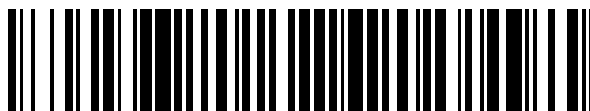


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 482**

51 Int. Cl.:

F27B 9/28 (2006.01)

F27B 9/40 (2006.01)

C21D 1/74 (2006.01)

C21D 9/56 (2006.01)

F26B 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2012 E 12715806 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014 EP 2671035**

54 Título: **Procedimiento de control de una atmósfera de gas protector en una cámara de gas protector para el tratamiento de una banda metálica**

30 Prioridad:

04.02.2011 AT 1522011

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

16.03.2015

73 Titular/es:

**ANDRITZ TECHNOLOGY AND ASSET
MANAGEMENT GMBH (100.0%)**

**Stattegger Strasse 18
8045 Graz, AT**

72 Inventor/es:

**HAMMAN, MARTIN y
VALLEE, JEROME**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 531 482 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 de control de una atmósfera de gas protector en una cámara de gas protector para el tratamiento de una banda metálica

5 El objeto de esta invención está formado por un procedimiento de control de la atmósfera en una cámara de gas protector para el tratamiento continuo de bandas metálicas, en el que la banda metálica se conduce a través de esclusas hacia dentro y hacia fuera de la cámara de gas protector y en el que al menos una de las esclusas presenta dos o más elementos de junta para la banda metálica que circula a su través, de modo que se forma al menos una cámara de junta entre los elementos de junta.

10 En los hornos de funcionamiento continuo para el tratamiento térmico de material plano se protege la banda contra la oxidación empleando una atmósfera reductora de una mezcla de nitrógeno-hidrógeno. Usualmente, el contenido de hidrógeno en todo el horno se mantiene por debajo de un 5%.

15 Sin embargo, la industria del acero exige ahora también, cada vez con más fuerza, instalaciones de horno que pueden hacerse funcionar con dos atmósferas de gas protector diferentes. Por ejemplo, en la fabricación de calidades de acero de alta resistencia se requiere en la zona de enfriamiento rápido (sección de enfriamiento por chorro) un alto contenido de hidrógeno (15 a 80% de H₂) y en la zona restante del horno se requiere un bajo contenido de hidrógeno (<5% de H₂).

En la fabricación de acero eléctrico se requieren un alto contenido de hidrógeno (50 a 100%) en las zonas de recalentamiento, inmersión y enfriamiento lento y un contenido medio de hidrógeno (0 a 70% de H₂) en la zona restante del horno.

20 Estas zonas individuales del horno tienen que separarse una de otra por medio de esclusas correspondientes, y ello de modo que la banda metálica a tratar pueda circular por las distintas zonas del horno con las respectivas atmósferas gaseosas, sin que pueda escapar entonces demasiado gas a través de las esclusas.

Además, el horno tiene que sellarse mediante esclusas correspondientes con respecto al medio ambiente y con respecto a otros grupos de aparatos.

25 El flujo de gas entre cámaras de horno diferentes o entre una cámara de horno y el medio ambiente es originado por los factores siguientes:

- a.) Falta de equilibrado de las corrientes de gas de atmósfera (entrada/salida): La cantidad de gas inyectada en una cámara determinada no corresponde a la cantidad de gas extraída de la misma cámara, por lo que la cantidad diferencia entra en la cámara secundaria o sale al exterior.
- 30 b.) Acción de convección debido a las diferencias de temperatura entre dos cámaras (en hornos verticales): El gas más ligero (mas caliente) circula hacia arriba y el gas más pesado (más frío) circula hacia abajo, con lo que se crea un circuito cerrado de gas de atmósfera en las cámaras.
- c.) Expansión o contracción del gas de atmósfera a consecuencia de fluctuaciones de temperatura en el gas: Las fluctuaciones de temperatura se producen debido al propio proceso (variación de la temperatura del horno, variación de la velocidad de funcionamiento de la línea, conexión/desconexión de un ventilador de circulación, etc. ...) y son inevitables.
- 35 d.) Movimiento de la banda: A causa de la viscosidad del gas, el gas presente en la proximidad de la banda circula también en la dirección de avance de ésta. Por tanto, una cierta cantidad de gas es arrastrada con la banda de una cámara a la siguiente.

40 En la actualidad, se emplean primordialmente dos tipos de esclusas diferentes. Por un lado, se emplean juntas sencillas que están formadas por un par de rodillos de sellado metálicos, o un par de compuertas de sellado, o una combinación de una compuerta de sellado y un rodillo de sellado. La banda metálica es conducida entonces al horno a través de la rendija entre los rodillos/la rendija entre las compuertas.

45 Por otro lado, se emplean juntas dobles con inyección de nitrógeno. En este caso, se trata de un par doble de rodillos de sellado metálicos o un par doble de compuertas, o bien de un equipo doble de compuerta de sellado-rodillo de sellado o una combinación de dos equipos de sellado antes citados, inyectándose nitrógeno en el espacio comprendido entre los dos equipos de sellado. El nitrógeno se introduce en este caso con un caudal fijo o regulable por el operador. No está prevista una regulación automática del caudal en relación con los parámetros del proceso. Tales esclusas de sellado se utilizan, por ejemplo, en instalaciones de recocido continuas o en instalaciones de galvanización continuas para lograr una separación entre la atmósfera del horno y la zona exterior (juntas de entrada o junta de boquilla de vertido), así como entre dos cámaras de combustión diferentes. En este caso, se pueden calentar, por ejemplo, una cámara de combustión con fuego directo y la segunda cámara de combustión por medio de tubos de chorro.

50

Estas juntas proporcionan resultados satisfactorios cuando tiene que evitarse un flujo de gas a través de la esclusa

en una dirección determinada, pero se permite un flujo de gas relativamente alto en la dirección contraria. Por ejemplo, está prohibida la circulación de productos de combustión de un horno con fuego directo a un horno calentado con tubos de chorro, pero en la dirección contraria podrán circular mayores cantidades de gas. Asimismo, está prohibida una descarga de gases de escape del horno directamente expuesto al fuego hacia el exterior, pero está permitida una cierta afluencia de aire del medio ambiente al horno. En cámaras de horno calentadas con tubos de chorro hay que evitar la entrada de aire, estando permitido que una cierta cantidad de gas protector pase del horno al medio ambiente. Se aplica lo mismo en la zona de la trompa cuando se retira una cuba de zinc.

Típicamente, el caudal de gas entre dos cámaras de horno a través de esclusas convencionales es de cero en una dirección y está en el intervalo de 200 a 1000 Nm³/h en la dirección contraria. Tales caudales se consiguen solamente cuando se puede regular la presión en ambas cámaras del horno dentro de una cierta tolerancia.

Sin embargo, cuando la presión fluctúa fuera de esta tolerancia en una de las dos cámaras del horno, la esclusa ya no es efectiva.

Las juntas sencillas no controlan satisfactoriamente las fluctuaciones de presión que se presentan en condiciones de funcionamiento cambiantes. No se puede regular así con precisión la composición química del gas de atmósfera, ya que las inevitables fluctuaciones de presión en ambas cámaras provocarían una circulación cambiante del gas de atmósfera en una u otra dirección.

Una junta doble convencional con inyección de una cantidad de nitrógeno constante es también sensible frente a las fluctuaciones de presión en las cámaras de combustión. La composición química del gas de atmósfera en las cámaras de combustión no puede regularse con precisión, ya que, según las condiciones de presión, el nitrógeno inyectado entra alternativamente en una de las cámaras o en la otra cámara, o bien en ambas cámaras.

En consecuencia, estos sistemas de junta convencionales no separan suficientemente el gas de atmósfera y conducen parcialmente a un considerable aumento del consumo de gas de atmósfera.

En el documento WO 2008/000945 A1 se describe una junta doble convencional que garantiza una buena separación atmosférica. Sin embargo, el punto débil de esta tecnología reside en el alto consumo de gas de atmósfera, que ocasiona mayores costes de explotación e incluso prohíbe una utilización en hornos para acero al silicio.

El documento JP 8 003652 A revela un procedimiento para controlar la atmósfera de un horno de precalentamiento de una línea de recocido con ayuda de una cámara de junta. En funcionamiento, se mide la presión en el horno y en la cámara de junta y se regula la presión en la cámara de junta de modo que sea siempre superior a la presión en el horno. Se impide así que salga gas del horno y, por tanto, el vapor de agua contenido en el gas del horno no puede condensarse en las juntas ni gotear sobre la banda metálica.

En hornos para acero al silicio la junta de entrada consiste usualmente en un par de rodillos de junta de metal y una serie de cortinas. La separación atmosférica dentro del horno se efectúa normalmente por medio de una sencilla abertura en una pared de chamota y la junta de salida consiste en rodillos dotados de un revestimiento blando (Hypalon o elastómero) o en fibras refractarias.

Este sistema de junta tiene el inconveniente de que en la junta de entrada se produce una fuga continua de gas de atmósfera que contiene hidrógeno a través de la rendija entre los rodillos (1 a 2 mm). Este gas se quema continuamente. La junta interior conduce a una mala prestación de separación debido al tamaño de la abertura (100 a 150 mm) y la junta de salida no puede utilizarse a una alta temperatura >200°C.

El objetivo de la invención reside en indicar un procedimiento de regulación para regular el flujo de gas a través de la esclusa, que garantice un alto grado de separación del gas de atmósfera y reduzca el consumo de gas de atmósfera.

Este problema se resuelve por medio de un procedimiento de regulación en el que se mide la presión del gas en al menos una cámara de gas protector y en la cámara de junta de la esclusa y en el que se regula la presión en la cámara de junta, y ello de modo que, en funcionamiento, la presión diferencia (ΔP_{junta}) entre la cámara de gas protector y la cámara de junta se mantenga en muy amplio grado por encima o por debajo de un valor prefijado para la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$).

La presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) es en este caso el valor en el que se invierte el flujo de gas entre la cámara de gas protector y la esclusa. Por tanto, a la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) no deberá tener lugar un flujo de gas entre la cámara de gas protector y la cámara de junta. Sin embargo, la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) no deberá tener necesariamente el valor cero, es decir que a este valor las presiones en la cámara de gas protector y en la cámara de junta serían iguales, si bien puede producirse un flujo de gas entre estas cámaras, ya que la banda metálica transporta consigo en su superficie una cierta cantidad de gas.

El valor prefijado para la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) se calcula por medio de un modelo matemático que tiene en cuenta preferiblemente la velocidad de la banda metálica, la abertura de la rendija de los dos elementos de junta, las propiedades del gas protector y el espesor de la banda metálica.

5 Debido al pequeño volumen de la cámara de junta se puede regular con rapidez y precisión la presión en esta cámara por inyección o evacuación de una pequeña cantidad de gas.

Debido a la regulación precisa de la presión en la cámara de junta se mantiene la presión diferencia (ΔP_{junta}), según la invención cerca del valor para la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$). Se reduce así a un mínimo el caudal de gas de atmósfera hacia o desde la cámara de gas protector. Es ventajoso que la presión diferencia ajustada ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) se mantenga a una distancia constante de la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$), si bien la distancia deberá mantenerse lo más pequeña posible. Típicamente, la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) está comprendida entre 0 y 100 Pa, y la distancia entre la presión diferencia ajustada y la presión diferencia crítica está entre 5 y 20 Pa.

Este procedimiento hace posible una alta prestación de separación de las atmósferas entre cámaras de gas protector con un consumo de gas protector relativamente bajo (de 10 a 200 Nm³/h). Hace posible también una buena separación de la cámara de gas protector con respecto al medio ambiente.

15 La presión en la cámara de junta puede regularse por medio de una válvula de regulación y una alimentación de gas o bien por medio de una válvula de regulación y una fuente de depresión. La fuente de depresión puede ser, por ejemplo, un ventilador aspirador, una chimenea o el medio ambiente.

El procedimiento según la invención es especialmente adecuado para líneas de acero al silicio NGO. En estas instalaciones se tiene que separar una atmósfera con 95% de H₂ en una cámara respecto de una atmósfera con 10% de H₂ en una segunda cámara, debiendo ascender el consumo de hidrógeno a través de la esclusa a menos de 50 Nm³/h.

Además, el procedimiento es perfectamente adecuado para el enfriamiento rápido en líneas de recocido o líneas de galvanización continuas para acero al carbono. En este caso, se tiene que separar una atmósfera de 30-80% de H₂ respecto de una atmósfera con 5% de H₂, debiendo ascender el consumo de hidrógeno a través de la esclusa a menos de 100 Nm³/h.

Con el procedimiento según la invención se puede minimizar también en líneas de galvanización la transmisión de polvo de zinc de la trompa al horno, y ello especialmente en instalaciones para el revestimiento de bandas metálicas con zinc-aluminio. En una forma de realización de la invención la esclusa según la invención está dispuesta entre la cámara de gas protector y una cámara de tratamiento adicional con una atmósfera de gas protector.

30 La banda metálica puede ser conducida en este caso primeramente a través de la cámara de tratamiento adicional y seguidamente a través de la cámara de gas protector, o bien puede ser conducida primeramente a través de la cámara de gas protector y seguidamente a través de la cámara de tratamiento adicional.

Es conveniente que la abertura óptima de la rendija de los dos elementos de junta se calcule ayudándose de las propiedades del gas protector y del espesor de la banda metálica.

35 En lo que sigue se describe el procedimiento según la invención ayudándose de unos dibujos. Muestran:

La figura 1, una primera variante de la invención con un sistema de alimentación de gas para la cámara de junta;

La figura 2, la evolución de la presión en las cámaras para un procedimiento de regulación para la primera variante según la figura 1;

40 La figura 3, la evolución de la presión en las cámaras para otro procedimiento de regulación para la primera variante según la figura 1;

La figura 4, una segunda variante de la invención en la que la cámara de junta está unida con una fuente de depresión;

La figura 5, la evolución de la presión en las cámaras para un procedimiento de regulación para la segunda variante según la figura 4; y

45 La figura 6, la evolución de la presión en las cámaras para otro procedimiento de regulación para la segunda variante según la figura 4.

Se explica ahora el procedimiento de regulación con ayuda de una esclusa 4 entre una cámara secundaria 1 (cámara de tratamiento adicional 1) y una cámara 2 de gas protector. Se aplica también el mismo principio cuando la esclusa 4 se encuentra entre una cámara 2 de gas protector y la zona exterior, considerándose la zona exterior

como una cámara secundaria 1 llena con una presión de aire constante.

Las presiones P y los caudales F representados en las figuras se definen de la manera siguiente:

P1 = presión en la cámara secundaria 1 o en la zona exterior 1

P2 = presión en la cámara 2 de gas protector

5 P_D = presión en la cámara de junta 7

$\Delta P_{\text{cámara}} = P_2 - P_1$ (= presión diferencia entre la cámara 2 de gas protector y la cámara secundaria 1 o presión diferencia entre la cámara 2 de gas protector y la zona exterior)

$\Delta P_{\text{junta}} = P_D - P_2$ (= presión diferencia entre la cámara de junta 7 y la cámara 2 de gas protector)

10 $\Delta P_{\text{junta,k}}$ = presión diferencia crítica entre la cámara de junta 7 y la cámara 2 de gas protector = la presión diferencia (P_D - P2) a la que varía (se invierte) la dirección de flujo de gas F2 entre la cámara 2 de gas protector y la cámara de junta 7

F2 = caudal del gas de atmósfera entre la cámara 2 de gas protector y la cámara de junta 7

F1 = caudal del gas de atmósfera entre la cámara de junta 7 y la cámara secundaria 1

F_D = caudal del gas de atmósfera inyectado en la cámara de junta 7 o evacuado de ella

15 En la figura 1 se representan la cámara secundaria 1 y la cámara 2 de gas protector con la esclusa 4 situada entre ellas. La esclusa 4 consta de un primer elemento de junta 5 y un segundo elemento de junta 6, entre los cuales se encuentra la cámara de junta 7.

20 Las composiciones del gas protector (contenido de N₂, contenido de H₂, punto de rocío) en las dos cámaras 1 y 2 y las respectivas presiones P1 y P2 en las cámaras 1 y 2 se regulan por medio de dos estaciones mezcladoras separadas. Esta regulación de las estaciones mezcladoras se efectúa con ayuda de controladores convencionales. Es decir, la composición química de la atmósfera de gas protector se regula por adaptación del contenido de N₂, H₂ y H₂O en el gas de atmósfera inyectado y la regulación de presión se efectúa por adaptación del caudal del gas de atmósfera inyectado en las cámaras 1 y 2. El gas de atmósfera se descarga de las cámaras 1, 2 a través de unas aberturas fijamente ajustadas o regulables.

25 Los elementos de junta 5 y 6 pueden estar formados en cada caso por dos rodillos o dos compuertas o por un rodillo y una compuerta, entre los cuales se hace pasar la banda metálica 3. La rendija entre los rodillos o las compuertas se define teniendo en cuenta las propiedades (composición química, temperatura) del gas de atmósfera en la cámara 1 (o 2) y el espesor de la banda. Puede estar fijamente ajustada o ser regulable, según la amplitud de fluctuación de las propiedades del gas de atmósfera y de las dimensiones de la banda. Cuando la rendija es regulable, se la preajusta según el espesor de la banda, la composición química del gas de atmósfera y la temperatura de la banda.

30 El tamaño de la abertura en los elementos de junta 5 y 6 depende de la rendija, las dimensiones de la banda (anchura, espesor) y las aberturas restantes condicionadas por la construcción. Para lograr una buena prestación de sellado, la abertura en los elementos de junta 5, 6 tiene que ser correspondientemente pequeña.

35 La presión P_D en la cámara de junta 7 entre los dos elementos de junta 5, 6 puede ser ajustada por la válvula de regulación 10. La válvula de regulación 10 regula el caudal del gas inyectado en la cámara de junta 7 o evacuado de ella. En la figura 1 la válvula de regulación 10 está unida con una alimentación de gas 8, es decir que la regulación de presión en la cámara de junta 7 se efectúa mediante una regulación de la alimentación de gas a la cámara de junta 7.

40 Las presiones de cámara P1 y P2 son reguladas por dos circuitos de regulación de presión independientes. Para la regulación de la esclusa 4 se mide la presión P_D en la cámara de junta 7 y en la cámara 2 de gas protector. La presión P_D se mantiene próxima a la presión P2 en la cámara 2 de gas protector.

En el ejemplo representado en la figura 1 se fija ΔP_{junta} con P_D - P2. Se regula la presión P_D de modo que ΔP_{junta} se mantenga constante en muy amplio grado, aún cuando varíe la presión P2.

45 Con el dispositivo según la figura 1 se pueden seguir, por ejemplo, dos estrategias de regulación de presión para la esclusa 4:

1.) Se deberá evitar una impurificación de la cámara 2 de gas protector:

El objetivo consiste en evitar la entrada de gas de atmósfera en la cámara 2 de gas protector a través de la esclusa

4 para que pueda regularse la composición química en esta cámara. Sin embargo, el objetivo es también minimizar el escape de gas de atmósfera desde la cámara 2 de gas protector para que pueda minimizarse el consumo de gas de la cámara 2 de gas protector.

5 La figura 2 muestra la evolución de la presión en las cámaras 1, 2 y 7. La presión P1 en la cámara secundaria 1 se ajusta a un valor más bajo que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector, mientras que la presión P_D en la cámara de junta se ajusta entre P1 y P2, pero con un valor tan sólo ligeramente inferior a la presión P2 en la cámara 2 de gas protector.

10 Si varía la presión P2 en la cámara 2 de gas protector, se regula de manera correspondiente la presión P_D para mantener lo más constante posible la diferencia de presión $\Delta P_{\text{junta}} = P_D - P_2$. ΔP_{junta} es aquí negativa. El caudal F2 del gas de atmósfera en o desde la cámara 2 de gas protector se regula por medio de la presión diferencia ΔP_{junta} .

15 Si se mantiene ΔP_{junta} por debajo del valor para la presión diferencia crítica $\Delta P_{\text{junta},k}$, no entra gas de atmósfera en la cámara 2 de gas protector. Debido a la regulación de ΔP_{junta} en un valor lo más próximo posible al valor $\Delta P_{\text{junta},k}$, se puede minimizar el caudal F2 del gas de atmósfera que escapa de la cámara 2 de gas protector. El caudal F_D es determinado por el circuito de regulación de presión para la regulación de ΔP_{junta} , mientras que el caudal F1 resulta de F2 + F_D.

20 Esta estrategia de regulación es apropiada para aplicaciones en las que se tiene que regular de manera óptima la composición química en la cámara 2 de gas protector. Esta estrategia puede utilizarse bien, por ejemplo, en instalaciones de recocido continuas (CAL) y en instalaciones de galvanización continuas (CGL) con alto contenido de H₂. La cámara con el alto contenido de H₂ forma en este caso la cámara 2 de gas protector anteriormente mencionada. Esta estrategia de regulación es adecuada también para las cámaras de recalentamiento, inmersión y enfriamiento por tubos de chorro con alto contenido de H₂ en el tratamiento térmico de acero eléctrico. La cámara con el alto contenido de H₂ forma también aquí la cámara 2.

2.) Se deberá evitar una fuga de gas protector de la cámara 2 de gas protector:

25 El objetivo consiste en evitar una fuga de gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector para que la cámara secundaria 1 no sea impurificada por un componente de la cámara 2 de gas protector. Sin embargo, se deberá minimizar también la entrada de gas de atmósfera en la cámara 2 de gas protector.

30 La figura 3 muestra la evolución de la presión en las cámaras 1, 2 y 7, ajustándose la presión P1 en la cámara secundaria 1 de modo que sea más baja que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector. La presión P_D en la cámara de junta 7 se ajusta a un valor más alto que P1 y P2, pero tan sólo ligeramente más alto que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector.

Si varía la presión P2 en la cámara 2 de gas protector, se adapta entonces la presión P_D de una manera correspondiente para mantener lo más constante posible la diferencia de presión $\Delta P_{\text{junta}} = P_D - P_2$. ΔP_{junta} es aquí positiva. El caudal F₂ del gas de atmósfera en o desde la cámara 2 se regula por medio del valor de ΔP_{junta} .

35 Si se mantiene ΔP_{junta} por encima del valor para la presión diferencia crítica (calculada) $\Delta P_{\text{junta},k}$, no escapa entonces gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector. Mediante la regulación de ΔP_{junta} en un valor lo más próximo posible al valor $\Delta P_{\text{junta},k}$ se puede minimizar el caudal F2 del gas de atmósfera que entra en la cámara 2. El caudal F_D es determinado por el circuito de regulación de presión para la regulación de ΔP_{junta} , mientras que el caudal F1 resulta de F_D - F₂.

40 Esta estrategia de regulación es adecuada para aplicaciones en las que no puede escapar gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector y en las que la cámara 2 de gas protector no puede ser impurificada por gas de atmósfera de la cámara secundaria 1. Puede utilizarse, por ejemplo, para la regulación de la esclusa de entrada o de salida en FAL, CAL y CGL. El horno forma en este caso la cámara 2 de gas protector. Asimismo, es adecuada para el control de las esclusas en procedimientos de revestimiento con zinc-aluminio (la trompa forma en este caso la cámara 2 de gas protector) o para procedimientos con cámaras con puntos de rocío diferentes. La cámara con el punto de rocío alto forma entonces la cámara 2 de gas protector.

En la figura 4 se representa ahora una variante en la que la cámara de junta 7 está unida con una fuente de depresión 9. Por tanto, en contraste con la figura 1, en la figura 4 se efectúa la regulación de la presión del gas en la cámara de junta 7 por medio de una evacuación de gas F_D.

50 Mediante la regulación del caudal F_D del gas que sale de la cámara de junta 7 se adapta continuamente la presión P_D en la cámara de junta 7. El caudal F_D del gas saliente es regulado por una válvula de regulación 10, generándose la depresión por medio de un ventilador aspirador o por medio del tiro natural de la chimenea.

En el ejemplo representado en la figura 4 la banda metálica pasa de la cámara 2 de gas protector a la esclusa 4. Sin embargo, la estrategia de regulación no depende de la dirección de avance de la banda. La presión P_D en la cámara

de junta se regula de modo que ΔP_{junta} se mantenga lo más constante posible, aun cuando varíe la presión P2 en la cámara 2 de gas protector.

Con el dispositivo según la figura 4 se pueden seguir, por ejemplo, dos estrategias de regulación de presión diferentes:

- 5 1.) Se deberá evitar una fuga de la cámara 2 de gas protector:

El objetivo es evitar una fuga de gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector para que la cámara secundaria 1 no sea impurificada por un componente de la cámara 2 de gas protector, pero también minimizar la entrada de gas de atmósfera en la cámara 2 de gas protector para que se pueda regular la composición química en la cámara 2 de gas protector.

- 10 La figura 5 muestra la evolución de presión en las cámaras 1, 2 y 7 para una esclusa 4 según la figura 4. La presión P1 en la cámara secundaria 1 se ajusta de modo que sea más alta que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector. La presión P_D en la cámara de junta 7 se ajusta a un valor entre P1 y P2, pero tan sólo insignificamente más alto que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector.

- 15 Si varía la presión P2 en la cámara 2 de gas protector, se ajusta entonces la presión P_D de una manera correspondiente para mantener lo más constante posible la diferencia de presión $\Delta P_{\text{junta}} = P_D - P2$. Por tanto, ΔP_{junta} es aquí positiva. El caudal F2 del gas de atmósfera en o desde la cámara 2 se regula por medio del valor de ΔP_{junta} .

- 20 Si se mantiene ΔP_{junta} por encima del valor crítico para la presión diferencia $\Delta P_{\text{junta,k}}$, no escapa gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector. Si se regula la magnitud ΔP_{junta} en un valor lo más próximo posible al valor $\Delta P_{\text{junta,k}}$, se puede minimizar entonces el caudal F2 del gas de atmósfera que entra en la cámara 2 de gas protector. El caudal F_D se determina por el circuito de regulación de presión para la regulación de ΔP_{junta} , mientras que el caudal F1 resulta de $F2 + F_D$.

- 25 Esta estrategia de regulación es adecuada para instalaciones en las que no puede escapar gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector y en las que se tiene que minimizar la afluencia a la cámara 2 de gas protector. Las aplicaciones son iguales a las aplicaciones para la figura 3, pero para el caso en el que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector es más baja que en la cámara secundaria 1.

- 2.) Se deberá evitar una impurificación de la cámara 2 de gas protector:

- 30 El objetivo consiste en evitar la entrada de gas de atmósfera en la cámara 2 de gas protector (para que puede regularse la composición química en la cámara 2 de gas protector), pero también en minimizar el escape de gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector (para que pueda minimizarse el consumo de gas de la cámara 2 de gas protector).

La figura 6 muestra la evolución de la presión en las cámaras 1, 2 y 7. La presión P1 en la cámara secundaria 1 se ajusta a un valor más alto que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector, mientras que la presión P_D en la cámara de junta 7 se ajusta a un valor más pequeño que P1 y P2, pero tan sólo ligeramente más pequeño que la presión P2 en la cámara 2 de gas protector.

- 35 Si varía la presión P2, se regula la presión P_D de manera correspondiente para mantener lo más constante posible la diferencia de presión $\Delta P_{\text{junta}} = P_D - P2$. ΔP_{junta} es aquí negativa. El caudal F2 del gas de atmósfera en o desde la cámara 2 se regula por medio del valor de ΔP_{junta} .

- 40 Si se mantiene ΔP_{junta} por debajo del valor para la presión diferencia crítica $\Delta P_{\text{junta,k}}$, no entra gas de atmósfera en la cámara 2. Si se regula la magnitud ΔP_{junta} en un valor lo más próximo posible al valor $\Delta P_{\text{junta,k}}$, se puede minimizar entonces el caudal F2 del gas de atmósfera que escapa de la cámara 2. El caudal F_D se determina por el circuito de regulación de presión para la regulación de ΔP_{junta} , mientras que el caudal F1 resulta de $F_D + F1$.

Esta estrategia de regulación es perfectamente adecuada cuando tiene que regularse óptimamente la composición química en la cámara 2 de gas protector, pero tiene que minimizarse la salida de gas de atmósfera de la cámara 2 de gas protector, o cuando se tiene que regular óptimamente la composición química en ambas cámaras 1, 2.

- 45 Dado que no puede medirse la cantidad de fuga del gas a través de un elemento de junta (5, 6), se ha desarrollado un modelo matemático para calcular dicha cantidad.

El modelo hace posible el cálculo de la presión diferencia ΔP_{junta} entre la cámara 2 de gas protector y la cámara de junta 7 ($\Delta P_{\text{junta}} = P_D - P2$) en función de los parámetros siguientes:

- 50 - Propiedades físicas del gas de atmósfera (como, por ejemplo, peso específico y viscosidad): Estas propiedades se calculan a partir de la composición química (porcentaje de H₂ y N₂, etc.) y de la temperatura del gas de

atmósfera que circula por los elementos de junta.

- Superficie abierta en los elementos de junta 5, 6: La superficie abierta depende de la rendija ajustada en los elementos de junta y de las dimensiones de la banda (espesor, anchura).
- Velocidad lineal: La velocidad lineal es la velocidad de la banda tratada.
- 5 - Caudal del gas de atmósfera F_D , F_1 , F_2 : El caudal F_1 o F_2 del gas de atmósfera a través de los elementos de junta 5, 6 rige como parámetro a regular.
- Construcción de la esclusa 4: Están disponibles varias tecnologías de construcción (compuertas, rodillos, otros ...). El modelo matemático tiene en cuenta la respectiva tecnología.

10 El modelo matemático se basa en una fórmula que representa la correlación entre los parámetros. El cálculo requiere tan sólo un pequeño coste de cálculo y, por tanto, puede integrarse en controladores de horno.

El modelo matemático se expresa como sigue:

$$\Delta P_{\text{junta}} = f_1(\rho, \mu, h, V_s) + f_2(\rho, \mu, h, V_g)$$

ΔP_{junta} = diferencia de presión entre la cámara de junta 7 y la cámara 2 de gas protector

ρ = peso específico del gas de atmósfera

15 μ = viscosidad dinámica del gas de atmósfera

h = factor geométrico

V_g = velocidad de flujo del gas de atmósfera que entra en la cámara de junta 7 o sale de ella

V_s = velocidad lineal = velocidad de la banda

20 f_1 y f_2 son fórmulas matemáticas que dependen de la construcción de la esclusa 4 (rodillos, compuertas) y de la naturaleza del flujo de gas (laminar, turbulento).

Los parámetros del modelo matemático se ajustan por medio de un software de simulación controlado por ordenador en servicio fuera de línea.

25 El modelo suministra el valor para la presión diferencia crítica $\Delta P_{\text{junta},k}$ entre la cámara de junta 7 y la cámara 2 de gas protector, que no conduce a flujo alguno entre la cámara 2 de gas protector y la cámara de junta ($V_g=0$). Este valor crítico $\Delta P_{\text{junta},k}$ sirve de referencia para la regulación de presión en la cámara de junta 7. El valor nominal para la presión diferencia ΔP_{junta} se ajusta a la presión diferencia crítica calculada $\Delta P_{\text{junta},k}$, tal como se ha descrito en los ejemplos anteriormente citados.

30 Cuando la presión diferencia ΔP_{junta} es más alta que este valor crítico $\Delta P_{\text{junta},k}$, entonces el gas de atmósfera pasa de la cámara de junta 7 a la cámara 2 de gas protector. Es importante que se tengan también aquí en cuenta los respectivos signos de las presiones diferencia ΔP_{junta} y $\Delta P_{\text{junta},k}$. "más alto" o "por encima de" es equivalente en significado a la expresión de estar situado "más lejos en el rango numérico positivo".

Si la presión diferencia ΔP_{junta} está por debajo del valor para la presión diferencia crítica $\Delta P_{\text{junta},k}$, entonces el gas de atmósfera pasa de la cámara 2 de gas protector a la cámara de junta 7.

35 Es de señalar una vez más que la presión diferencia ΔP_{junta} puede ser también negativa (por ejemplo, en la figura 2 y en la figura 6). La observación de que la presión diferencia ΔP_{junta} está por debajo del valor para la presión diferencia crítica $\Delta P_{\text{junta},k}$ ha de entenderse entonces en el sentido de que el valor para la presión diferencia ΔP_{junta} está más lejos en el rango negativo que el valor para la diferencia de presión crítica $\Delta P_{\text{junta},k}$.

40 El modelo matemático se emplea, por un lado, para el cálculo de la rendija a ajustar entre los dos elementos de junta 5, 6 teniendo en cuenta las propiedades del gas de atmósfera y el espesor de la banda. Por otro lado, se aprovecha dicho modelo para el cálculo del valor de la presión diferencia crítica $\Delta P_{\text{junta},k}$ entre la cámara de junta 7 y la cámara 2 de gas protector. Con ayuda de la presión diferencia crítica calculada $\Delta P_{\text{junta},k}$ se fija entonces la presión diferencia ΔP_{junta} (valor nominal) que se debe ajustar.

Los parámetros de ajuste calculados con el modelo matemático forman los valores nominales para el control de la esclusa.

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de la atmósfera de gas protector en una cámara (2) de gas protector para el tratamiento continuo de bandas metálicas (3), en el que se conduce la banda metálica (3) hacia dentro y hacia fuera de la cámara (2) de gas protector a través de esclusas (4) y en el que al menos una de las esclusas (4) presenta dos elementos de junta (5, 6) para la banda metálica (3) que circula a su través, de modo que se forma una cámara de junta (7) entre los dos elementos de junta (5, 6), midiéndose la presión del gas (P_2 , P_D) en la cámara (2) de gas protector y en la cámara de junta (7) de la esclusa (4) y regulándose la presión (P_D) en la cámara de junta (7), **caracterizado** por que se regula la presión (P_D) en la cámara de junta (7) de modo que, en funcionamiento, la presión diferencia (ΔP_{junta}) entre la cámara (2) de gas protector y la cámara de junta (7) se mantenga lo más ampliamente posible por encima o por debajo de un valor prefijado para la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$), fijándose la presión diferencia crítica ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) como el valor en el que se invierte el flujo de gas entre la cámara (2) de gas protector y la cámara de junta (7), y calculándose el valor crítico para la presión diferencia ($\Delta P_{\text{junta,k}}$) por medio de un modelo matemático que tiene en cuenta la velocidad de la banda metálica, la abertura de la rendija entre los dos elementos de junta (5, 6), las propiedades del gas protector y el espesor de la banda metálica (3), y manteniéndose el valor ajustado durante el funcionamiento para la presión diferencia (ΔP_{junta}) lo más cerca posible del valor crítico para la presión diferencia ($\Delta P_{\text{junta,k}}$), de modo que se minimice el flujo de gas (F_2) desde la cámara (2) de gas protector o hacia ella.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que se regula la presión (P_D) en la cámara de junta (7) por medio de una válvula de regulación (10) y una alimentación de gas (8).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que se regula la presión (P_D) en la cámara de junta (7) por medio de una válvula de regulación (10) y una fuente de depresión (9).
4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que se regula la presión (P_D) en la cámara de junta (7) por medio de dos válvulas de regulación (10), una alimentación de gas (8) y una fuente de depresión (9).
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por que la esclusa (4) está dispuesta entre la cámara (2) de gas protector y una cámara de tratamiento adicional (1) con una atmósfera de gas protector.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** por que la banda metálica (3) es conducida primero a través de la cámara de tratamiento adicional (1) y luego a través de la cámara (2) de gas protector.
7. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** por que la banda metálica (3) es conducida primero a través de la cámara (2) de gas protector y luego a través de la cámara de tratamiento adicional (1).
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por que la abertura óptima de la rendija entre los dos elementos de junta (5, 6) se calcula con ayuda de las propiedades del gas protector y del espesor de la banda metálica (3).

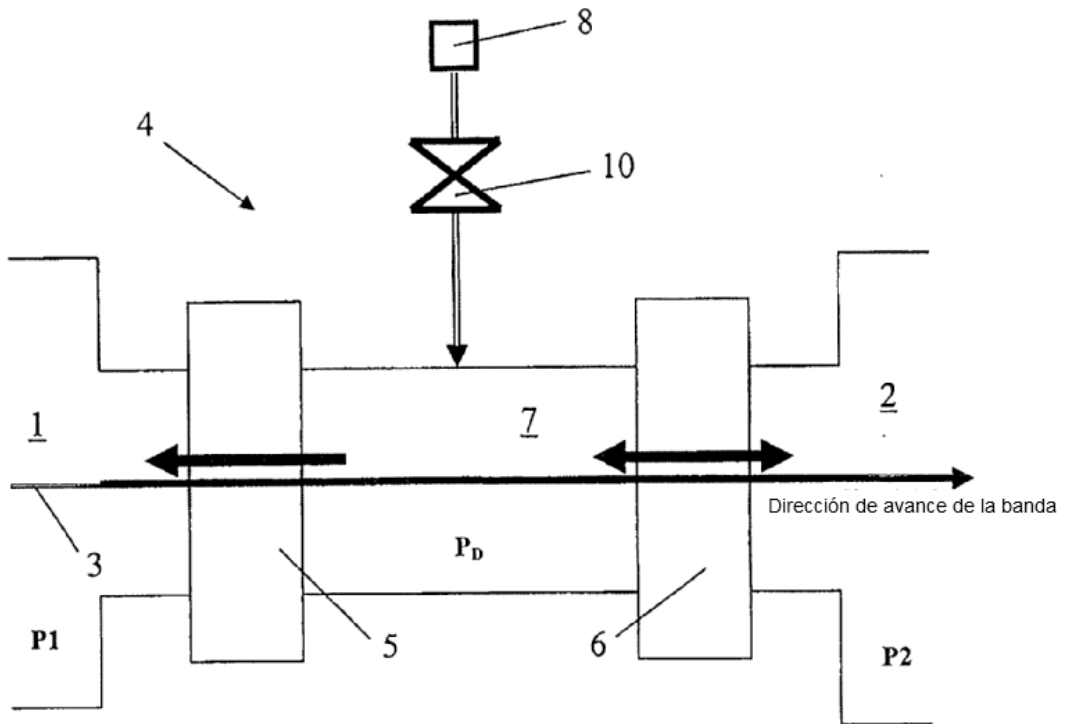


Fig. 1

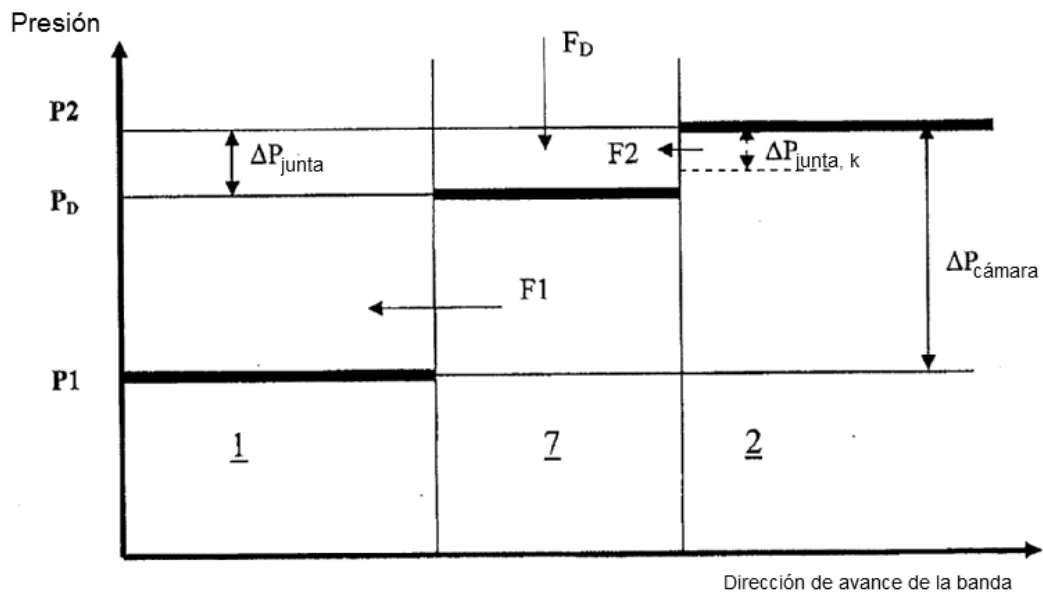


Fig. 2

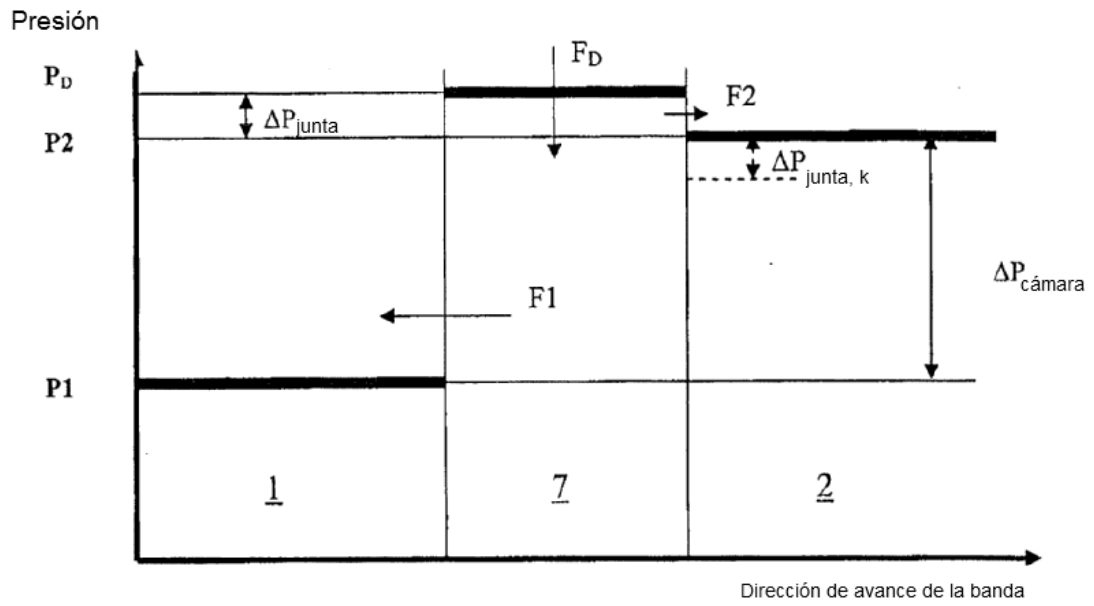


Fig. 3

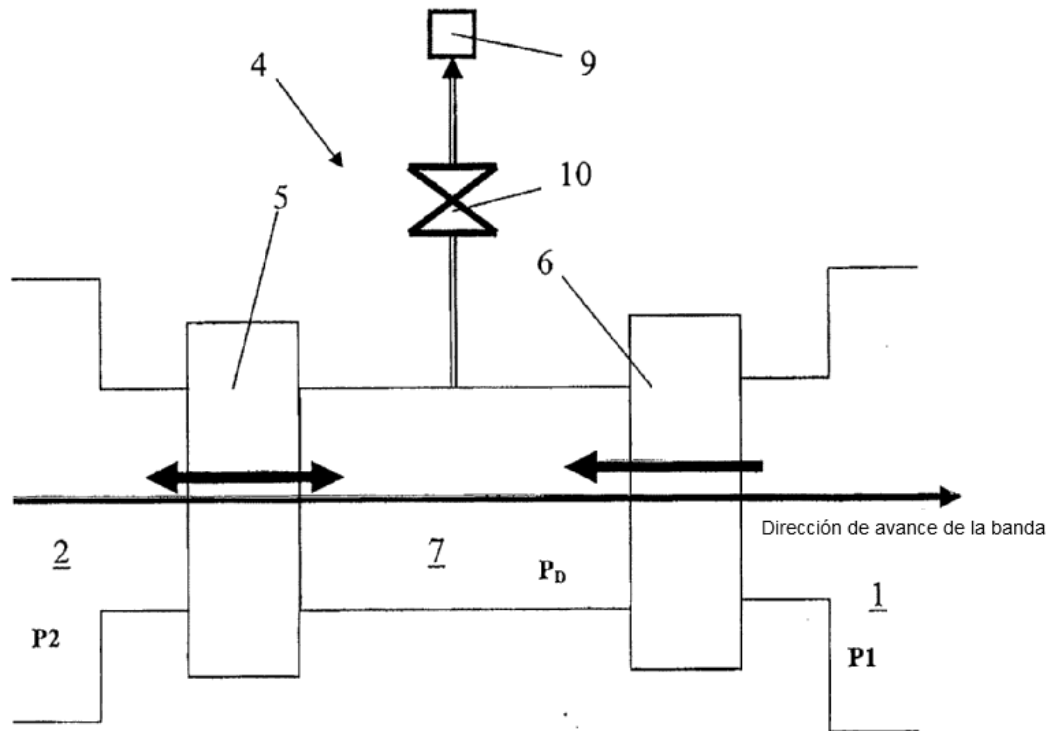


Fig. 4

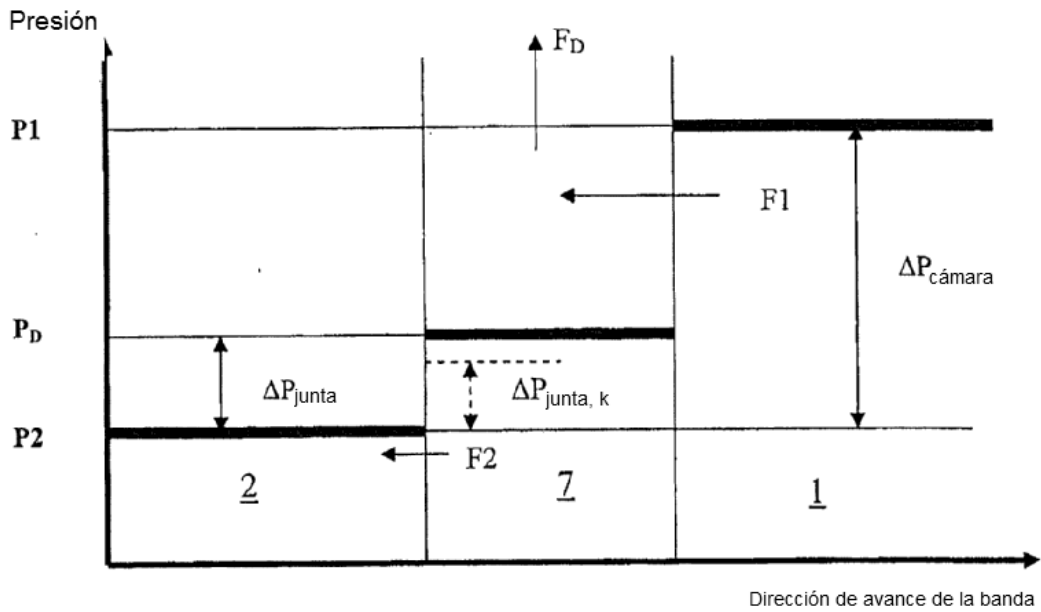


Fig. 5

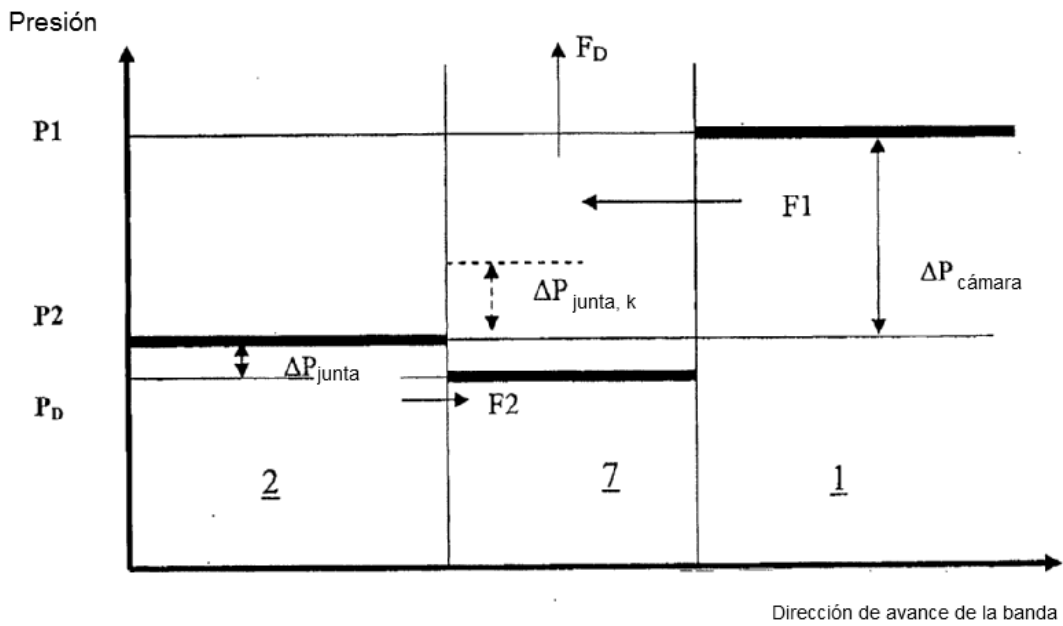


Fig. 6