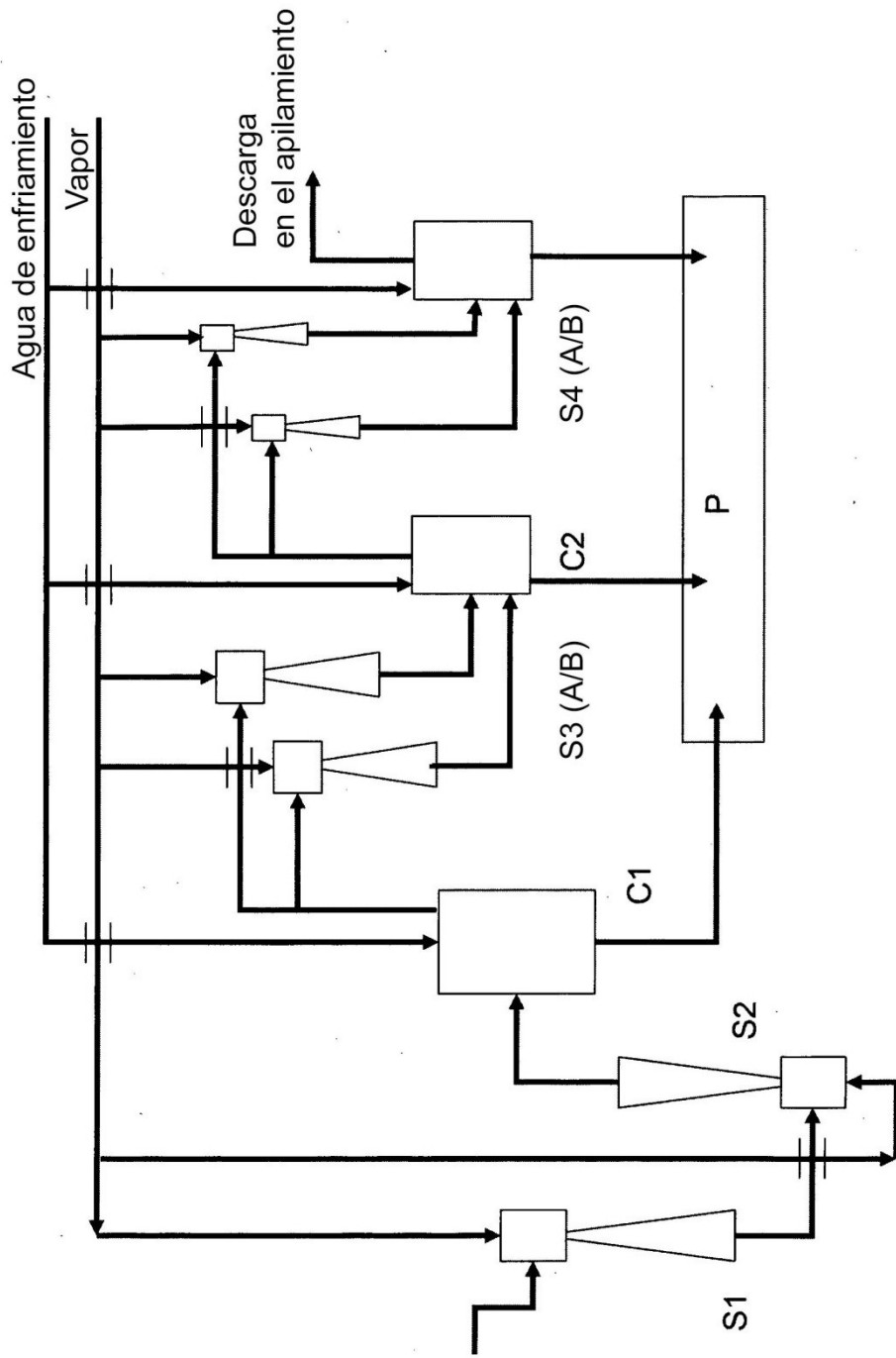


FIG.4

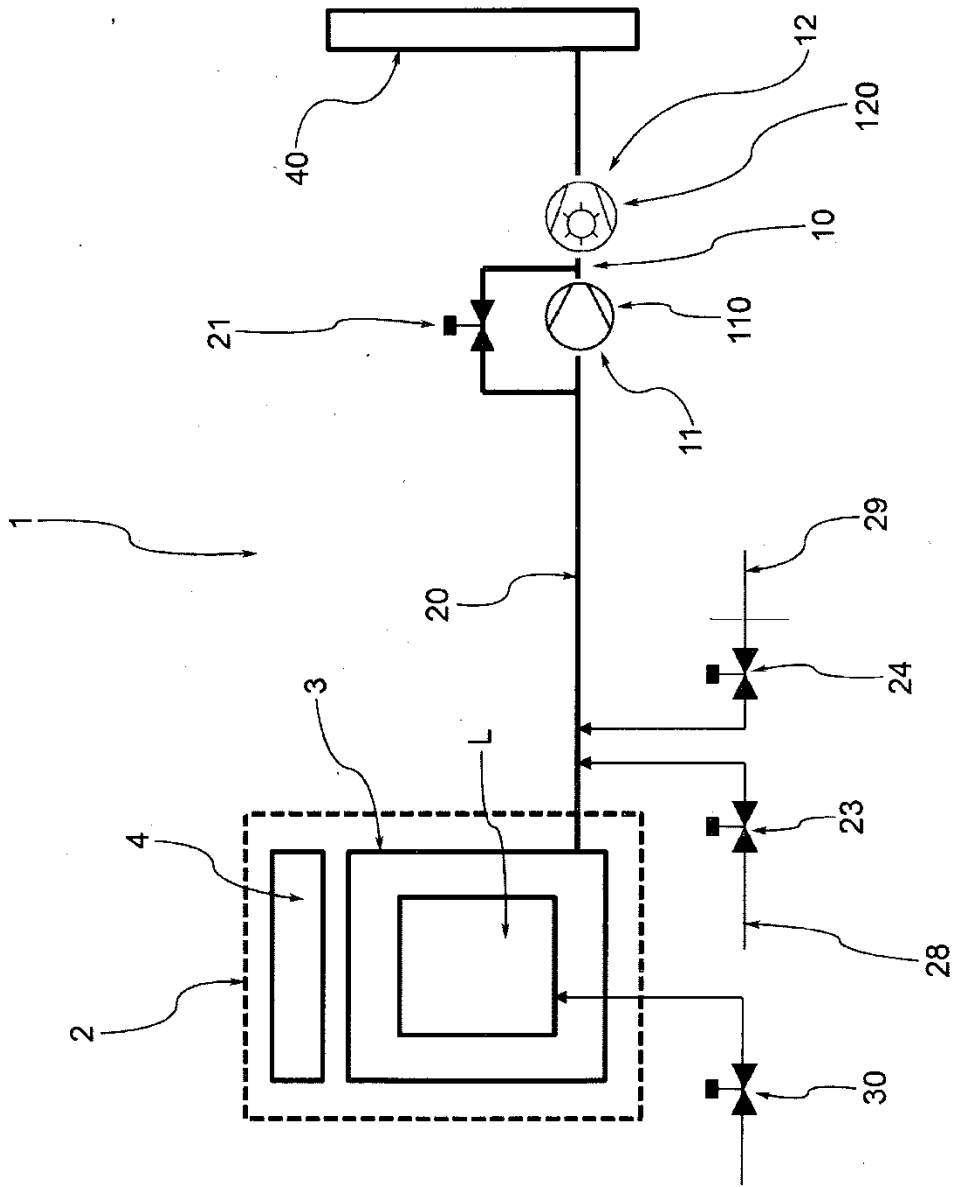


FIG.5

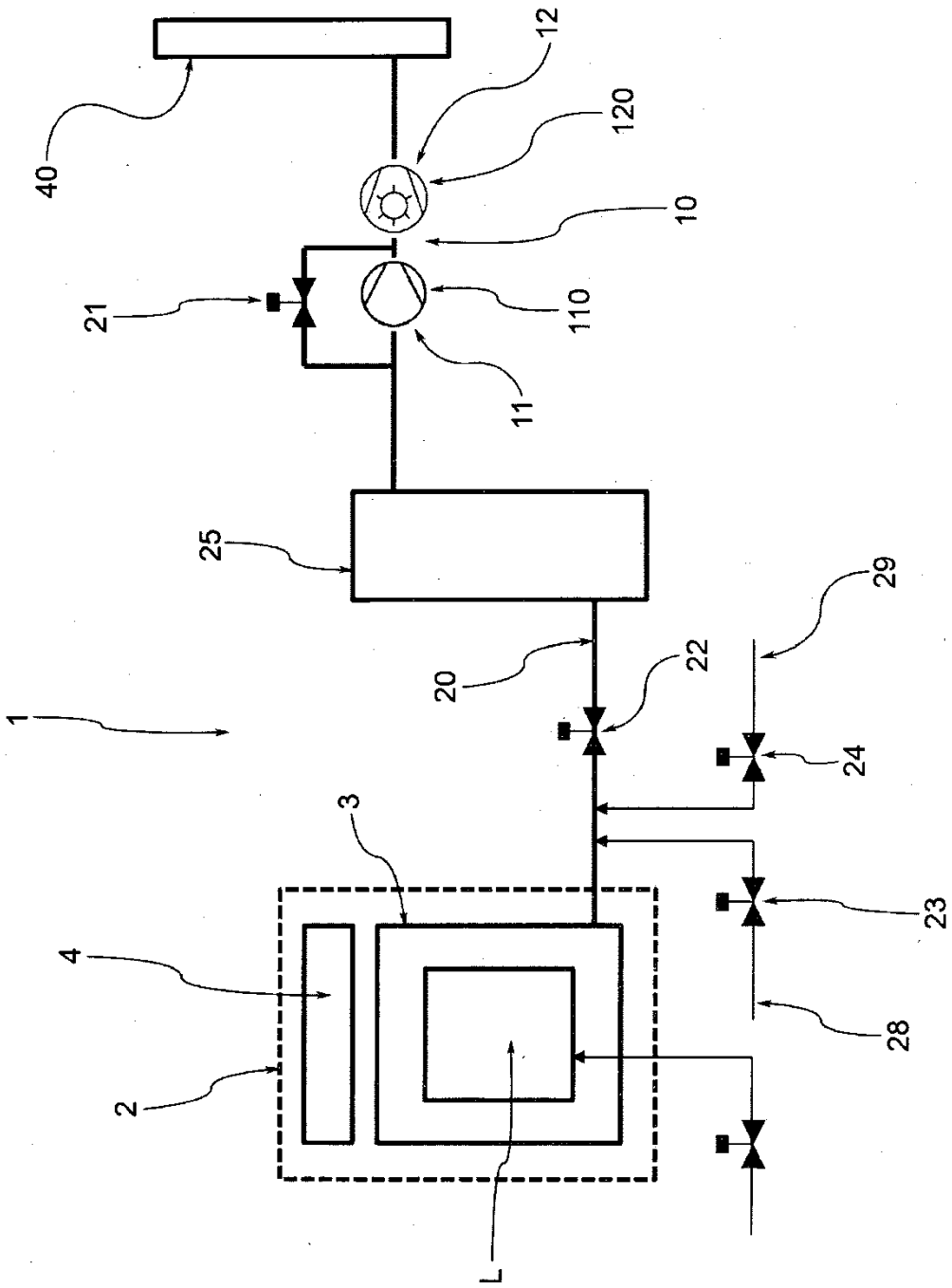


FIG.6

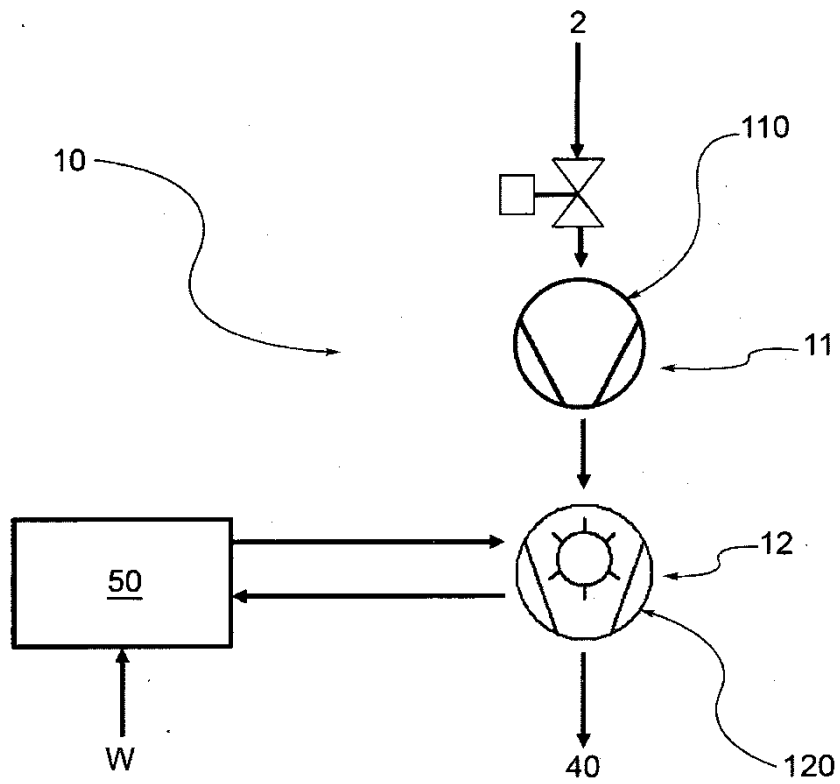


FIG.7

