

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 376**

51 Int. Cl.:

**F04D 17/12** (2006.01)

**F04D 29/58** (2006.01)

**F04D 29/62** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2013 PCT/EP2013/076732**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14095742**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2013 E 13805412 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2935896**

54 Título: **Compresor multietapa y método para manejar un compresor multietapa**

30 Prioridad:

**21.12.2012 IT FI20120290**

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

**31.03.2020**

73 Titular/es:

**NUOVO PIGNONE S.R.L. (100.0%)  
Via Felice Matteucci 2  
50127 Florence, IT**

72 Inventor/es:

**KOSAMANA, BHASKARA;  
BIGI, MANUELE;  
V, KALYANKUMAR;  
KURVA, LAKSHMANUDU;  
BORGHETTI, MASSIMILIANO y  
FORMICHINI, MARCO**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 751 376 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**

Compresor multietapa y método para manejar un compresor multietapa

**5 Campo de la invención**

Las realizaciones de la materia objeto desvelada en el presente documento se refieren en general a compresores multietapa y métodos para manejar los mismos. Más específicamente, la divulgación se refiere a compresores multietapa que tienen una configuración de rotor en pila.

10

**Descripción de la técnica relacionada**

Los compresores multietapa se utilizan mucho para la refrigeración industrial, el procesamiento de petróleo y gas y en procesos a baja temperatura y otros usos.

15

Entre la multitud de compresores multietapa del tipo conocido, se conocen bien los compresores multietapa que comprenden impulsores apilados que se mantienen juntos mediante una varilla de sujeción. Un compresor multietapa que comprende un rotor en pila se desvela, por ejemplo, en el documento US2011/0262284.

20

La Figura 1 ilustra una vista en sección axial de un compresor multietapa de la técnica actual, y la Figura 2 ilustra una ampliación de un detalle de la Figura 1. Dicho compresor está referenciado mediante 100 y comprende una entrada 110A, una salida 110B, un rotor 111 compuesto por una pluralidad de impulsores apilados 112, y un alojamiento 113 inmóvil que aloja el rotor 111. El alojamiento inmóvil comprende un diafragma 113A en donde cada impulsor emite su flujo de gas para convertir la energía cinética del flujo de gas en eficacia dinámica antes de devolver el flujo de gas al siguiente impulsor. Cada combinación de impulsor/diafragma se suele denominar "etapa". El diafragma 113A y el rotor 111 están alojados en una carcasa 113B. En el compresor, se define una ruta de compresión de gas P (indicada con una línea discontinua) que se extiende desde la entrada del compresor 110A a la salida del compresor 110B y a través de dicha pluralidad de impulsores 112 y el diafragma 113A. La ruta de compresión P está sellada contra la carcasa, el diafragma y el rotor, utilizando juntas adecuadas, por ejemplo, juntas de gas seco S.

25

30

Los impulsores 112 se mantienen juntos mediante una varilla 114 de sujeción, que se extiende axialmente a través de los impulsores 112. La primera etapa del compresor comprende un primer impulsor 112A, mientras que la última etapa del compresor comprende el último impulsor 112B. El rotor 111 también comprende dos elementos terminales 115A y 115B proporcionados en los dos extremos opuestos de la pluralidad de impulsores 112. Los dos extremos de la varilla 114 de sujeción están restringidos a los elementos terminales 115A-115B.

35

Más en particular, los ejes de los impulsores 112 tienen orificios pasantes 116 en donde se hace pasar la varilla 114 de sujeción. Los orificios 116 están dimensionados para dejar un espacio libre 117 entre la varilla 114 de sujeción y los impulsores 112.

40

Con referencia particular a la Figura 2, cada impulsor 112 comprende dos pestañas 118 dentadas opuestas que engranan con respectivas pestañas dentadas de dos respectivos impulsores 112 contiguos o, en caso de que el impulsor sea el primer o el último impulsor de la pila de impulsores, respectivamente con una pestaña dentada de un impulsor 112 contiguo y la pestaña dentada 119 de uno de los elementos terminales 115A, 115B.

45

Para evitar fugas de gas desde la ruta de compresión P al espacio libre 117, se proporcionan juntas 120 en las áreas 121 de engranaje de los dientes.

50

El compresor de gas comprende una línea 122 de compensación (indicada con una línea de rayas y puntos) para compensar el empuje axial de los impulsores en los cojinetes del rotor. Más en particular, el compresor comprende un tambor 123 de compensación formado sobre el elemento terminal 115B. El tambor 123 de compensación separa una zona 124 de compensación de una zona en comunicación fluida con la salida de la última etapa del compresor. La zona 124 de compensación está fluidamente conectada con la entrada del primer impulsor 112A, de manera que la presión en la zona 124 de compensación es sustancialmente igual que la presión en la entrada del primer impulsor 112A. El tambor 123 de compensación está dispuesto en un alojamiento cilíndrico formado en la carcasa del compresor. Entre el alojamiento y el tambor se proporciona una junta laberíntica 123A, para permitir una fuga de flujo de gas calibrada F desde la última etapa hacia la zona 124 de compensación. La diferencia de presión entre dicha zona 124 de compensación y la cara opuesta del tambor de compensación orientada hacia el impulsor de última etapa 112B genera un empuje axial contra el tambor de compensación. El empuje axial en el tambor 123 de compensación contrarresta el empuje axial generado en los impulsores por el fluido procesado que fluye a través del compresor. La línea 122 de compensación está formada por un conducto, que normalmente es externo a la carcasa del compresor.

55

60

El proceso de compresión provoca un aumento de temperatura del gas procesado que fluye a través del compresor. Durante el arranque, los componentes de la máquina suelen estar a temperatura ambiente y son calentados por el gas procesado hasta que se alcanza una condición de temperatura constante. En los compresores que tienen un rotor en pila como se describe con referencia a las Figuras 1 y 2, los impulsores calientan más rápido que la varilla

65

de sujeción. Esto ocasiona altos gradientes de temperatura entre la varilla 114 de sujeción y los impulsores 112 durante la fase transitoria de arranque. Debido a este alto gradiente de temperatura, se generan altas tensiones térmicas, que pueden acortar la vida del compresor o provocar un funcionamiento indebido.

5 **Sumario de la invención**

10 Para paliar al menos en parte uno o más de los problemas de la técnica anterior, se proporciona un compresor multietapa, en donde se utiliza calor desarrollado comprimiendo el fluido procesado por el compresor para calentar la varilla de sujeción, que mantiene los impulsores apilados del rotor del compresor. El compresor multietapa comprende una ruta de flujo de retorno, a lo largo de la cual una fracción del gas procesado comprimido fluye de vuelta desde una ubicación aguas abajo a una ubicación aguas arriba de la ruta de compresión de gas. La ruta de flujo de retorno fluye a lo largo de la varilla de sujeción, de manera que el calor generado por compresión en el gas procesado comprimido o parcialmente comprimido se transfiere a la varilla de sujeción mediante convección forzada. De este modo, la varilla de sujeción se calienta más rápido que en los compresores de la técnica actual.

15 De acuerdo con algunas realizaciones, se proporciona un compresor multietapa, que comprende un rotor del compresor compuesto de una pluralidad de impulsores axialmente apilados, una varilla de sujeción que se extiende a través de los impulsores apilados y que mantiene los impulsores juntos y una ruta de compresión de gas que se extiende desde una entrada del compresor a una salida del compresor y a través de la pluralidad de impulsores. El compresor comprende además un canal de flujo entre la varilla de sujeción y los impulsores apilados. El canal de flujo se extiende a lo largo de al menos una parte de la varilla de sujeción. El canal de flujo está en comunicación fluida con una primera ubicación y una segunda ubicación a lo largo de la ruta de compresión de gas. En condiciones de funcionamiento normales, la presión del gas procesado por el compresor en dicha primera ubicación es diferente a la presión del gas en la segunda ubicación. La diferencia de presión de gas entre la primera ubicación y la segunda ubicación en la ruta de compresión genera un flujo de gas a lo largo del canal de flujo.

20 En el arranque del compresor, la temperatura del gas que fluye desde la primera ubicación a la segunda ubicación suele ser superior a la temperatura de la varilla de sujeción, debido al aumento de temperatura del gas causado por la compresión. El gas que fluye a lo largo del canal de flujo calienta la varilla de sujeción, reduciendo así el gradiente de temperatura entre los impulsores y la varilla de sujeción.

25 De acuerdo con algunas realizaciones, el canal de flujo puede utilizarse como una "línea de compensación" para compensar el empuje de los impulsores en los cojinetes, como se describe mejor a continuación.

30 En algunas realizaciones ejemplares, la primera ubicación se proporciona en la primera etapa del compresor, y la segunda ubicación se proporciona en la última etapa del compresor. De este modo, se aumentan las ventajas térmicas en la varilla de sujeción, ya que el flujo caliente de gas contacta la varilla de sujeción a lo largo de casi toda la extensión axial de la misma. Además, el gas comprimido que contacta la varilla de sujeción se coge desde la última etapa, es decir, donde la temperatura del gas es la más alta.

35 De acuerdo con realizaciones ejemplares, cada impulsor comprende dos superficies de contacto opuestas para contactar las superficies de otros dos impulsores contiguos, o la superficie de un impulsor contiguo y la superficie de un elemento terminal en un extremo de la pluralidad de impulsores apilados. Si el compresor de gas comprende un primer paso y un segundo paso, al menos uno de dichos pasos está definido entre las superficies de contacto de dos impulsores contiguos o entre las superficies de contacto de uno de dichos elementos terminales y de un impulsor contiguo. Esta configuración simplifica la construcción del compresor. En algunas realizaciones ejemplares, el primer paso puede formarse entre superficies que contactan y engranan entre sí del eje del primer impulsor y una correspondiente superficie de engranaje del primer elemento terminal. El segundo paso puede formarse entre superficies que contactan y engranan entre sí del eje del último impulsor y una correspondiente superficie de engranaje del segundo elemento terminal.

40 Para proporcionar restricción torsional entre los impulsores apilados entre sí y primeros y segundos elementos terminales, pueden proporcionarse miembros de restricción torsional. En algunas realizaciones, las superficies de contacto están provistas de pestañas dentadas frontales que forman las respectivas superficies de engranaje. Los dientes de las pestañas que actúan conjuntamente entre sí forman un acoplamiento Hirth. En su lugar pueden utilizarse otros miembros de conexión, tales como conexiones del sistema curvic, pernos u otros mecanismos conocidos.

45 Para evitar que fluya gas a través de las superficies de engranaje donde no hace falta flujo de gas, por ejemplo, en las superficies de contacto y engranaje intermedias entre impulsores contiguos, pueden proporcionarse miembros de junta alrededor de las áreas de engranaje. Por ejemplo, los miembros de junta pueden ser juntas anulares dispuestas en la superficie interior de los orificios pasantes en los ejes del impulsor, en donde está dispuesta la varilla de sujeción, justo en el área de engranaje.

50 De acuerdo con otras realizaciones, al menos uno de los dos pasos puede ser un tubo, provisto, por ejemplo, a través del eje de un impulsor o de un elemento terminal.

55

En algunas realizaciones, el compresor de gas comprende una línea de compensación para compensar el empuje axial de los impulsores en el cojinete del rotor. Más en particular, el compresor comprende un tambor de compensación axialmente restringido a los impulsores y que restringe el empuje axial de los impulsores. El tambor tiene una primera cara orientada hacia la última etapa del compresor y una segunda cara opuesta orientada hacia una zona de compensación fluidamente conectada con la entrada de la primera etapa del compresor, de manera que la presión en la zona de compensación es sustancialmente igual que la presión en la entrada de la primera etapa del compresor. La diferencia de presión en las dos caras del tambor de compensación genera un empuje axial opuesto al empuje axial generado en los impulsores por el gas que está siendo procesado a través del compresor. El compresor comprende una vía que conecta fluidamente la salida de la última etapa con la zona de compensación asociada al tambor de compensación. En algunas realizaciones se proporciona al menos un paso que conecta fluidamente el canal de flujo y la zona de compensación. En esta configuración, el canal de flujo formado entre los impulsores y la varilla de sujeción puede funcionar como una "línea de compensación". De este modo, no hace falta una línea de compensación externa.

De acuerdo con algunas realizaciones, el paso que conecta fluidamente el canal de flujo y la zona de compensación se proporciona a través del tambor de compensación.

De acuerdo con otro aspecto, la divulgación se refiere a un método para manejar un compresor multietapa, que comprende un rotor del compresor con una pluralidad de impulsores axialmente apilados que se mantienen juntos mediante una varilla de sujeción, y un canal de flujo que se extiende a lo largo de al menos una parte de la varilla de sujeción. El método comprende la etapa de calentar la varilla de sujeción haciendo fluir gas caliente comprimido, por ejemplo, extraído de la ruta de compresión de gas, a lo largo del canal de flujo a través de los impulsores y a lo largo de la varilla de sujeción. El gas caliente comprimido fluye desde una etapa aguas abajo a una etapa aguas arriba del compresor.

En algunas realizaciones ejemplares, el método proporciona el calentamiento de la varilla de sujeción por medio de un flujo de gas comprimido que fluye desde la salida del último impulsor a la entrada del primer impulsor.

Las características y realizaciones se desvelan a continuación y se explican además en las reivindicaciones adjuntas, que forman parte integrante de la presente descripción. La breve descripción anterior explica características de las diversas realizaciones de la presente divulgación con el fin de que la siguiente descripción detallada pueda entenderse mejor y de que las presentes contribuciones a la técnica puedan apreciarse mejor. Evidentemente, hay otras características de la invención que se describirán a continuación y que se explicarán en las reivindicaciones adjuntas. En este sentido, antes de explicar diversas realizaciones de la invención en detalle, se entiende que las diversas realizaciones de la invención no se limitan en su aplicación a los detalles de la construcción y a las disposiciones de los componentes explicados en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención es susceptible de otras realizaciones y de practicarse y llevarse a cabo de diversas maneras. Además, se entenderá que la fraseología y terminología empleadas en este documento tienen fines descriptivos y no se interpretarán como limitativas.

Como tal, los expertos en la materia apreciarán que la concepción, en la que se basa la divulgación, puede utilizarse fácilmente como base para diseñar otras estructuras, métodos y/o sistemas para llevar a cabo los diversos objetos de la presente invención. El alcance de la presente invención queda definido por las reivindicaciones adjuntas.

**Breve descripción de los dibujos**

Una apreciación más completa de las realizaciones desveladas de la invención y muchas de sus ventajas relacionadas se obtendrá fácilmente a medida que la misma se entienda mejor por referencia a la siguiente descripción detallada al considerarse en relación con los dibujos adjuntos, en donde:

la Figura 1 ilustra una vista en sección axial de la pieza principal de un compresor multietapa de la técnica anterior;

la Figura 2 muestra una parte ampliada de la Figura 1;

la Figura 3 ilustra una vista en sección axial de la pieza principal de un compresor multietapa de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la Figura 4 muestra una parte ampliada de la Figura 3;

la Figura 5 ilustra una parte de una primera variante de la realización mostrada en la Figura 3;

la Figura 6 ilustra una parte de una segunda variante de la realización mostrada en la Figura 3;

la Figura 7 ilustra una parte de una tercera variante de la realización mostrada en la Figura 3;

la Figura 8 ilustra una parte de una cuarta variante de la realización mostrada en la Figura 3.

**Descripción detallada de realizaciones de la invención**

La siguiente descripción detallada de las realizaciones ejemplares se refiere a los dibujos adjuntos. Los mismos números de referencia en diferentes dibujos identifican elementos idénticos o similares. De manera adicional, los dibujos no están necesariamente dibujados a escala. Además, la siguiente descripción detallada no limita la invención. En lugar de ello, el alcance de la invención queda definido por las reivindicaciones adjuntas.

Haciendo referencia a las Figuras 3 a 8 mencionadas anteriormente, el número de referencia 10 indica un compresor multietapa en su totalidad. El compresor multietapa comprende una entrada 10A, una salida 10B, un rotor 11 con una pluralidad de impulsores apilados 12, y un alojamiento inmóvil 13 que aloja el rotor 11.

El alojamiento inmóvil comprende una pluralidad de diafragmas 13A en donde cada impulsor 12 emite el flujo de gas para convertir la energía cinética del flujo de gas en eficacia dinámica antes de devolver el flujo de gas al siguiente impulsor. Cada combinación de impulsor/diafragma se denomina "etapa". La primera etapa del compresor comprende el primer impulsor 12A, y la última etapa del compresor comprende el último impulsor 12B. Los términos "primero" y "último" como se utiliza en la presente memoria se refieren a la dirección de flujo del gas procesado por el compresor. Por lo tanto, la primera etapa y el primer impulsor son los más cercanos a la entrada del compresor, es decir, los más aguas arriba, mientras que la última etapa y el último impulsor son los más cercanos a la salida del compresor, es decir, los más aguas abajo. Los diafragmas 13A y el rotor 11 están alojados en una carcasa 13B. Los términos aguas arriba y aguas abajo se refieren a la dirección de flujo del gas procesado a través del compresor.

En el compresor 10, una ruta de compresión de gas P (indicada con una línea discontinua) se extiende desde la entrada del compresor 10A a la salida del compresor 10B y a través de dicha pluralidad de impulsores 12 y los diafragmas 13A. La ruta de compresión P está sellada con respecto a la carcasa, los diafragmas y el rotor, usando juntas adecuadas, por ejemplo, juntas de gas seco S. También puede utilizarse otro tipo de juntas, habitualmente utilizado en la técnica.

Los impulsores 12 están apilados y se mantienen juntos mediante una varilla 14 de sujeción. La varilla 14 de sujeción se extiende axialmente a través de los impulsores. El rotor 11 también comprende dos elementos terminales: un primer elemento 15A terminal más aguas arriba proporcionado en el extremo de la pluralidad de impulsores cerca del primer impulsor 12A; y un segundo elemento 15B terminal más aguas abajo proporcionado en el extremo opuesto de la pluralidad de impulsores, cerca del último impulsor 12B. Los dos extremos de la varilla 14 de sujeción están restringidos a los elementos terminales 15A, 15B.

Los ejes de los impulsores 12 tienen orificios pasantes 16 en donde se hace pasar la varilla de sujeción. Los orificios 16 están dimensionados para dejar un interespacio o espacio libre 17 entre la varilla de sujeción y la superficie interior de los orificios 16.

Cada impulsor 12 comprende dos superficies de contacto opuestas que actúan conjuntamente con las superficies respectivamente de otros dos impulsores contiguos 12, o respectivamente con la superficie de un impulsor contiguo y la superficie de un elemento terminal 15A o 15B en un extremo de la pluralidad de impulsores apilados. El contacto es tal que los impulsores están torsionalmente restringidos el uno al otro y se transfiere torsión entre los impulsores. En algunas realizaciones, cada impulsor 12 comprende dos pestañas 18 dentadas opuestas que engranan con respectivas pestañas dentadas de otros dos impulsores contiguos 12 o, en caso de que el impulsor sea el primero 12A o el último 12B impulsor de la pila, respectivamente con la pestaña dentada 18 de un impulsor contiguo 12 y la pestaña dentada 19A o 19B de un elemento terminal 15A o 15B. Las pestañas dentadas forman acoplamientos o conexiones Hirth. Pueden utilizarse otros tipos de conexiones conocidas por los expertos en la materia en lugar de un acoplamiento de tipo Hirth.

Para evitar fugas de gas desde la ruta de compresión P al interespacio o espacio libre 17, se proporcionan juntas 20 en las áreas 21 de engranaje, donde actúan conjuntamente los dientes de respectivos impulsores 12 contiguos.

El compresor comprende una línea 22 de compensación (indicada con una línea de rayas y puntos) para compensar el empuje axial de los impulsores en los cojinetes del rotor. Más en particular, el compresor comprende un tambor 23 de compensación (formado en el elemento terminal 15B) que delimita una zona 24 de compensación desde una zona en comunicación fluida con la salida del último impulsor 12B. La zona de compensación 24 está fluidamente conectada por medio de la línea de compensación 22 con la entrada del primer impulsor 12A, de manera que la presión en la zona de compensación 24 es sustancialmente igual que la presión de la entrada del primer impulsor 12A.

El tambor 23 de compensación está dispuesto en un alojamiento cilíndrico en la carcasa 13B. Entre el alojamiento y el tambor 23 de compensación se proporciona una junta laberíntica 23A, para permitir una fuga de flujo de gas calibrada desde la salida del último impulsor 12B hacia la zona 24 de compensación. La diferencia de presión entre una primera cara 23' del tambor 23 de compensación orientada hacia el último impulsor, y una segunda cara 23'' opuesta orientada hacia la zona 24 de compensación, genera un empuje axial en el tambor 23 de compensación. El empuje axial en el tambor 23 de compensación contrarresta el empuje axial ejercido por los impulsores. En esta realización la línea 22 de compensación está formada por un conducto externo a la carcasa del compresor.

- 5 El interespacio o espacio libre 17 forma un canal de flujo entre la varilla 14 de sujeción y los impulsores apilados 12. El canal de flujo (también referenciado mediante 17) está en comunicación fluida con una primera ubicación PA y una segunda ubicación PB a lo largo de la ruta de compresión de gas P. La primera ubicación PA está a menor presión que la segunda ubicación PB. La diferencia de presión entre la primera ubicación PA y la segunda ubicación PB genera un flujo de gas a lo largo del canal 17 de flujo, como se explica mejor a continuación.
- 10 De acuerdo con algunas realizaciones, la primera ubicación PA se proporciona en la entrada de la primera etapa del compresor donde está situado el primer impulsor 12A, y la segunda ubicación PB se proporciona en la salida de la última etapa del compresor, donde está situado el último impulsor 12B. Esto proporciona la máxima diferencia de presión entre la primera ubicación PA y la segunda ubicación PB.
- 15 La conexión fluida entre la primera ubicación PA y el canal 17 de flujo así como entre el canal 17 de flujo y la segunda ubicación PB es establecida por respectivos pasos.
- 20 En la realización de las Figuras 3 y 4, el área 21A de engranaje, donde la pestaña dentada 18A del primer impulsor 12A engrana con la pestaña dentada 19A del primer elemento terminal 15A, está al menos en parte desprovista de la junta 20, de manera que se establece al menos un primer paso 25 de gas, entre la primera ubicación PA y el canal 17 de flujo, a través de los dientes que actúan conjuntamente de las pestañas dentadas 18A, 19A.
- 25 La Figura 5 ilustra una realización modificada. Los mismos números de referencia indican los mismos o correspondientes componentes o elementos, que no se describirán nuevamente en detalle. El primer paso, referenciado nuevamente mediante 25, que conecta fluidamente la primera ubicación PA de la ruta de compresión P, se proporciona a través del cuerpo o eje del primer impulsor 12A. Se proporciona una junta 20A que sella el área 21A de engranaje.
- 30 En la Figura 6 otra realización modificada proporciona un primer paso 25 dispuesto a través del cuerpo del primer elemento terminal 15A. Se proporciona una junta 20A que sella el área 21<sup>a</sup> de engranaje. En otras realizaciones, el primer paso puede proporcionarse en otras posiciones y a través de otros cuerpos o componentes del rotor.
- 35 En la realización de las Figuras 3 y 4, el área 21B de engranaje, en donde la pestaña dentada 18B del último impulsor 12B engrana con la pestaña dentada 19B del segundo elemento terminal 15B, está al menos en parte desprovista de la junta 20, de manera que se establece al menos un segundo paso 26 de gas, entre la segunda ubicación PB y el canal 17 de flujo, a través de los dientes de las pestañas dentadas 18B y 19B.
- 40 En la Figura 7, una realización modificada proporciona un segundo paso 26 dispuesto a través del cuerpo o eje del último impulsor 12B. Se proporciona una junta 20B que sella el área 21B de engranaje.
- 45 En otras realizaciones, no mostradas, el segundo paso 26 puede proporcionarse a través del cuerpo del segundo elemento terminal 15B, de modo similar al caso del primer paso 25 de la Figura 6.
- 50 En otras realizaciones más, el segundo paso 26 puede proporcionarse en otras posiciones y a través de otros cuerpos o componentes del rotor.
- 55 En el arranque del compresor, el rotor 11 con varilla 14 de sujeción e impulsores 12 empieza a girar. El gas entra a través de la entrada del compresor 10A y fluye a lo largo de la ruta de compresión P a través de los impulsores 12A, 12, 12 .... 12B dispuestos secuencialmente y finalmente sale por la salida del compresor 10B. En la salida del último impulsor 12B, en la segunda ubicación PB, el gas ha alcanzado los valores máximos de presión y temperatura, mientras que en la entrada del primer impulsor 12A, es decir, en la primera ubicación PA, el gas tiene los valores mínimos de temperatura y presión. La diferencia de presión entre la primera y la última etapa genera un flujo de gas caliente F (indicado con una línea discontinua-de puntos dobles) desde la segunda ubicación PB, a través del segundo paso 26 en el canal 17 de flujo y, desde el canal 17 de flujo a la primera ubicación PA, por medio del primer paso 25.
- 60 El gas caliente que fluye a lo largo del canal 17 de flujo calienta la varilla 14 de sujeción (antes del arranque, la varilla de sujeción está normalmente a temperatura ambiente). Por lo tanto, en esta fase transitoria, los gradientes de temperatura entre la varilla 14 de sujeción y los impulsores 12A, 12, 12... 12B disminuyen.
- 65 Para aumentar el efecto de calentamiento, como se ha descrito anteriormente en este documento, el gas caliente se extrae desde la última etapa y se reintroduce en la ruta de compresión de gas en la primera etapa. En otras realizaciones las ubicaciones PA y PB pueden disponerse en diferentes posiciones a lo largo de la ruta de compresión.
- En la Figura 8, se ilustra otra realización. En este caso, la línea de compensación utilizada para compensar el empuje axial de los impulsores es proporcionada por el canal 17 de flujo y el tubo externo se retira. Una vía 26' conecta fluidamente la zona 24 de compensación del tambor 23 de compensación a la segunda ubicación PB de la ruta de compresión, dispuesta en la salida del último impulsor 12B. La vía 26' está formada, por ejemplo, por la junta laberíntica 23A, para permitir que se genere una fuga de flujo de gas calibrada desde la salida del último impulsor 12B hacia la zona 24 de compensación.

- 5 A través de un segundo paso 26" provisto en el segundo elemento terminal 15B, la zona 24 de compensación está fluidamente conectada con el canal 17 de flujo. Por lo tanto, un flujo de gas F fluye desde la segunda ubicación PB a la zona 24 de compensación, con una caída de presión, y desde la zona 24 de compensación, por medio del segundo paso 26" al canal 17 de flujo. En la práctica, el paso de comunicación fluida entre la segunda ubicación PB y el canal 17 de flujo está formado por la vía 26', la zona 24 de compensación y el segundo paso 26". Desde el canal 17 de flujo, el gas fluye hacia la primera ubicación PA en la primera etapa del compresor, a través del primer paso 25, por ejemplo, formado en el área 21A de engranaje, entre los dientes de la pestaña 18A del impulsor 12A y los dientes de la pestaña 19A del primer elemento terminal 15A (no se proporciona ninguna junta en el área 21A de engranaje).
- 10 El flujo de gas a lo largo de la varilla 14 de sujeción calienta la varilla 14 de sujeción, reduciendo los gradientes térmicos entre los impulsores y la varilla de sujeción durante el arranque. Al mismo tiempo, el flujo de gas actúa como un flujo de compensación, compensando el empuje de los impulsores en los cojinetes del rotor. Este resultado se consigue utilizando el interespacio o espacio libre 17 entre los impulsores 12A, 12, 12, .... 12B y la varilla 14 de sujeción como un canal de flujo que conecta la primera y la última etapa del compresor.
- 15 La presente divulgación también se refiere a un método para manejar un compresor multietapa, que comprende un rotor 11 del compresor con una pluralidad de impulsores 12 axialmente apilados que se mantienen juntos mediante una varilla 14 de sujeción, y un canal 17 de flujo que se extiende a lo largo de la varilla 14 de sujeción. El método comprende la etapa de calentar la varilla 14 de sujeción haciendo fluir un gas caliente F a lo largo del canal 17 de flujo a través de los impulsores 12 y a lo largo de dicha varilla 14 de sujeción, a lo largo de al menos dos etapas diferentes. Más específicamente, en algunas realizaciones el método comprende desviar una fracción de gas al menos parcialmente comprimido procesado por el compresor desde una ubicación de alta presión de la ruta de compresión de gas, a través del canal 17 de flujo hacia una ubicación de baja presión de la ruta de compresión.
- 20 En algunas realizaciones, el gas comprimido utilizado para calentar la varilla 14 de sujeción fluye desde la salida del último impulsor 12B, a la entrada del primer impulsor 12A.
- 25 Desde la última etapa el gas de calentamiento fluye en el canal 17 de flujo pasando entre el último impulsor 12B y el segundo elemento terminal 15B (Figuras 3 y 4), o pasando a través del eje o cuerpo del último impulsor 12B o del segundo elemento terminal 15B (Figuras 7 u 8).
- 30 Desde el canal 17 de flujo, el gas de calentamiento fluye en la primera etapa pasando entre el primer impulsor 12A y el primer elemento terminal 15A (Figuras 3 y 4), o pasando a través del eje o cuerpo del primer impulsor 12A o del primer elemento terminal 15A (Figura 5 o 6).
- 35 En caso de que las etapas en comunicación fluida con el canal de flujo sean diferentes a las etapas primera y última, el gas de calentamiento puede fluir pasando a través de dos impulsores contiguos 12 o a través del eje/cuerpo de impulsores.
- 40 El método también proporciona una compensación del empuje de los impulsores contra los cojinetes del rotor. Se hace pasar el gas desde la salida del último impulsor 12B a la zona 24 de compensación definida en el tambor de compensación en una posición opuesta a dicho impulsor de última etapa con respecto al tambor 23, y desde dicha zona 24 de compensación a la entrada del primer impulsor 12A, pasando sobre, y a lo largo de, la varilla 14 de sujeción, a través de dichos impulsores, de tal manera que la presión en dicha entrada sea sustancialmente igual que la presión de dicha zona de compensación del tambor de compensación.
- 45 Aunque las realizaciones desveladas de la materia objeto descritas en este documento se han mostrado en los dibujos y se han descrito en su totalidad anteriormente con particularidad y detalle en relación con diversas realizaciones ejemplares, para los expertos en la materia será evidente que son posibles numerosas modificaciones, cambios y omisiones sin apartarse del alcance de la invención definida en las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, el alcance correcto de las innovaciones desveladas solo debería determinarse con la interpretación más general de las reivindicaciones adjuntas para englobar todas esas modificaciones, cambios y omisiones. Es más, el orden o la secuencia de cualesquiera etapas del proceso o método puede modificarse o volver a secuenciarse de acuerdo con realizaciones alternativas.
- 50
- 55

**REIVINDICACIONES**

1. Un compresor multietapa que comprende:
  - 5 un rotor (11) que comprende una pluralidad de impulsores (12) axialmente apilados, una varilla (14) de sujeción que se extiende a través de dichos impulsores apilados y que mantiene dichos impulsores juntos,
  - 10 una ruta de compresión de gas que se extiende desde una entrada del compresor a una salida del compresor y a través de dicha pluralidad de impulsores,
  - 15 un canal (17) de flujo entre dicha varilla (14) de sujeción y dichos impulsores apilados, desarrollándose dicho canal de flujo a lo largo de al menos una parte de dicha varilla (14) de sujeción, en donde dicho canal de flujo está en comunicación fluida con una primera ubicación a lo largo de dicha ruta de compresión de gas y una segunda ubicación a lo largo de dicha ruta de compresión de gas, generando una diferencia de presión entre dicha primera ubicación y dicha segunda ubicación en dicha ruta de compresión un flujo de gas a lo largo de dicho canal (17) de flujo.
2. El compresor de gas de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha primera ubicación se proporciona en la entrada de una primera etapa del compresor, y dicha segunda ubicación se proporciona en la salida de una última etapa del compresor.
3. El compresor de gas de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos un primer paso que conecta fluidamente dicha primera ubicación con dicho canal (17) de flujo, y al menos un segundo paso que conecta fluidamente dicha segunda ubicación con dicho canal (17) de flujo.
4. El compresor de gas de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en donde cada impulsor (12) comprende dos superficies de contacto opuestas que actúan conjuntamente con respectivas superficies de dos impulsores contiguos, o con una superficie de un impulsor contiguo y una superficie de un elemento terminal en un extremo de la pluralidad de impulsores apilados.
5. El compresor de gas de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 4, en donde al menos uno de dichos pasos está definido entre las superficies de contacto de dos impulsores contiguos (12), o entre las superficies de contacto de dicho elemento terminal y de un impulsor contiguo.
6. El compresor de gas de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde dos impulsores contiguos, o un impulsor y un elemento terminal, contactan entre sí por medio de respectivas pestañas dentadas (19B) que engranan entre sí; miembros (20) de selladura que se disponen y configuran para reducir o evitar fugas de gas entre al menos algunas de dichas pestañas dentadas de engranaje.
7. El compresor de gas de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 6, en donde al menos uno de dichos dos pasos se proporciona entre dos pestañas dentadas que engranan entre sí.
8. El compresor de gas de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 3 a 7, en donde al menos uno de dichos dos pasos es un tubo proporcionado a través del eje de un impulsor o a través de un elemento terminal en un extremo de la pluralidad de impulsores apilados.
9. El compresor de gas de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, que comprende un tambor (23) de compensación que tiene una primera cara orientada hacia un impulsor más aguas abajo y una segunda cara opuesta orientada hacia una zona de compensación fluidamente conectada con una etapa del compresor más aguas arriba.
10. El rotor del compresor de gas de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende una vía que conecta fluidamente el impulsor más aguas abajo con dicha zona de compensación del tambor (23) de compensación; provocando dicha vía una caída de presión entre dicha salida del impulsor más aguas abajo y dicha zona de compensación.
11. El rotor del compresor de gas de acuerdo con la reivindicación 10, en donde al menos un paso que conecta fluidamente dicho canal de flujo y dicha zona de compensación se proporciona a través de dicho tambor (23) de compensación.
12. Un compresor multietapa que comprende: una pluralidad de impulsores apilados (12); una varilla (14) de sujeción que mantiene dicho impulsor apilado junto; una ruta de compresión de gas que se extiende desde un lado de succión a un lado de suministro del compresor multietapa y a través de dichos impulsores apilados; una ruta de flujo de retorno, a lo largo de la cual una fracción de un gas procesado comprimido que fluye a lo largo de dicha ruta de compresión de gas fluye de vuelta desde una ubicación

aguas abajo a una ubicación aguas arriba de la ruta de compresión de gas, extendiéndose dicha ruta de flujo de retorno a lo largo de la varilla (14) de sujeción, de manera que el calor generado por compresión en el gas procesado comprimido se transfiere a la varilla de sujeción mediante convección forzada.

- 5 13. Un método para manejar un compresor multietapa, que comprende un rotor del compresor con una pluralidad de impulsores (12) axialmente apilados que se mantienen juntos mediante una varilla (14) de sujeción, y un canal (17) de flujo que se extiende a lo largo de al menos una parte de dicha varilla (14) de sujeción; comprendiendo dicho método la etapa de calentar dicha varilla (14) de sujeción haciendo fluir un gas caliente a lo largo de dicho canal (17) de flujo y a lo largo de dicha varilla (14) de sujeción.
- 10 14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende desviar una parte de un flujo de gas procesado por dicho compresor desde una ubicación de alta presión a lo largo de una ruta de compresión que se extiende a través de dicho compresor, y hacer fluir dicha parte de dicho flujo de gas a lo largo de dicho canal (17) de flujo hacia una ubicación de baja presión a lo largo de dicha ruta de compresión.
- 15 15. El método de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, en donde el gas caliente fluye desde una etapa del compresor más aguas abajo a una etapa del compresor más aguas arriba.



Fig. 2

ESTADO DE LA TÉCNICA

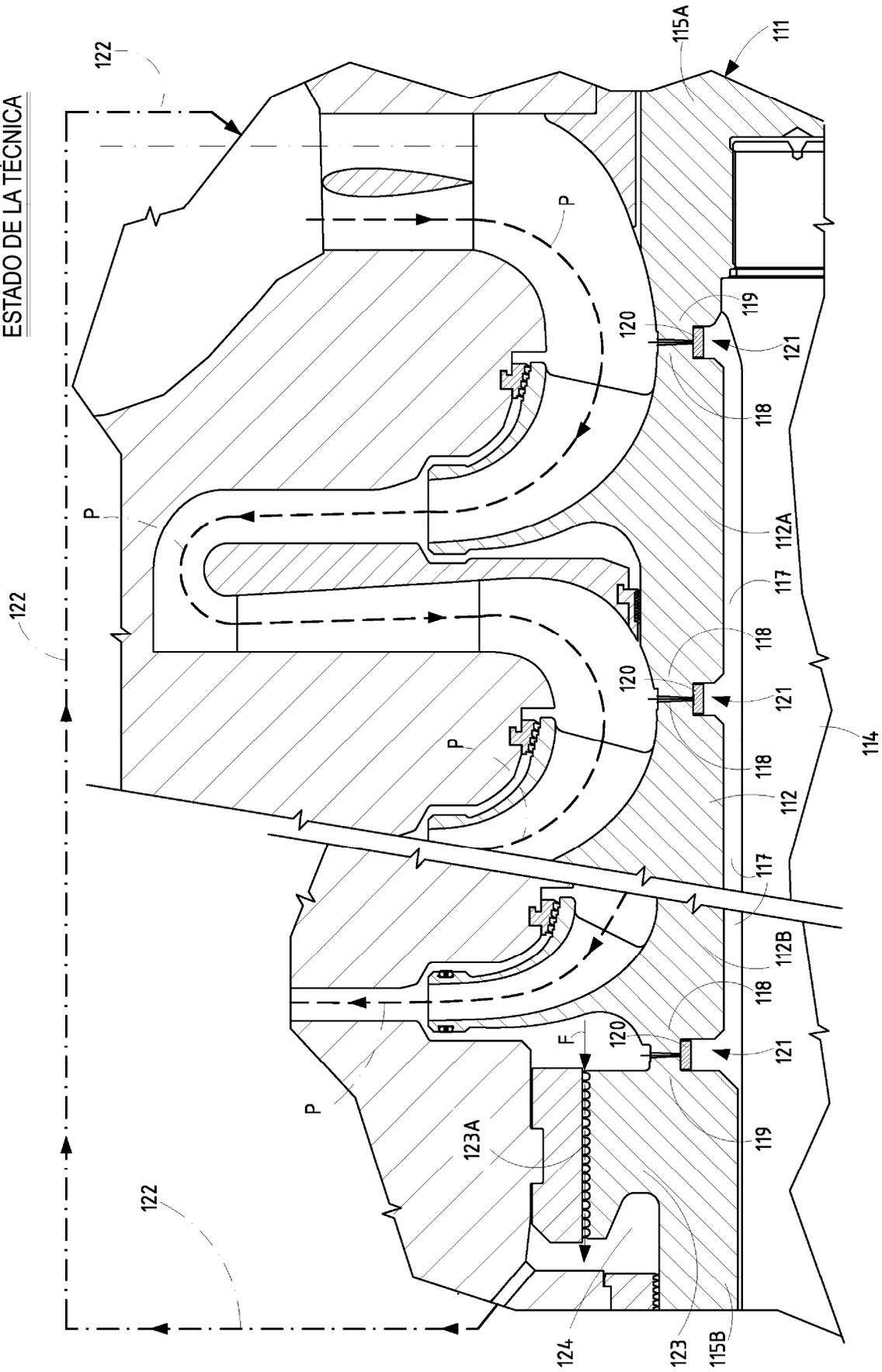
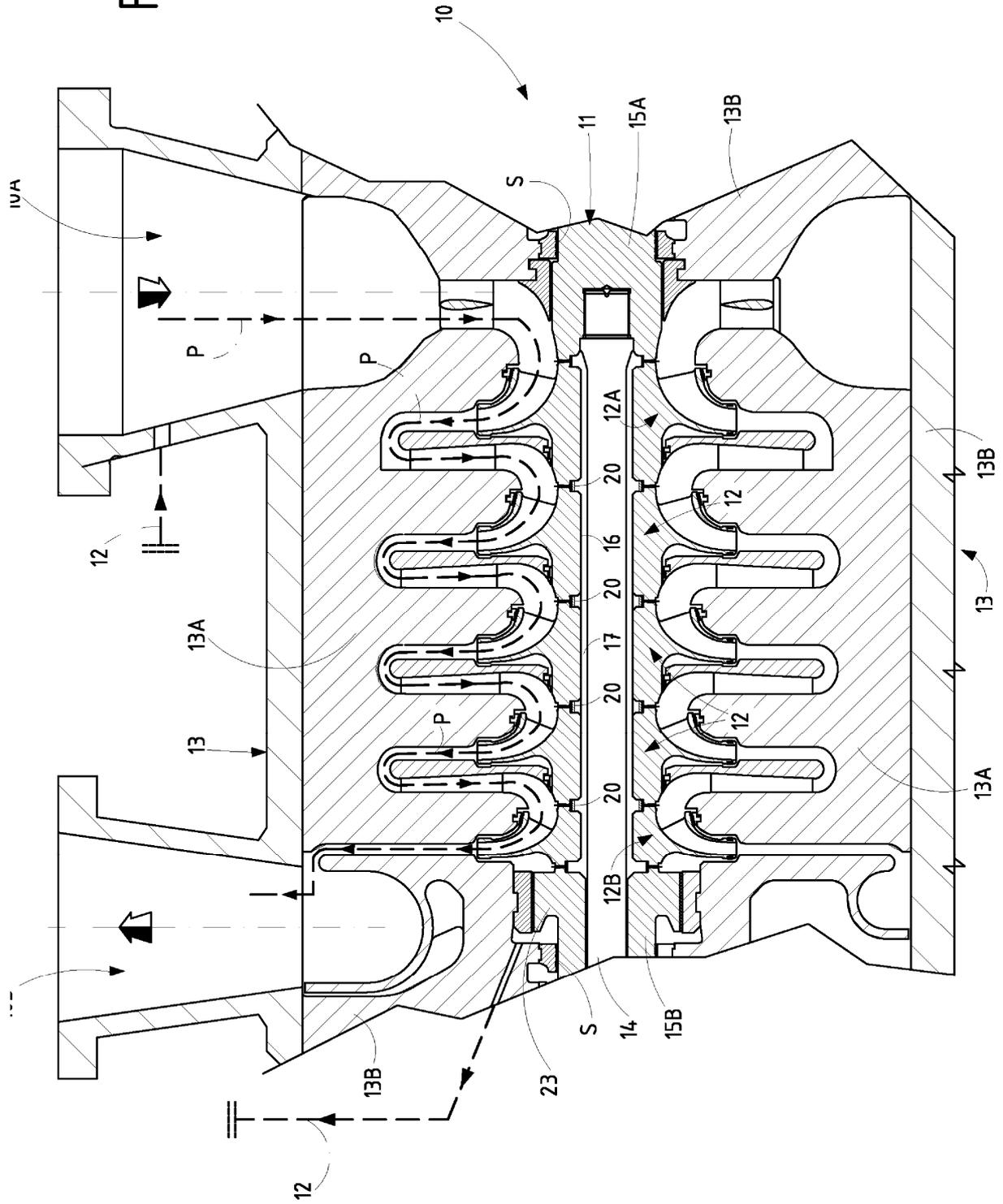


Fig. 3





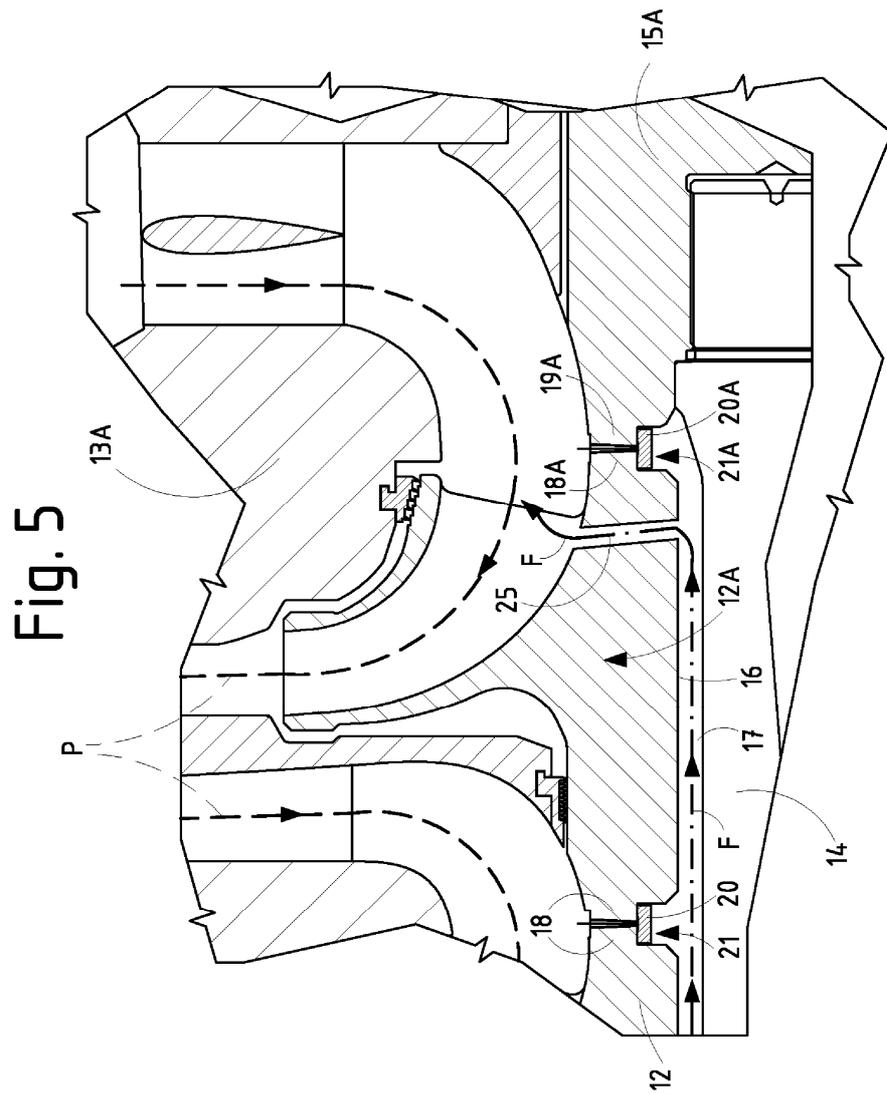
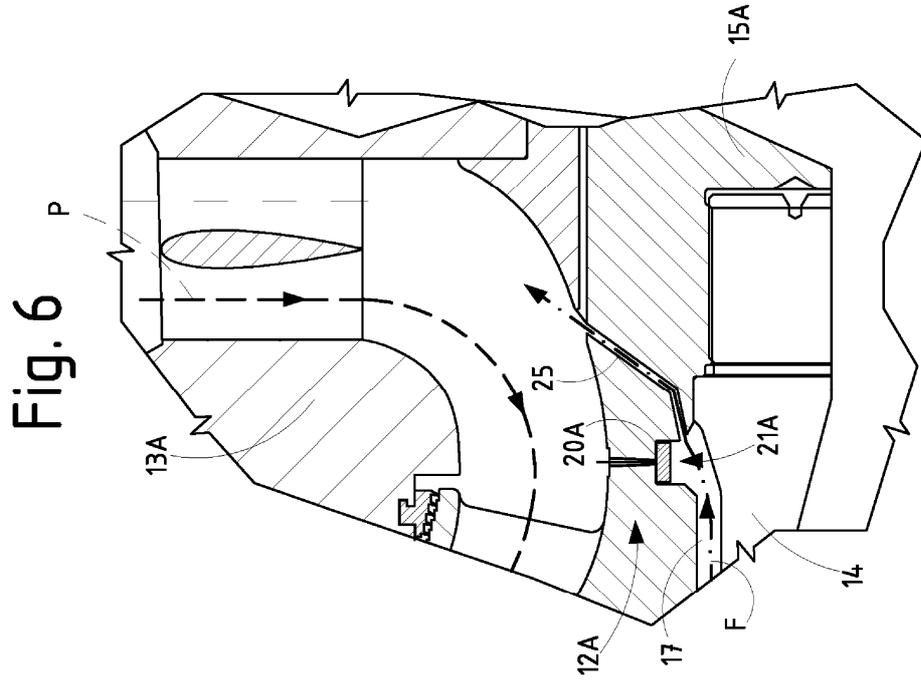
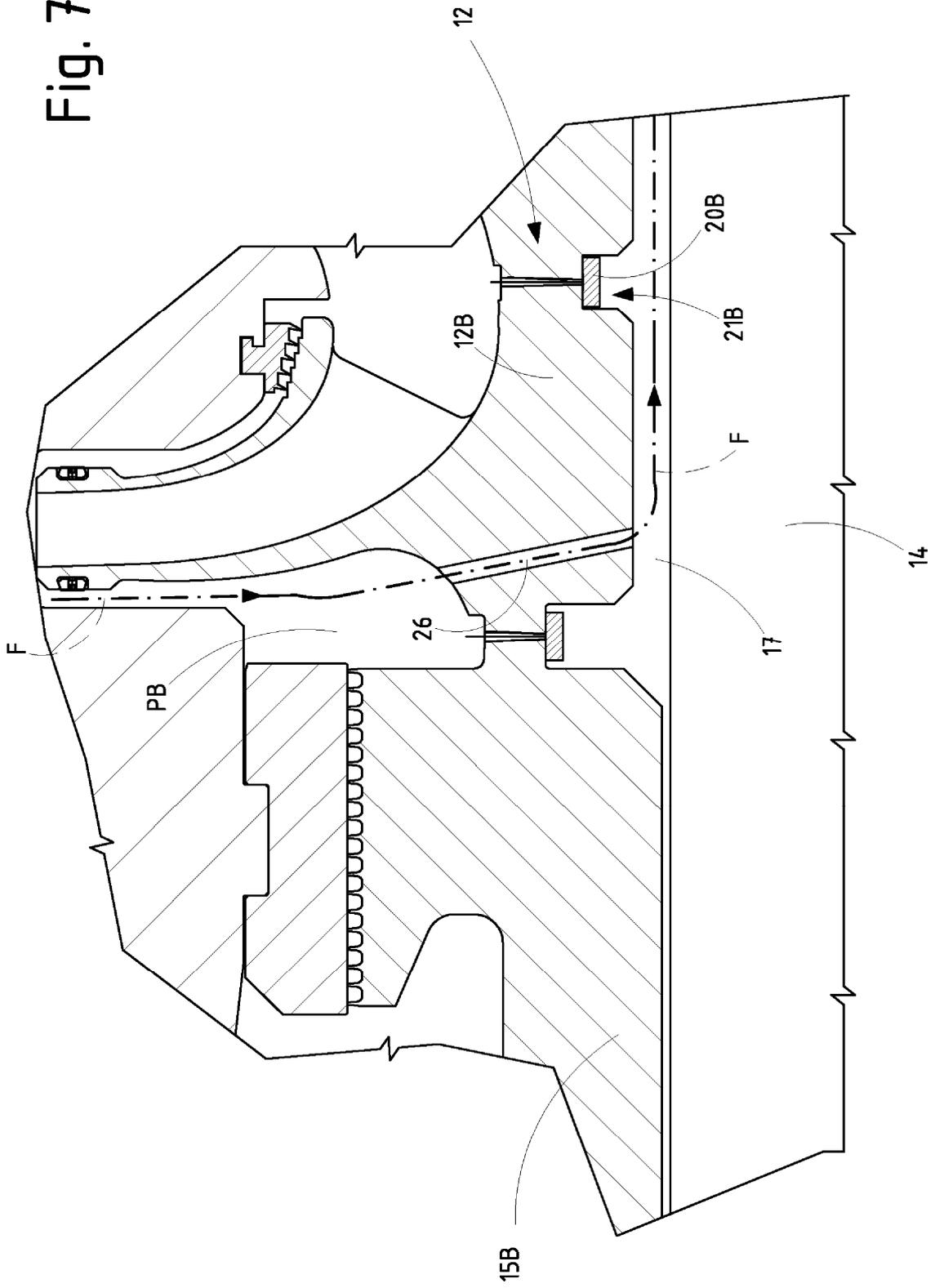


Fig. 7



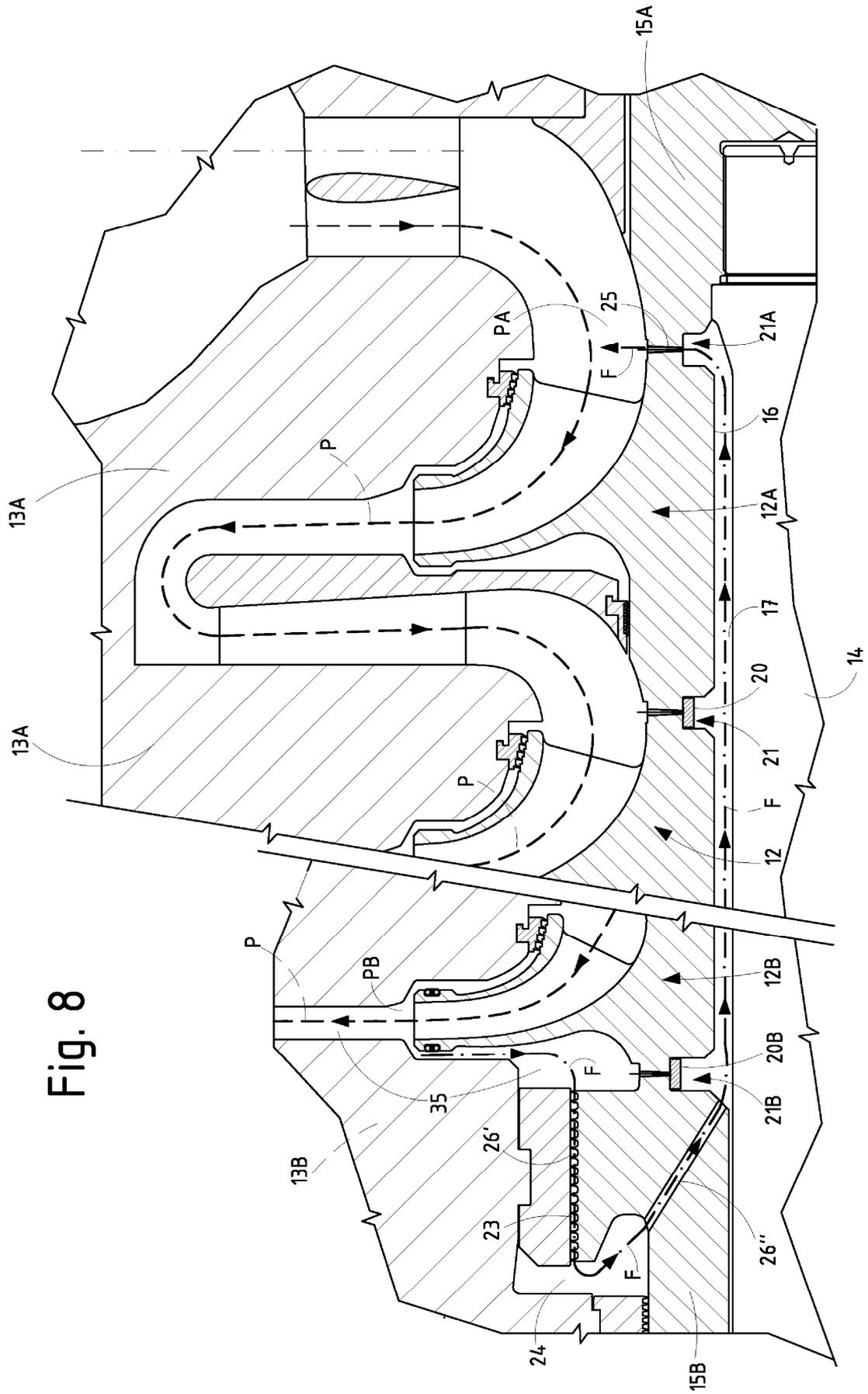


Fig. 8