

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 451**

51 Int. Cl.:

**F17C 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2014 PCT/FR2014/050862**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2014 WO14170583**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2014 E 14720676 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2986887**

54 Título: **Procedimiento e instalación de alimentación de al menos una estación de mecanizado con líquido criogénico subenfriado**

30 Prioridad:

**18.04.2013 FR 1353518**

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

**31.03.2020**

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR  
L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS  
GEORGES CLAUDE (100.0%)  
75 quai d'Orsay  
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**KOWALEWSKI, PIERRE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 751 451 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**

Procedimiento e instalación de alimentación de al menos una estación de mecanizado con líquido criogénico subenfriado

5 La presente invención está relacionada con la alimentación de una estación de usuario con líquido criogénico, en particular con líquido criogénico subenfriado, ella concierne muy particularmente a la alimentación de estaciones que realizan operaciones de mecanizado (mecanizado, corte...)

10 Se dispone de una técnica anterior muy voluminosa relacionada con la alimentación de máquinas de mecanizado de este tipo con la ayuda de un fluido de refrigeración (de la herramienta de corte, de la zona de corte, etc...) y en concreto con la ayuda de un criógeno líquido tal como el nitrógeno líquido. En casos como este el criógeno se utiliza no sólo para refrigerar la zona sino igualmente para un efecto "lubricante" de las herramientas de corte.

El documento CA-2128187 ilustra por su parte un ejemplo de alimentación con oxígeno líquido de una estación de tratamiento de metal fundido.

Por fluido criogénico se entiende habitualmente un fluido que, a la presión atmosférica, está líquido a una temperatura mucho menor que 0°C.

15 Tradicionalmente se alimenta con un líquido criogénico de este tipo a un equipo consumidor (por ejemplo con nitrógeno líquido), cualquiera que sea su tipo, desde un depósito de fluido criogénico conectado al equipo consumidor de este fluido, conteniendo dicho depósito, bajo una presión de almacenamiento mayor que la presión atmosférica, un fluido criogénico en fase líquida en el fondo del depósito y en fase gaseosa en la parte superior del depósito, estando dicho depósito adaptado para, por una parte, alimentar al equipo consumidor con líquido que se trasvasa desde el fondo del depósito y, por otra parte, para ser aprovisionado desde el exterior con fluido.

20 Los depósitos utilizados más habitualmente en la industria son los depósitos denominados "de baja presión de almacenamiento", es decir, en los que la presión máxima alcanzada en la parte superior del depósito es en general menor que aproximadamente 4 bares absolutos, pero se encuentran igualmente, según las aplicaciones a las que están dirigidos, almacenamientos denominados de media presión que ascienden hasta 15 bares e incluso almacenamientos denominados de alta presión que ascienden hasta 30 bares.

Al ser la presión de almacenamiento del depósito mayor que la presión atmosférica, la apertura de una válvula situada en el conducto de conexión del depósito con el equipo consumidor (por ejemplo una máquina de mecanizado) provoca el desplazamiento del líquido desde su punto de extracción hasta su punto de utilización, sin medio de impulsión forzado y a pesar de las pérdidas de carga en la línea (válvulas, partes acodadas, etc...).

30 Para garantizar que la impulsión del líquido criogénico es siempre efectiva cualquiera que sea el nivel de líquido dentro del depósito, se regula de forma clásica la presión del gas en la parte superior del depósito de manera que esta presión permanezca sensiblemente igual a un valor predeterminado, fijo, por ejemplo del orden de 2 a 4 bares.

35 Sin embargo, la presión del líquido en el fondo del depósito varía en función de la altura del líquido en el interior del depósito, de manera que, a medida que el nivel de líquido baja, la presión del líquido trasvasado baja y tiende a aproximarse a la presión del gas en la parte superior. Por ejemplo, en el caso del nitrógeno, una altura de líquido de aproximadamente 10 metros implica un diferencial de presión del orden de 0,6 bares entre la presión de gas en la parte superior y la presión de líquido en el fondo del depósito, al nivel de la extracción.

40 Esta variación de presión del líquido en el punto de extracción conduce necesariamente a una variación del caudal de líquido trasvasado, que provoca perturbaciones de funcionamiento para el equipo consumidor situado aguas abajo. Un efecto simétrico se produce durante el reaprovisionamiento del depósito con fluido.

Por razones bien conocidas de mejor "calidad criogénica" en términos de frigorías disponibles, la literatura y estas industrias usuarias de criógenos se han interesado por los medios para alimentar a estas estaciones de usuario con líquido saturado o sensiblemente saturado o con líquido subenfriado, es decir, con líquido a presión reducida, y a temperatura menor que cuando estaba a presión más elevada.

45 En efecto, consideremos el ejemplo del mecanizado, cuanto mayor es la presión de pulverización en la zona de mecanizado, mejores son los coeficientes de intercambio de calor. Ahora bien, cuando el criógeno, por ejemplo el nitrógeno líquido, se pulveriza, se crea gas – debido a su disminución de presión – a la salida de la boquilla de pulverización. La cantidad de gas generada es directamente proporcional a la temperatura del nitrógeno líquido y a su presión aguas arriba de la boquilla. Se comprende por tanto el interés de esforzarse en disponer de un líquido subenfriado.

50 Ciertos trabajos han recomendado el empleo de medios de separación de fases (desgasificado) en la línea que une el depósito con el equipo consumidor, se podrá por ejemplo remitirse al documento EP-2 347 855.

Otras soluciones han propuesto acoplar dos depósitos y utilizarlos alternativamente después de su llenado y despresurización. Los inconvenientes de esta solución son evidentemente la manipulación muy grande generada y la movilización de dos depósitos.

5 Otra solución es insertar un intercambiador térmico (por ejemplo de placas) justo aguas arriba del punto de  
utilización: dentro de una de las vías del intercambiador (circuito principal) circula el nitrógeno líquido a subenfriar  
(típicamente en el origen a 3 bares y temperatura cercana a -185 °C), dentro de otra vía del intercambiador circula  
un nitrógeno despresurizado, típicamente a una presión cercana a 1 bar y a baja temperatura, cercana a -196 °C. Es  
el intercambio entre estas dos vías, con flujo paralelo o a contracorriente, lo que permitirá subenfriar el nitrógeno del  
10 circuito principal. Pero el control de la temperatura es aquí difícil de controlar y estabilizar, en particular cuando el  
equipo consumidor de aguas abajo funciona de manera discontinua obligando al intercambiador a pasar por fases  
de recalentamiento, volver a ser puesto en frío, etc...

15 Igualmente se podrá consultar el documento WO2004/00 5791 a nombre de la Demandante, que recomienda hacer  
variar la presión del gas en la parte superior del depósito según el estado de funcionamiento de este depósito (fase  
de consumo de la instalación utilizadora de aguas abajo, fase de espera, o fase de alimentación del depósito con  
líquido criogénico), y que justamente recomienda según uno de sus modos de realización, ventilaciones del depósito  
durante los periodos de espera. Dicho de otra manera, cuando el depósito no está solicitado en trasvase y no lo  
estará a priori durante un tiempo significativo, por ejemplo de varias horas (por ejemplo por la noche), una unidad de  
control ordena la apertura de una válvula de ventilación de la parte alta del depósito. La presión de gas en la parte  
20 superior del depósito pasa entonces de un valor de almacenamiento a un valor sensiblemente igual a la presión  
atmosférica (presión residual de algunas centenas de gramos). Así, reduciendo de esta forma la presión de  
almacenamiento del nitrógeno, la variación de entalpía de este último tiende a aumentar, lo que equivale a disponer  
de un fluido de temperatura más baja que cuando estaba bajo presión. El fluido así almacenado durante estos  
periodos de no utilización del depósito presenta por tanto una temperatura más baja de lo habitual, garantizando una  
mejor calidad criogénica en términos de frigorías disponibles. Y, de hecho, un restablecimiento de presión rápido –  
25 utilizando por ejemplo su propio calentador atmosférico u otro – permite utilizar el líquido desestabilizado  
(subenfriado).

No obstante, esta solución no carece de inconvenientes, esta ventilación provoca necesariamente pérdidas, y por  
otro lado la paradoja de este procedimiento reside en la necesidad de volver a presurizar para poder utilizar el  
nitrógeno, y por tanto de dejar entrar calor. La puesta en práctica de esta solución ha demostrado concretamente  
una vaporización del 4 al 9 % del volumen almacenado. Si no se valoriza esta vaporización, el coste impacta  
30 directamente en el emplazamiento de usuario. En resumen, de ello se deducen dos inconvenientes principales de  
esta solución de ventilación:

1) la utilización de nitrógeno no valorizable para el restablecimiento de presión.

2) la entrada de un gas caliente en el almacenamiento para la despresurización y la creación de puente térmico.

35 Igualmente se ha pensado en alimentar a la estación de usuario, por ejemplo de mecanizado, directamente desde  
un almacenamiento de criógeno a media o a alta presión, pero se observa entonces la creación, a la salida de la  
boquilla de pulverización, de una gran cantidad de gas, gas que disminuye los intercambios térmicos.

40 Finalmente se puede pensar en alimentar a la máquina desde un almacenamiento a baja presión y a través de una  
bomba, pero se conocen las dificultades relacionadas con la manipulación de tales bombas, a las cuales se suma la  
imposibilidad de alimentar varias estaciones de mecanizado de un mismo emplazamiento a presiones diferentes y  
con pequeño caudal.

45 Los trabajos llevados a cabo por la Demandante han demostrado que para tales aplicaciones de mecanizado, estas  
soluciones anteriores, las cuales pueden por ejemplo ser satisfactorias en otras industrias como la alimentaria, no  
son aquí plenamente satisfactorias, y concretamente no permiten alimentar a varias estaciones de mecanizado con  
un líquido subenfriado, a presiones diferentes, desde un almacenamiento a media o a alta presión (por ejemplo entre  
15 bares y 30 bares), por ejemplo alimentar a varias estaciones de mecanizado con nitrógeno líquido subenfriado, a  
presiones diferentes a -196°C, desde un almacenamiento aguas arriba a 15 bares.

50 En este contexto, uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar una nueva instalación de  
alimentación de un emplazamiento de usuario de tipo mecanizado con líquido criogénico saturado o subenfriado,  
evitando los inconvenientes de la técnica anterior y permitiendo concretamente controlar la presión de alimentación  
de varias estaciones de mecanizado de forma simultánea.

55 Para eso, se puede definir entonces un procedimiento de alimentación con líquido criogénico subenfriado de al  
menos una estación (P, P1, P2...) que realiza operaciones de mecanizado, desde un depósito de almacenamiento,  
depósito que contiene, bajo una presión de almacenamiento mayor que la presión atmosférica, el fluido criogénico  
en fase líquida en el fondo del depósito y en fase gaseosa en la parte superior del depósito, estando el citado  
depósito adaptado para alimentar a la citada estación o a las citadas estaciones con líquido trasvasado desde el  
fondo del depósito, así como para ser aprovisionado desde el exterior con fluido, caracterizándose por que:

- se dispone de al menos un intercambiador de calor, sumergido en al menos un baño del citado líquido criogénico,
- se procede al control del nivel del baño o de cada baño a un nivel determinado;
- se hace pasar por el o por cada intercambiador de calor líquido criogénico procedente del depósito de almacenamiento antes de su llegada a la citada estación o a las citadas estaciones de mecanizado;

5 - se regula la presión del líquido criogénico proveniente del o de cada intercambiador de calor sumergido antes de su llegada a la citada estación de mecanizado que le corresponde.

10 La invención está relacionada igualmente con una instalación de alimentación con líquido criogénico subenfriado de al menos una estación (P, P1, P2...) que realiza operaciones de mecanizado, que comprende un depósito de almacenamiento, depósito que contiene, bajo una presión de almacenamiento mayor que la presión atmosférica, el fluido criogénico en fase líquida en el fondo del depósito y en fase gaseosa en la parte superior del depósito, estando el citado depósito adaptado para alimentar a la citada estación (P, P1, P2...) con líquido trasvasado desde el fondo del depósito, así como para ser aprovisionado desde el exterior con fluido, caracterizándose por que comprende:

- al menos un intercambiador de calor, sumergido en al menos un baño del citado líquido criogénico,

15 - medios de control del nivel del baño o de cada baño a un nivel determinado;

- un sistema de canalizaciones apto para hacer pasar por el o por cada intercambiador de calor líquido criogénico procedente del depósito de almacenamiento antes de su llegada a la citada estación o a las citadas estaciones de mecanizado;

20 - medios que permiten regular la presión del líquido criogénico proveniente del o de cada intercambiador de calor sumergido antes de su llegada a la citada estación de mecanizado que le corresponde.

25 La instalación comprende una válvula situada aguas arriba de la llegada de líquido a cada uno de los citados intercambiadores, estando cada válvula en comunicación de fluido con el citado depósito, y los citados medios que permiten regular la presión del líquido criogénico proveniente del o de cada intercambiador de calor sumergido antes de su llegada a la citada estación de mecanizado que le corresponde comprenden una sonda de presión dedicada, posicionada entre la salida de cada intercambiador y la citada estación de mecanizado asociada con el intercambiador considerado, y configurada para proporcionar la información que ella mide a la citada válvula situada aguas arriba de la llegada de líquido al intercambiador considerado.

30 Según uno de los modos de implementación de la invención, la instalación comprende una o varias líneas de puesta en frío, estando una línea de puesta en frío dedicada a cada uno de los citados conjuntos de la instalación constituidos por un baño y por un intercambiador, estando cada línea de puesta en frío conectada en su parte de aguas arriba a una canalización de salida del intercambiador del baño que está asociado con ella, y en su parte de aguas abajo a una canalización de alimentación del baño considerado con líquido criogénico desde el citado depósito o directamente en la parte alta de un contenedor que contiene el baño considerado, estando provista cada línea de puesta en frío de una sonda de temperatura y de una válvula de regulación del caudal que circula por ella.

35 Según un modo ventajoso de implementación de la invención, se implementa un purgador, en la porción de línea entre la válvula de llegada de criógeno al intercambiador y el intercambiador, o en todas o parte de las porciones de línea entre una válvula de llegada de criógeno al intercambiador considerado y dicho intercambiador.

40 Esta implementación se revela en efecto extremadamente ventajosa, por las razones siguientes, relacionadas concretamente con el hecho de poder reducir el tamaño del intercambiador por un lado y con el hecho de optimizar los intercambios térmicos por otro lado:

45 - durante la disminución de presión del fluido criogénico, se crea espontáneamente gas, relacionado con su temperatura de equilibrio (curva líquido/vapor). A título ilustrativo, cuando se disminuye la presión de nitrógeno líquido bajo presión, se crea una gran cantidad de gas en volumen: por ejemplo, al disminuir la presión de 15 bares a 7 bares, se dispone de un 30% de gas en masa pero 10 veces más de gas en volumen, es decir, 7,5 m<sup>3</sup> de gas para 0,7 m<sup>3</sup> de líquido. Suprimiendo o reduciendo este volumen gaseoso a recondensar, se optimizan los diámetros de las tuberías y las longitudes.

- por otro lado ya se ha comentado anteriormente la ventaja de reducir la tasa de difásico en términos de eficiencia térmica.

Un purgador de este tipo permite por tanto suprimir un volumen gaseoso a recondensar.

50 Se observará por otro lado que el consumo de criógeno líquido, por ejemplo de nitrógeno líquido, será idéntico con o sin purgador, y al estar el baño de líquido al aire libre la parte no condensada no incrementa el consumo total.

Otras características y ventajas resultarán evidentes de la descripción siguiente, de ejemplos de modos de implementación de la invención, hecha concretamente en referencia a las figuras adjuntas:

- La figura 1 ilustra uno de los modos de realización de la invención alimentando a una única estación de mecanizado.

5 - La figura 2 ilustra un modo de realización de la invención alimentando a varias estaciones de mecanizado simultáneamente.

- La figura 3 ilustra un modo de realización de la invención que implementa un purgador aguas abajo de la válvula de regulación 1 (entre la válvula y el intercambiador sumergido en el baño 20).

Se reconocen entonces en la figura 1 los elementos siguientes:

10 - el modo de realización aquí representado se utiliza para alimentar con nitrógeno líquido a una única estación de mecanizado P, desde un depósito 10 de almacenamiento de nitrógeno líquido;

15 - el depósito 10 contiene, bajo una presión de almacenamiento de 15 bares, el fluido criogénico en fase líquida en el fondo del depósito y en fase gaseosa en la parte superior del depósito, el depósito está adaptado y provisto de las canalizaciones necesarias y bien conocidas para el experto en la técnica adaptado para alimentar a la citada estación (P) con líquido trasvasado desde el fondo del depósito 10, así como para ser aprovisionado desde el exterior con fluido;

- un baño 20 del citado líquido criogénico (aquí nitrógeno líquido), en el cual está sumergido un intercambiador de calor;

20 - medios de control del nivel del baño a un nivel determinado, constituidos aquí por una válvula 3 y por un detector de nivel 4. Tras la lectura de la figura se comprende que la medida de nivel por medio del detector 4 permite actuar de forma retroactiva sobre la válvula 3 de llegada de criógeno al baño para, según el caso, detener este aprovisionamiento o continuar con él o incluso iniciarlo, por tanto no se dedicará más tiempo a este aspecto;

25 - la presencia de medios de regulación de la presión del líquido criogénico proveniente del intercambiador sumergido antes de su llegada a la citada estación de mecanizado P, en este caso una sonda de presión 6 apta para proporcionar la información que ella mide a una válvula 1 situada aguas arriba de la llegada de líquido al intercambiador sumergido, permite regular la presión que llega a la Estación P de aguas abajo a una presión deseada, por lo tanto esta presión es conocida, estable, sin necesidad de implementación de otros medios, y concretamente sin necesidad de una bomba;

30 - se observa igualmente la presencia en esta figura 1 de una línea de puesta en frío o puesta en régimen de la instalación: estando cerrada la válvula 5, una vez que se ha llevado el baño 20 al nivel de líquido requerido (válvula 3, sonda 4), se deja entrar el líquido en el intercambiador a través de la válvula 1, a continuación retorno en la línea 6/2, y finalmente en la cubeta subenfriadora.

35 Ventajosamente, la apertura de la válvula 2 puede estar temporizada, y asociada a una captura de temperatura entre la salida del intercambiador y la válvula 5, proporcionando una puesta en frío y un mantenimiento en frío de la porción de canalización que comprende al intercambiador hasta la válvula 5 y una disponibilidad casi instantánea del criógeno en la estación de usuario.

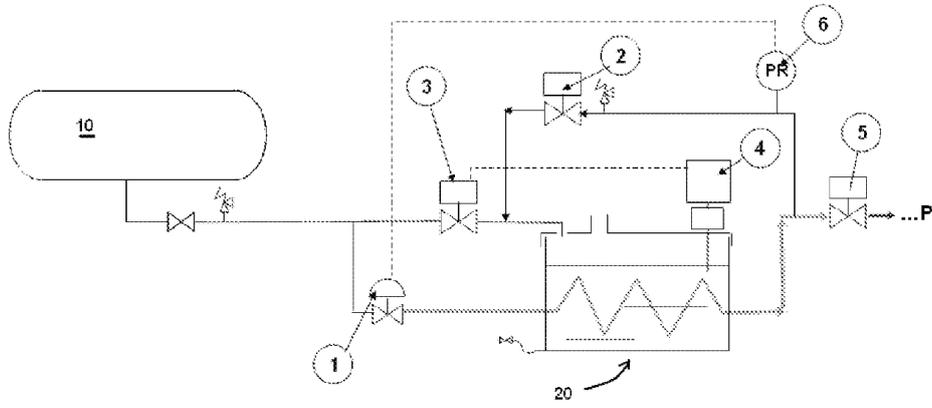
40 Por consiguiente, se comprende bien la constitución de la instalación de la figura 2, la cual ilustra un modo de realización de la invención que alimenta a varias estaciones de mecanizado P1, P2, P3...simultáneamente si es necesario, debiendo ser alimentada cada estación con una presión diferente. Se reconoce en la figura 2 el hecho de que se alimenta desde el almacenamiento 10 a tres conjuntos del tipo del de la figura 1 gracias a tres líneas paralelas, que alimentan a tres baños (20/21/22) en los cuales está sumergido un intercambiador de calor, pasando por una válvula de alimentación 1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>, 1<sub>3</sub>, cada baño está provisto de su sistema de control del nivel del baño, cada conjunto está provisto de su sistema de regulación de la presión que llega a la válvula 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>3</sub>, y de su línea de puesta en frío rápida desde la porción sumergida hasta la válvula 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>3</sub>.

45 La figura 3 ilustra por tanto un modo de realización de la invención que implementa un purgador aguas abajo de la válvula de regulación 1 (entre la válvula y el baño 20). La figura 3 repite la figura 1, habiéndose posicionado un purgador 30 entre la válvula 1 y el baño 20.

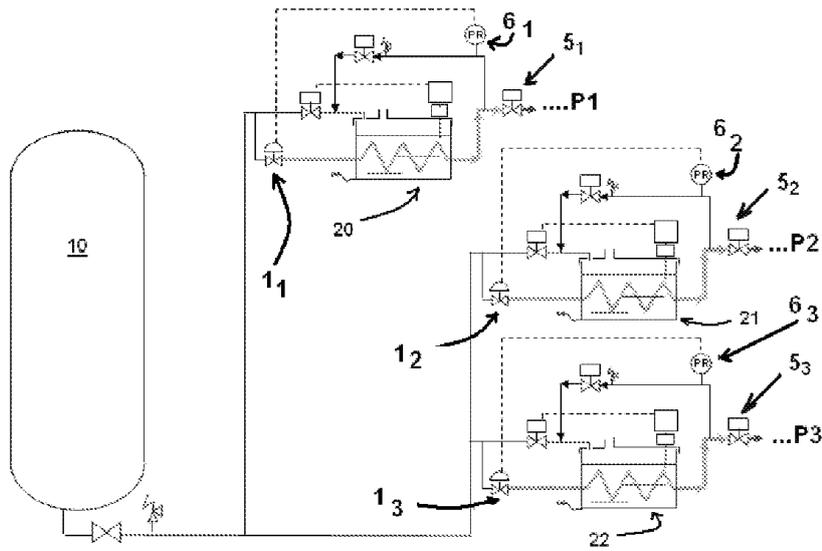
50 Por supuesto, un purgador de este tipo puede estar presente en toda o en parte de las líneas de una instalación de múltiples líneas tal como la de la figura 2, por tanto en toda o en parte de las porciones de líneas 1<sub>1</sub>-20, 1<sub>2</sub>-21, 1<sub>3</sub>-22...es decir, de las porciones de línea entre la válvula de llegada de criógeno al intercambiador considerado de la línea considerada y este intercambiador.

**REIVINDICACIONES**

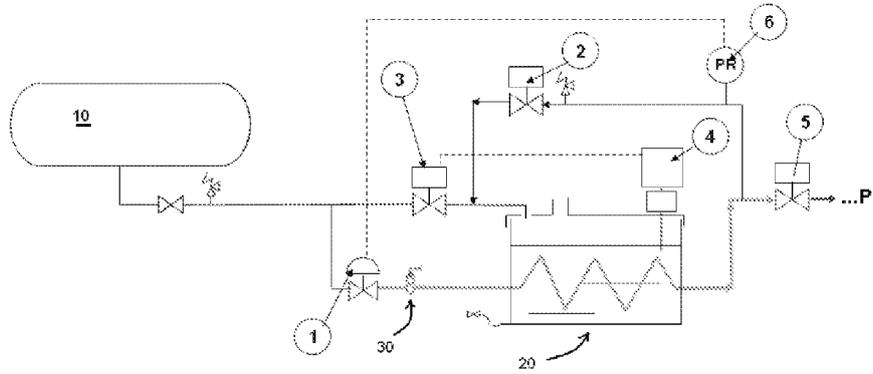
1. Instalación de alimentación con líquido criogénico subenfriado de al menos una estación (P, P1, P2...) que realiza operaciones de mecanizado, que comprende un depósito (10) de almacenamiento, depósito que contiene, bajo una presión de almacenamiento mayor que la presión atmosférica, el fluido criogénico en fase líquida en el fondo del depósito y en fase gaseosa en la parte superior del depósito, estando el citado depósito adaptado para alimentar a la citada estación (P, P1, P2...) con líquido trasvasado desde el fondo del depósito (10), así como para ser provisionado desde el exterior con fluido, y que comprende:
- 5 - al menos un intercambiador de calor, sumergido en al menos un baño del citado líquido criogénico (20),
  - medios de control (3, 4) del nivel del baño o de cada baño a un nivel determinado;
  - 10 - un sistema de canalizaciones apto para hacer pasar por el o por cada intercambiador de calor líquido criogénico procedente del depósito (10) de almacenamiento antes de su llegada a la citada estación o a las citadas estaciones de mecanizado;
  - medios que permiten regular (1, 6, 1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>, 6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>...) la presión del líquido criogénico proveniente del o de cada intercambiador de calor sumergido antes de su llegada a la citada estación de mecanizado que le corresponde;
  - 15 - una válvula (1, 1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>, ) situada aguas arriba de la llegada de líquido a cada uno de los citados intercambiadores, estando cada válvula en comunicación de fluido con el citado depósito,
- caracterizada por que
- los citados medios permiten regular la presión del líquido criogénico proveniente del o de cada intercambiador de calor sumergido antes de su llegada a la citada estación de mecanizado que le corresponde comprenden una sonda
- 20 de presión (6, 6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>...) dedicada, posicionada entre la salida de cada intercambiador y la citada estación de mecanizado (P, P1, P2...) asociada con el intercambiador considerado, y configurada para proporcionar la información que ella mide a la citada válvula (1, 1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>, ) situada aguas arriba de la llegada de líquido al intercambiador considerado.
  - 25 2. Instalación de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que comprende una o varias líneas de puesta en frío, estando una línea de puesta en frío dedicada a cada uno de los citados conjuntos de la instalación constituidos por un baño y por un intercambiador, estando cada línea de puesta en frío conectada en su parte de aguas arriba a una canalización de salida del intercambiador del baño que está asociado con ella, y en su parte de aguas abajo a una canalización de alimentación del baño considerado con líquido criogénico desde el citado depósito (10) o directamente en la parte alta de un contenedor que contiene el baño considerado, estando provista cada línea de
  - 30 puesta en frío de una sonda de temperatura y de una válvula (2) de regulación del caudal que circula por ella.
3. Instalación de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que comprende un purgador (30) en una o en todas o parte de las porciones de línea entre una válvula (1, 1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub>, 1<sub>3</sub>) y la llegada de líquido al intercambiador asociado con la válvula considerada.



**Figura 1**



**Figura 2**



**Figura 3**