



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 754**

51 Int. Cl.:

F04D 29/16 (2006.01)

F04D 29/28 (2006.01)

F16J 15/447 (2006.01)

F01D 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06803832 .2**

96 Fecha de presentación : **19.09.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1957800**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.08.2008**

54 Título: **Impulsor para un compresor centrífugo.**

30 Prioridad: **19.09.2005 US 718438 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.04.2011

73 Titular/es: **INGERSOLL RAND COMPANY**
155 Chestnut Ridge Road
Montvale, New Jersey 07645, US

72 Inventor/es: **Muller, Michael O.;**
Robb, Jay L.;
Mariani, Filippo y
Houston, Russell A.

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 357 754 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

La invención se refiere a un impulsor para un compresor centrífugo. Más específicamente, la invención se refiere a un impulsor para un compresor centrífugo que incluye una superficie de estanqueidad sobre una parte trasera.

5 La compresión de un gas en compresores centrífugos, también conocidos como compresores dinámicos, se basa en la transferencia de energía desde un conjunto de paletas impulsoras rotatorias al gas. Un compresor convencional de gas centrífugo incluye una cubierta estática y un impulsor dentro de la cubierta, que es rotatorio alrededor de un eje. El gas, tal como el aire, se dirige en una dirección generalmente axial hacia los bordes principales de las paletas impulsoras, y sale por los bordes traseros de las paletas en una dirección generalmente radial, habitualmente hacia un difusor y, luego, una voluta. Las paletas rotatorias imparten energía cambiando el momento o la velocidad, y la presión del gas. El momento del gas, que está relacionado con la energía cinética, se convierte luego en energía de presión, disminuyendo la velocidad del gas en el difusor estático y los sistemas colectores flujo abajo (p. ej., la voluta). La presión del gas en los bordes traseros de las paletas aumenta en comparación con el gas en los bordes principales de las paletas. Debido a que los compresores centrífugos incluyen componentes tanto estáticos como rotatorios, se requieren sellos para contener el gas comprimido descargado desde el impulsor.

10 15 Debido a una rigidez asimétrica del impulsor, las fuerzas corporales relacionadas con la masa, inducidas por la rotación (p. ej., las fuerzas centrífugas), imparten al impulsor un desplazamiento característico dirigido hacia el lado de la paleta del impulsor.

20 La propulsión axial neta que actúa sobre un eje que incluye uno o más impulsores puede ser absorbida por un cojinete de propulsión con una capacidad de transporte de carga que generalmente depende del tipo, diseño, prestaciones y coste del cojinete. Durante el funcionamiento del impulsor, pueden surgir distintas condiciones aerodinámicamente inducidas, de modo que la dirección de la propulsión neta pueda invertirse, requiriendo por ello un cojinete de propulsión adicional para mantener el ensamblaje del rotor en la posición axial adecuada con respecto a las estructuras estáticas circundantes del compresor.

25 El documento EP-A-0518027 describe un compresor centrífugo que comprende todas las características del preámbulo de la reivindicación 1, en el cual una cara trasera del impulsor tiene una pluralidad de escalones para la interacción con un miembro de estanqueidad estático.

30 Según la presente invención, se proporciona un impulsor para un compresor de gas centrífugo, que incluye un miembro de estanqueidad estático que incluye una pluralidad de puntas de estanqueidad, siendo el impulsor operable para producir un flujo de fluido, comprendiendo el impulsor: un cubo que incluye una cara frontal, una cara trasera y un eje de rotación; una pluralidad de paletas que se extienden desde la cara frontal, teniendo cada una de las paletas una parte inductora y una parte exductora, y cooperando con una paleta adyacente y la cara frontal para definir, al menos parcialmente, uno entre una pluralidad de canales impulsores, pasando una parte del flujo de fluido a través de uno de los canales impulsores, de modo que el flujo de fluido defina una primera presión adyacente a la parte inductora y una segunda presión, que es mayor que la primera presión, adyacente a la parte exductora; y caracterizado porque se proporciona una extensión envoladizo axialmente desde la cara trasera, incluyendo la extensión una cara radialmente externa, que incluye una parte de estanqueidad con una pluralidad de superficies escalonadas, en donde una primera superficie entre las superficies escalonadas, la más cercana a la cara trasera, tiene un primer diámetro, y cada escalón subsiguiente en una dirección contraria a la cara trasera tiene un diámetro más pequeño que la primera de las superficies escalonadas y que una superficie escalonada adyacente en el lado más cercano a la cara trasera, con cada una de las puntas de estanqueidad dispuesta como adyacente a una de las superficies escalonadas para definir una pluralidad de puntos de estanqueidad.

35 40 Cada uno de los primeros miembros de estanqueidad puede disponerse como adyacente a uno de los segundos miembros de estanqueidad, para definir una pluralidad de puntos de estanqueidad. Cada uno de los puntos de estanqueidad puede situarse en un diámetro de punto de estanqueidad. El diámetro promedio de punto de estanqueidad puede ser mayor que, o igual a, alrededor del 50 por ciento del diámetro externo.

45 50 El compresor puede incluir un motor y un impulsor con un cubo que está acoplado con el motor. El impulsor puede ser rotatorio en respuesta a la rotación del motor. El impulsor es operable para introducir un flujo de fluido en el inductor, en una dirección esencialmente axial, y descargar el flujo de fluido desde el exductor en una dirección esencialmente radial. Un miembro de estanqueidad rotatorio se extiende desde el impulsor y está separado por una distancia no nula del cubo. Un miembro de estanqueidad estático está situado adyacente al miembro de estanqueidad rotatorio y coopera con el miembro de estanqueidad rotatorio para definir una pluralidad de puntos de estanqueidad.

Otras características y ventajas de la invención devendrán evidentes para los expertos en la técnica al revisar la siguiente descripción detallada, las reivindicaciones y los dibujos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 es una vista de sección transversal de un sistema de compresión de fluido que realiza la invención y que

está tomada a través de un eje de rotación;

la Fig. 2 es una vista de sección transversal aumentada de un impulsor del sistema de compresión de fluidos de la Fig. 1;

la Fig. 3 es una vista seccional de una parte del impulsor de la Fig. 2;

5 la Fig. 4 es otra vista seccional de una parte del impulsor de la Fig. 2;

la Fig. 5 es una sección transversal de un anillo de estanqueidad estático de la Fig. 1, tomada a través de un eje de rotación;

la Fig. 6 es una vista de sección transversal de dos dientes del anillo de estanqueidad estático de la Fig. 5;

10 la Fig. 7 es una vista de sección transversal de otro anillo de estanqueidad estático que realiza la invención y que incluye un trayecto de flujo a través del mismo;

la Fig. 8 es una vista seccional de una parte del compresor centrífugo de la Fig. 2;

la Fig. 9 es una vista seccional de otra parte del compresor centrífugo de la Fig. 2;

la Fig. 10 es una ilustración esquemática de una distribución de presión para un impulsor de la técnica anterior; y

la Fig. 11 es una ilustración esquemática de una distribución de presión para el impulsor de la Fig. 2.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Antes de que cualquier realización de la invención se explique en detalle, ha de entenderse que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de realización y a la disposición de los componentes expuestos en la siguiente descripción, o ilustrados en los siguientes dibujos. La invención es capaz de otras realizaciones y de ponerse en práctica, o de llevarse a cabo, de diversas maneras. Además, ha de entenderse que la fraseología y la terminología usadas en el presente documento son con fines de descripción y no deberían considerarse limitadoras. El uso de "incluye", "comprende" y "tiene", y las variaciones de las mismas en el presente documento, pretende abarcar los elementos enumerados a continuación y los equivalentes de los mismos, así como elementos adicionales. El orden de las limitaciones especificadas en reivindicaciones de procedimiento cualesquiera no implica que las etapas o actos expuestos en el presente documento deban realizarse en ese orden, a menos que se exponga explícitamente un orden en la especificación.

20 La Fig. 1 ilustra un sistema 10 de compresión de fluidos que incluye una máquina motriz, tal como un motor 15 acoplado con un compresor 20 y operable para producir un fluido comprimido. En la realización ilustrada, se emplea un motor eléctrico 15 como el agente principal. Sin embargo, otras realizaciones pueden emplear otros agentes principales, tales como, pero sin limitarse a, motores de combustión interna, motores diesel, turbinas de combustión, etc.

30 El motor eléctrico 15 incluye un rotor 25 y un estátor 30 que define un taladro 35 de estátor. El rotor 25 recibe soporte para la rotación sobre un eje 40 y se sitúa esencialmente dentro del taladro 35 del estátor. El rotor 25 ilustrado incluye imanes 45 permanentes que interactúan con un campo magnético producido por el estátor 30 para producir la rotación del rotor 25 y el eje 40. El campo magnético del estátor 30 puede variarse para variar la velocidad de rotación del eje 40. Por supuesto, otras realizaciones pueden emplear otros tipos de motores eléctricos (p. ej.: síncronos, de inducción, motores de corriente continua con escobillas, etc.) si se desea.

35 El motor 15 está situado dentro de una cubierta 50 que proporciona tanto soporte como protección para el motor 15. Un cojinete 55 está situado en cada extremo de la cubierta 50 y está directa o indirectamente soportado por la cubierta 50. Los cojinetes 55, a su vez, dan soporte al eje 40 para la rotación. En la realización ilustrada, los cojinetes magnéticos 55 se emplean con otros cojinetes (p. ej., de rodillos, de bolas, de aguja, etc.) también adecuados para su uso. En la realización ilustrada en la Fig. 1, los cojinetes secundarios 60 se emplean para proporcionar soporte del eje en el caso de que uno de los cojinetes magnéticos 55, o ambos, fallen.

40 En algunas construcciones, una funda externa 65 rodea una parte de la cubierta 50 y define trayectos 70 de refrigeración entre la misma. Un refrigerante líquido (p. ej., glicol, refrigerante, etc.) o gas (p. ej., aire, dióxido de carbono, etc.) fluye a través de los trayectos 70 de refrigeración para refrigerar el motor 15 durante el funcionamiento.

45 Un armario eléctrico 75 puede situarse en un extremo de la cubierta 50 para contener diversos elementos, tales como un controlador de motor, interruptores, conmutadores, y similares. El eje 40 del motor se extiende más allá del extremo opuesto de la cubierta 50 para permitir que el eje se acople con el compresor 20.

El compresor 20 incluye una cubierta 80 de entrada o anillo de entrada, un impulsor 85, un difusor 90 y una voluta 95. La voluta 95 incluye una primera parte 100 y una segunda parte 105. La primera parte 100 se adosa a la cubierta 50 para

acoplar la parte estática del compresor 20 con la parte estática del motor 15. La segunda parte 105 se adosa a la primera parte 100 para definir un canal 110 de entrada y un canal colector 115. La segunda parte 105 también define una parte 120 de descarga que incluye un canal 125 de descarga que está en comunicación fluida con el canal colector 115 para descargar el fluido comprimido desde el compresor 20.

5 En la realización ilustrada, la primera parte 100 de la voluta 95 incluye una pata 130 que brinda soporte para el compresor 20 y el motor 15. En otras realizaciones, se usan otros componentes para dar soporte al compresor 20 y al motor 15 en la posición horizontal. En otras realizaciones adicionales, se emplean una o más patas, u otros medios, para dar soporte al motor 15 y al compresor 20 en una orientación vertical o cualquier otra orientación deseada.

10 El difusor 90 está situado radialmente hacia dentro del canal colector 115, de modo que el fluido que fluye desde el impulsor 85 debe pasar a través del difusor 90 antes de entrar en la voluta 95. El difusor 90 incluye superficies aerodinámicas 135 (p. ej., paletas, aspas, aletas, etc.), mostradas en la Fig. 2, dispuestas para reducir la velocidad de flujo y aumentar la presión del fluido según atraviesa el difusor 90.

15 El impulsor 85 está acoplado con el eje rotor 40, de modo que el impulsor 85 rote con el eje rotor 25. En la realización ilustrada, una varilla 140 se engancha por rosca con el eje 40 y una tuerca 145 se engancha por rosca con la varilla 140 para adosar de forma fija el impulsor 85 al eje 40. El impulsor 85 se extiende más allá del cojinete 55 que da soporte al eje 40 del motor y, como tal, recibe soporte en forma de voladizo. Otras realizaciones pueden emplear otros esquemas de aneación para adosar el impulsor 85 al eje 40 y otros esquemas de soporte para dar soporte al impulsor 85. Como tal, la invención no debería limitarse a la realización ilustrada en la Fig. 1. Además, si bien la realización ilustrada incluye un motor 15 que está directamente acoplado con el impulsor 85, otras realizaciones pueden emplear un aumentador de velocidad, tal como una caja de cambios, para permitir que el motor 15 funcione a una velocidad inferior a la del impulsor 85.

20 El impulsor 85 incluye una pluralidad de superficies u paletas aerodinámicas 150 que están dispuestas para definir una parte inductora 155 y una parte exdutora 160. La parte inductora 155 está situada en un primer extremo del impulsor 85 y es operable para llevar fluido hacia el impulsor 85 en una dirección esencialmente axial. Las paletas 150 aceleran el fluido y lo dirigen hacia la parte exdutora 160, situada cerca del extremo opuesto del impulsor 85. El fluido se descarga desde la parte exdutora 160 en direcciones al menos parcialmente radiales, que se extienden 360 grados alrededor del impulsor 85.

25 El impulsor 85 coopera con un anillo estanqueidad estático 270 para definir un sello. El sello está situado para reducir la fuerza axial aplicada a la cara trasera del impulsor 85, reduciendo por ello la propulsión axial global hacia las paletas 150. La propulsión se reduce hasta un nivel que permite el uso de un cojinete propulsor magnético activo 163, en lugar de un cojinete propulsor más convencional. El cojinete propulsor magnético 163 incluye un disco propulsor 164 con un diámetro reducido, en comparación con el que sería necesario en ausencia del sistema estanqueidad precitado.

30 La cubierta 80 de entrada, denominada a veces el anillo de entrada, está conectada con la voluta 95 e incluye un pasaje 165 de flujo que lleva al impulsor 85. El fluido a comprimir es llevado por el impulsor 85 hacia abajo por el pasaje 165 de flujo y hacia la parte inductora 155 del impulsor 85. El pasaje 165 de flujo incluye una parte 170 de interfaz de impulsor que está situada cerca de las paletas 150 del impulsor 85 para reducir el goteo de fluido sobre el extremo superior de las paletas 150. Así, el impulsor 85 y la cubierta 80 de entrada cooperan para definir una pluralidad de pasajes 175 de flujo esencialmente cerrados.

35 En la realización ilustrada, la cubierta 80 de entrada también incluye un reborde 180 que facilita la aneación de un tubo u otro componente de conducción o retención de flujo. Por ejemplo, un montaje de filtros podría conectarse con el reborde 180 y emplearse para filtrar el fluido a comprimir antes de que se dirija al impulsor 85. Un tubo llevaría desde el montaje de filtro al reborde 180 para sellar esencialmente el sistema después del filtro, e inhibir la entrada de fluidos o contaminantes indeseables.

40 Pasando a la Fig. 2, el impulsor 85 se ilustra en mayor detalle. El impulsor 85 incluye un cubo 181, o cuerpo con un lado frontal 182, desde el cual se extienden las paletas, y un lado trasero 184, opuesto al lado frontal 182. La parte inductora 155 es esencialmente anular y lleva fluido a lo largo de un trayecto 185 de entrada hacia el impulsor 85. El fluido entra en una dirección esencialmente axial y fluye a través de los pasajes 175 definidos entre las paletas adyacentes 150, hacia la parte exdutora 160. La salida de la parte exdutora 160 define un diámetro exterior 190 del impulsor 85.

45 La Fig. 3 ilustra el lado trasero 184 del impulsor 85, que incluye un anillo equilibrador 195, una extensión 200 y una parte 205 de alineación. La parte 205 de alineación está dimensionada para que quepa, al menos parcialmente, dentro de una perforación 210 formada como parte del eje 40. Esto brinda soporte para que el impulsor 85 inhiba la desalineación entre el eje 40 y el impulsor 85, que puede producir vibraciones indeseables. En algunas realizaciones, la perforación 210 del eje y la parte 205 de alineación incluye características de alineación (p. ej., ranuras) que ayudan a proporcionar la alineación deseada.

50 El anillo equilibrador 195 proporciona material adicional sobre el lado trasero 184 del impulsor 85 para su uso durante el equilibrio. El material puede retirarse del anillo equilibrador 195 en posiciones radiales y angulares seleccionadas,

para equilibrar estática y dinámicamente el impulsor 85, según lo requerido para la aplicación específica. Por supuesto, otras realizaciones colocan el anillo equilibrador 195 de manera distinta, o bien omiten completamente el anillo equilibrador 195.

La extensión 200 se extiende desde el lado trasero 184 en una dirección generalmente axial, opuesta a las paletas 150. La extensión 200 incluye una primera porción de estanqueidad 215 que incluye una pluralidad de superficies de estanqueidades 220, y una superficie interna 225 que, en algunas realizaciones, puede incluir otra pluralidad de superficies de estanqueidades. La primera parte de estanqueidad 215 define un diámetro radial medio 230 que, en las realizaciones preferidas, es mayor que alrededor del 50 por ciento del diámetro 190 más externo del impulsor 85. La posición de la extensión 200 divide el lado trasero 184 del impulsor 85 en una primera área anular 235, dispuesta radialmente fuera de la extensión 200, y extendiéndose hacia el diámetro 190 más externo del impulsor 85, y una segunda área anular 240 dispuesta radialmente dentro de la extensión 200, y extendiéndose radialmente hacia dentro de la parte 205 de alineación.

La Fig. 4 ilustra la extensión 200 en mayor detalle. Una funda 245 alrededor de la extensión 200 en voladizo, en una sección transversal que incluye el eje, es generalmente trapezoidal. En tres dimensiones, la funda externa de la extensión 200 incluye dos superficies cónicas truncadas, aunque también son posibles otras formas para la extensión 200. La pluralidad de superficies de estanqueidades 220 de la primera parte de estanqueidad 215 están definidas por una pluralidad de escalones 250. Cada escalón 250 incluye una primera parte 255, que en general se extiende axialmente, y una segunda parte 260, que en general se extiende radialmente, formando la primera parte 255 un ángulo esencialmente recto con la segunda parte 260. Como se muestra en la Fig. 4, la primera superficie 255 de extensión axial más cercana al lado trasero 184 tiene el diámetro más grande, con cada superficie axial 255 subsiguiente reduciéndose en diámetro según se alejan del lado trasero 184. En otras palabras, una secuencia definida por las correspondientes dimensiones radiales de las superficies axiales 255, tomadas en orden axial, a partir de la superficie 255 más cercana a las paletas 150, decrece de forma esencialmente uniforme. Las superficies 260 generalmente radiales interconectan las superficies 255 axiales adyacentes para completar la pluralidad de superficies de estanqueidades 220. En realizaciones preferidas, las superficies axiales 255 son esencialmente iguales en longitud axial y el cambio radial entre dos superficies 255 axiales adyacentes cualesquiera es aproximadamente igual. En otras palabras, las superficies radiales 260 son todas esencialmente iguales en longitud. En otras realizaciones, se emplean otros patrones de escalones. Por ejemplo, una realización emplea partes altas y partes bajas alternadas. Por ello, la invención no debería limitarse al patrón ilustrado de superficies de estanqueidades 220 solamente.

En realizaciones preferidas, la extensión 200, el anillo equilibrador 195, la parte 205 de alineación y las paletas 150 se forman integralmente a partir de una única pieza homogénea de material. Por supuesto, otras realizaciones pueden adosar o formar de otra manera los diversos componentes.

Volviendo a la Fig. 2, la realización ilustrada incluye una cubierta 265 de soporte de cojinetes que se adosa a la cubierta 50 del motor. La cubierta 265 de soporte de cojinetes da soporte, al menos parcialmente, a los cojinetes 55, 60 y también puede dar soporte a otros componentes estáticos del sistema 10 de compresión de fluido. Un anillo estanqueidad estático 270, que se adosa a la cubierta 265 de soporte de cojinetes, incluye una segunda parte de estanqueidad 275 que está situada adyacente a la primera parte de estanqueidad 215 para definir un sello 280. Como se expondrá en mayor detalle con respecto a la Fig. 11, el sello 280 es, preferiblemente, un sello de tipo laberinto.

La Fig. 5 ilustra el anillo estanqueidad estático 270 en mayor detalle que el mostrado en la Fig. 2. El anillo estanqueidad estático 270 incluye la segunda parte de estanqueidad 275, un reborde 285, una pluralidad de agujeros 290 de perno y una superficie 295 de alineación. El reborde 285 está dispuesto para lindar contra una superficie 298 plana esencialmente radial, a fin de situar el anillo estanqueidad estático 270 en la posición axial deseada. En realizaciones preferidas, una cuña 300 (mostrada en la Fig. 2) con un grosor seleccionable o ajustable se sitúa entre el reborde 285 y la superficie plana radial 298 para fijar la posición axial del anillo estanqueidad estático 270. Los pernos 305 (mostrados en la Fig. 2) atraviesan los agujeros 290 de perno y sujetan el anillo estanqueidad estático 270 a la cubierta 265 de soporte de cojinetes o a otro componente estático.

La superficie 295 de alineación cabe dentro de una perforación 310 formada como parte de la cubierta 265 de soporte de cojinetes y dimensionada para recibir la superficie 295 de alineación. En realizaciones preferidas, se emplea un leve ajuste de interferencia o presión para garantizar que el anillo estanqueidad estático 270 esté situado coaxialmente con la cubierta 265 de soporte de cojinetes. Para admitir el ajuste de presión, la superficie 295 de alineación puede incluir características 315 de aplastamiento tales como abolladuras, surcos u otras características que permitan una deformación más fácil durante el ensamblaje. Una vez que la cubierta 265 de soporte de cojinetes y el anillo estanqueidad estático 270 están acoplados entre sí, muy poco movimiento relativo es posible. Pueden emplearse pernos curvos para desensamblar. En realizaciones que emplean pernos curvos, aberturas roscadas adicionales atraviesan el reborde 285 para permitir que los pernos separen el anillo estanqueidad estático 270 y la cubierta 265 de soporte de cojinetes. En otras realizaciones, la cubierta 265 de soporte de cojinetes y el anillo estanqueidad estático 270 se forman como un componente único, o más de dos componentes, si se desea.

Como se ilustra en la Fig. 5, la segunda parte de estanqueidad 275 incluye una pluralidad de dientes 320 que se extienden, al menos parcialmente, hacia dentro radialmente. La Fig. 6 ilustra dos de los dientes 320 y una cavidad 323 entre los mismos en mayor detalle. Cada diente 320 es esencialmente trapezoidal en sección transversal, con grandes radios

5 fileteados entre dientes adyacentes 320 y entre los dientes 320, y el resto del anillo estanqueidad estático 270. Cada diente 320 incluye así un lado 325 flujo arriba y un lado 330 flujo abajo, que se extienden, al menos parcialmente, hacia dentro radialmente y terminan en una superficie 335 en punta. En la realización ilustrada, el lado 325 flujo arriba y el lado 330 flujo abajo no son paralelos. Específicamente, cada diente 320 se extiende generalmente en una dirección que tiene tanto un componente radial como un componente axial, de modo tal que cada diente define un ángulo oblicuo 331 con respecto a un eje 332. El lado 330 flujo abajo de cada diente 320 está orientado en aproximadamente 45 grados con respecto a la dirección axial y el lado 325 flujo arriba de cada diente 320 está orientado en aproximadamente 30 grados con respecto a la dirección radial. Sin embargo, otras realizaciones pueden emplear lados 325 paralelos flujo arriba y lados 330 flujo abajo, o ángulos, distintos a los ilustrados en el presente documento.

10 La superficie 335 en punta se extiende en una dirección esencialmente axial y define un radio 340 de punta. En la realización ilustrada, el radio 340 de punta del diente 320 adyacente al impulsor 85 es el mayor, teniendo cada diente adyacente 320 un radio 340 de punta que es levemente menor según los dientes 320 se alejan del impulsor 85. En otras palabras, una secuencia definida por las correspondientes dimensiones radiales 340 de las superficies 335 de punta en orden axial, a partir del diente 320 más cercano axialmente a las paletas 150, es axialmente decreciente. En una realización preferida, el cambio en el radio 340 de cada superficie 335 de punta es aproximadamente igual al cambio en el radio de la pluralidad de superficies 255 escalonadas axiales. En otras realizaciones, los dientes 320 tienen puntas agudas o de borde de cuchillo, en lugar de la superficie axial 335 ilustrada en el presente documento. En otras realizaciones más, se emplean puntas redondeadas.

20 La Fig. 7 ilustra otra realización de un anillo estanqueidad estático 345 que es similar al anillo estanqueidad estático 270 de la Fig. 5, pero que incluye adicionalmente un pasaje 350 de flujo. El pasaje 350 de flujo divide el anillo estanqueidad estático 345 en una parte 355 de alta presión y una parte 360 de baja presión, y es específicamente adecuado para su uso en aplicaciones donde es deseable aislar el fluido que se está comprimiendo. Puede introducirse en el pasaje 350 de flujo un gas a una presión mayor que la presión esperada del fluido comprimido en el punto de entrada del pasaje 350 de flujo. El gas de alta presión inhibirá el flujo del fluido comprimido más allá del pasaje 350 de flujo. En cambio, el gas introducido fluirá a través de la parte 360 de baja presión del anillo estanqueidad 345. Alternativamente, puede aplicarse una presión baja en el pasaje 350 de flujo, de modo tal que el fluido que se está comprimiendo atraviese la parte 355 de alta presión y el aire se introduzca a través de la parte 360 de baja presión. El aire y el fluido que se está comprimiendo se mezclan en el pasaje 350 de flujo y se extraen del sistema 10.

30 La Fig. 8 ilustra el sello 280 de laberinto completado en mayor detalle. En la realización ilustrada, cada superficie 335 de punta se alinea con una de las superficies axiales 255, para definir un punto 365 de sello radial con una brecha estrecha 370 entre la superficie 335 de punta y la superficie axial 255. Además, algunas realizaciones pueden situar los dientes 320 adyacentes a la superficie 260 que se extiende radialmente, para definir un punto 375 de sello axial. En otras realizaciones, pueden emplearse otras disposiciones. Por ejemplo, podrían colocarse múltiples dientes 320 sobre las superficies axiales comunes 255. Alternativamente, podrían emplearse dientes derechos.

35 El sello 280 de laberinto proporciona un sello adecuado sin contacto indeseable entre los componentes rotatorios y los estáticos. Si ocurriese inadvertidamente tal contacto, los dientes 320 relativamente estrechos proporcionan poca área superficial para la fricción y el calentamiento. Además, una de las superficies de estanqueidad 335, 255, o ambas, pueden hacerse de un material elástico o abrasible para reducir adicionalmente la probabilidad de daño al impulsor 85 o al anillo estanqueidad estático 270, si ocurriera un contacto indeseable.

40 En funcionamiento, se proporciona energía al motor 15 para producir la rotación del eje 40 y el impulsor 85. Según gira el impulsor 85, el fluido a comprimir se introduce en la cubierta 80 de entrada y en la parte inductora 155 del impulsor 85. El impulsor 85 acelera el fluido, desde una velocidad de casi cero hasta una alta velocidad en la parte exdutora 160. Además, el impulsor 85 produce un aumento de presión entre el inductor 155 y el exdutor 160.

45 Después de atravesar el impulsor 85, el fluido entra al difusor 90. El difusor 90 actúa sobre el fluido para reducir la velocidad. La reducción de velocidad convierte la energía dinámica del flujo de fluido en energía potencial o alta presión. El fluido, ahora de alta presión, sale del difusor 90 y entra en la voluta 95 por el canal 110 de entrada. El fluido de alta presión pasa luego al canal 115 colector, que recoge el fluido desde cualquier posición angular alrededor del canal 110 de entrada. El canal colector 115 dirige luego el fluido de alta presión fuera de la voluta 95 por el canal 125 de descarga. Una vez descargado de la voluta 95, el fluido puede pasarse a varios componentes distintos, incluyendo, pero sin limitarse a, un sistema de secado, un intercambiador de calor entre etapas, otro compresor, un tanque de almacenamiento, un usuario, un sistema de uso de aire, etc.

55 Con referencia a la Fig. 9, puede verse que se proporciona un espacio 380 entre el impulsor rotatorio 85 y el difusor estático 90. Si bien es deseable hacer pequeño este espacio 380, es inevitable que algo del fluido comprimido se filtrará alrededor del impulsor 85, a través de este espacio 380, y el lado trasero 184 del impulsor 85. Este flujo 385 de filtración de alta presión pasa radialmente hacia dentro, hasta que llega al sello 280 de laberinto. Para atravesar el sello 280 de laberinto, el flujo de filtración debe pasar entre cada superficie 335 de punta y las superficies 255, 260 radiales y axiales adyacentes al diente 320. El flujo 385 debe primero acelerar para atravesar la brecha estrecha 370 o las aberturas definidas entre el diente

320 y las respectivas superficies 255, 260 radiales y axiales. Después de atravesar estas brechas estrechas 370, el flujo 385 se expone a la cavidad 323, relativamente grande, entre los dientes adyacentes 320, y se expande rápidamente para llenar la cavidad 323. La expansión es ineficiente y produce una serie de remolinos y vórtices de flujo que reducen levemente la presión del fluido. Además, la rotación del impulsor 85 tiende a forzar al fluido radialmente hacia fuera, hacia la parte inferior de la cavidad 323 y lejos de la siguiente abertura de estanqueidad 370 que está dispuesta radialmente hacia dentro de la abertura de estanqueidad 370 anterior. Este proceso continúa según el flujo 385 pasa por cada diente 320, hasta que el flujo 385 finalmente sale del sello 280 de laberinto a una presión que es sólo levemente mayor que la presión atmosférica (o la presión ambiental del sistema 10 de compresión).

Un flujo de aire refrigerante 390 atraviesa el motor 15 y los cojinetes 55, 60, y entra en el espacio entre el impulsor 85 y la cubierta 265 de soporte de cojinetes. El aire refrigerante 390 también está a una presión levemente por encima de la presión atmosférica (o presión ambiental) y, preferiblemente, a una presión levemente por encima de la presión del flujo 385 de filtración que sale del sello 280 de laberinto. Los dos flujos 385, 390 se mezclan y salen del sistema por un respiradero 395 formado en la cubierta 50. Manteniendo el aire refrigerante 390 a una presión levemente superior a la del flujo 385 de filtración, el sistema 10 inhibe el flujo indeseado 385 del flujo de filtración caliente hacia el motor 15. Además, el espacio de despeje entre el impulsor 85 y la cubierta 265 de soporte de cojinetes se mantiene en un valor bajo para inhibir adicionalmente el pasaje del flujo 385 de filtración caliente hacia los cojinetes 55, 60 y el motor 15.

La ubicación de la extensión 200 también ayuda a equilibrar la carga de propulsión producida por el impulsor 85 durante el funcionamiento. La Fig. 10 ilustra un impulsor 400 de la técnica anterior, que incluye una disposición de sello estándar sobre el eje. Se emplean generalmente sellos de eje, ya que el área de flujo en el eje para un despeje radial dado es más pequeña que el área de flujo para el mismo despeje radial en un diámetro mayor. Durante el funcionamiento, el borde principal más interno del impulsor 400 se expone a una presión que está ligeramente por encima de la presión de entrada del impulsor 400. La presión aumenta de manera esencialmente lineal según el flujo avanza por el impulsor. En la salida del impulsor (exductor), la presión está en su nivel más alto (antes del pasaje a través del difusor y la voluta). Así, la porción frontal del impulsor 400 se expone a un gradiente 405 de presión que aumenta con la distancia radial desde el eje de rotación.

Una parte del fluido de alta presión que sale del impulsor 400 fluye alrededor del diámetro externo del impulsor 400 hacia la parte trasera. No hay ningún mecanismo, además de los sellos de eje sobre la parte trasera del impulsor 400 de la técnica anterior, para reducir la presión del flujo de filtración. Así pues, la parte trasera entera se expone al fluido de alta presión. Así, la cara trasera se somete a un gradiente 410 de presión, esencialmente uniforme, por toda el área. Esto da como resultado una fuerza propulsora neta hacia la entrada, según lo indicado por la flecha 415.

Volviendo a la Fig. 11, el presente impulsor 85 se ilustra para su comparación. La presión y el gradiente 420 de presión aplicado al lado frontal 182 del impulsor 85 son esencialmente los mismos que los del impulsor 400 de la técnica anterior de la Fig. 10. Sin embargo, la posición de la extensión 200 produce un gradiente 425 de presión distinto sobre el lado trasero 184. Como puede verse, la filtración de alta presión se aplica sólo a la primera parte anular 235 dispuesta radialmente fuera de la extensión 200. El nivel de presión se reduce según el flujo atraviesa el sello 280 de laberinto, de modo tal que se aplique una presión mucho más baja (casi atmosférica o ambiental) al resto del lado trasero 184 del impulsor 85. Si bien la propulsión axial neta, según lo indicado por la flecha 430, es aún hacia el inductor 155, la magnitud de la propulsión se reduce en gran medida. La propulsión reducida admite el uso de un cojinete propulsor más pequeño que consume menos energía y es menos susceptible al calentamiento excesivo.

Si bien la construcción ilustrada emplea una extensión 200 situada para mantener la dirección de la propulsión axial neta, según lo ilustrado en las Figs. 10 y 11, debería ser inmediatamente evidente que la posición de la extensión 200 podría cambiarse para ajustar y, potencialmente, invertir la carga propulsora, si se desea.

Debería observarse que otras disposiciones del sistema 10 de compresión pueden exponerse o hacerse funcionar en regímenes de presión distintos al atmosférico. Por ejemplo, los sistemas de compresión en múltiples etapas pueden emplear etapas en las cuales la salida del sello 280 de laberinto está a una presión que es mucho mayor que la presión atmosférica. Así pues, la invención no debería limitarse a los valores de presión revelados en el presente documento.

Así, la invención proporciona, entre otras cosas, un sistema 10 compresor que incluye un impulsor 85 con un sistema estanqueidad dispuesto para mejorar las prestaciones del impulsor 85. Diversas características y ventajas de la invención se definen en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un impulsor (85) para un compresor (20) de gas centrífugo que incluye un miembro de estanqueidad estático (270) que incluye una pluralidad de puntas de estanqueidad (335), siendo el impulsor operable para producir un flujo de fluido, comprendiendo el impulsor:
 - un cubo (181) que incluye una cara frontal (182), una cara trasera (184) y un eje de rotación;
 - 5 una pluralidad de paletas (150) que se extienden desde la cara frontal, teniendo cada una de las paletas una parte inductora (155) y una parte exdutora (160), y que cooperan con una paleta adyacente y la cara frontal para definir, al menos parcialmente, uno entre una pluralidad de canales impelentes (175), atravesando una parte del flujo de fluido uno de los canales impelentes, de modo tal que el flujo de fluido defina una primera presión adyacente a la parte inductora (155) y una segunda presión, que es mayor que la primera presión, adyacente a la parte exdutora (160); y caracterizado porque se proporciona
 - 10 una extensión (200) axialmente en voladizo desde la cara trasera (184), incluyendo la extensión (200) una cara radialmente externa que incluye una porción de estanqueidad (215) con una pluralidad de superficies escalonadas (220), en la cual una primera de las superficies escalonadas, la más cercana a la cara trasera, tiene un primer diámetro y cada escalón subsiguiente en una dirección opuesta a la cara trasera tiene un diámetro más pequeño que la primera de las superficies escalonadas y una superficie escalonada adyacente sobre el lado más cercano a la pared trasera, estando cada una de las puntas de estanqueidad (335) dispuestas adyacentes a una de las superficies escalonadas (220) para definir una pluralidad de puntos de estanqueidad.
2. El impulsor de la reivindicación 1, en el que un taladro se extiende desde la cara frontal (182) hasta la cara trasera (184).
3. El impulsor de la reivindicación 1, en el que cada escalón (220) incluye una primera parte (255), que generalmente se extiende axialmente, y una segunda parte (260), que generalmente se extiende radialmente.
4. El impulsor de la reivindicación 3, en el que cada punta de estanqueidad (335) coopera con una entre la primera parte (255) que se extiende axialmente y la segunda parte (260) que se extiende radialmente, para definir un punto de estanqueidad radial y un punto de estanqueidad axial.
5. El impulsor de la reivindicación 1, en el que la extensión (200) divide la cara trasera (184) del impulsor en una primera área anular (235) y una segunda área anular (240), y en el que la primera área anular tiene una interfaz con un primer volumen de gas a una presión esencialmente igual a la del gas descargado desde las paletas (150), y la segunda área anular (240) tiene una interfaz con un segundo volumen de gas a una presión esencialmente menor que la del gas descargado desde las paletas.
6. El impulsor de la reivindicación 1, en el que las paletas (150), el cubo (181) y la extensión (200), incluyendo la parte de estanqueidad (215), se forman integralmente como un único componente.
7. El impulsor de la reivindicación 1, en el que una secuencia definida por las correspondientes dimensiones axiales de los escalones (220), en orden axial, a partir del escalón más cercano a las paletas (150), decrece de forma esencialmente uniforme.
8. El impulsor de la reivindicación 1, en el que la parte exdutora (160) define un diámetro de exdutor y la parte de estanqueidad (215) define un diámetro medio de estanqueidad que es mayor que o igual a aproximadamente del 50 por ciento del diámetro de exdutor.

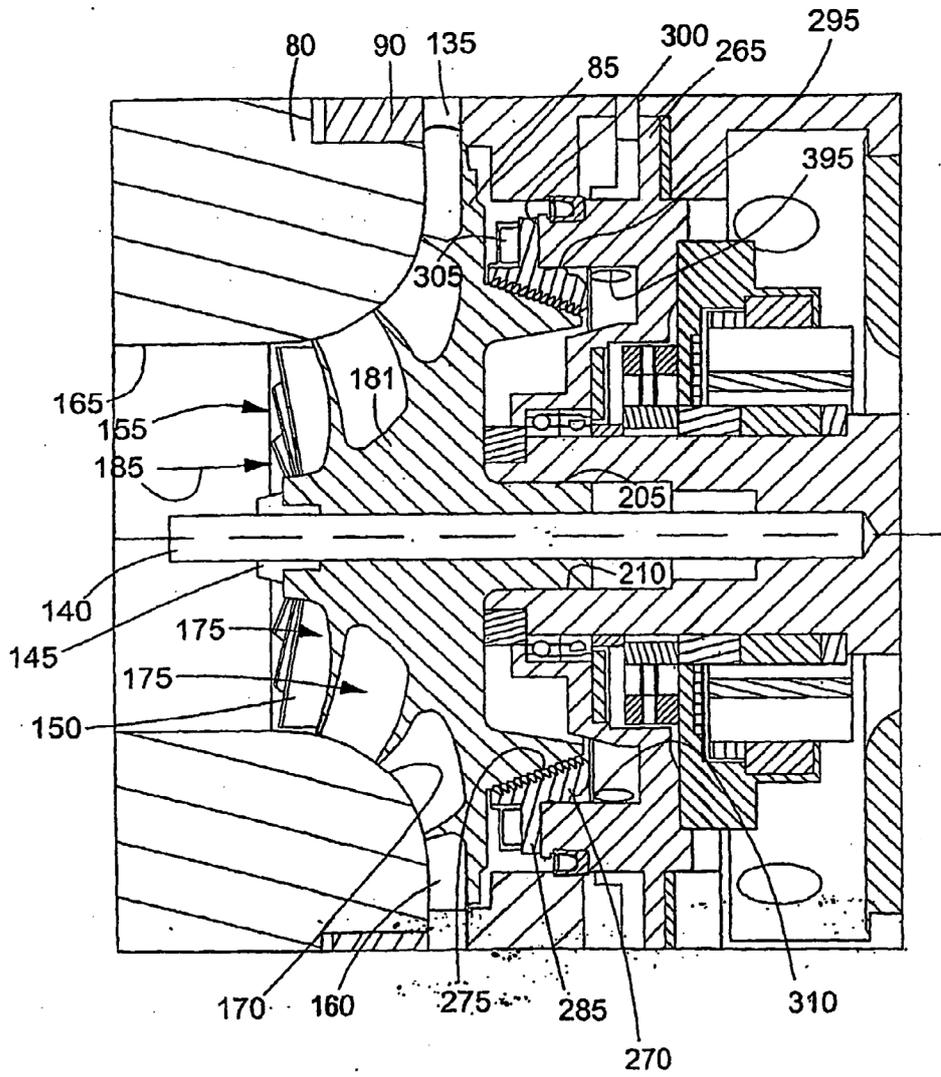


FIG. 2

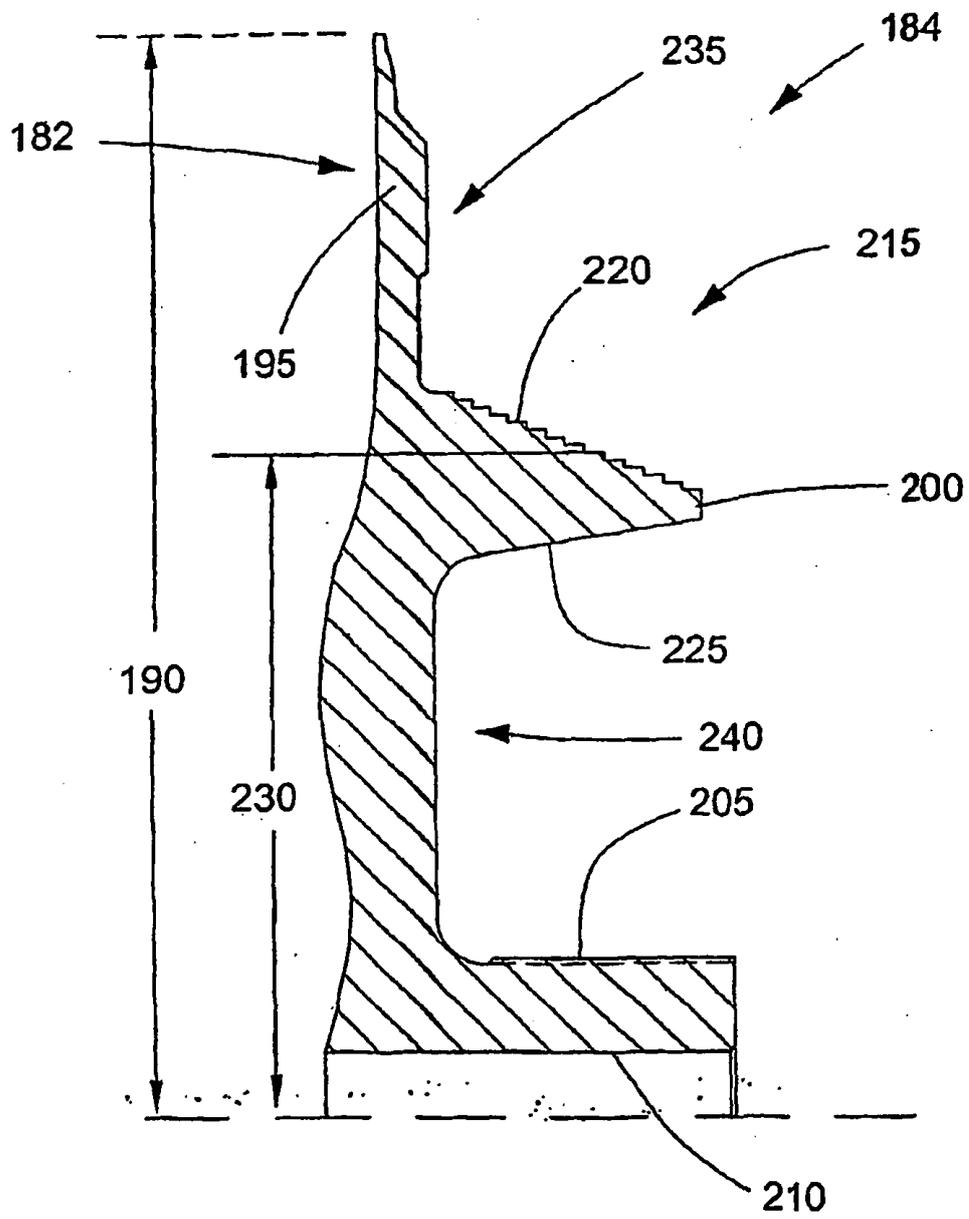


FIG. 3

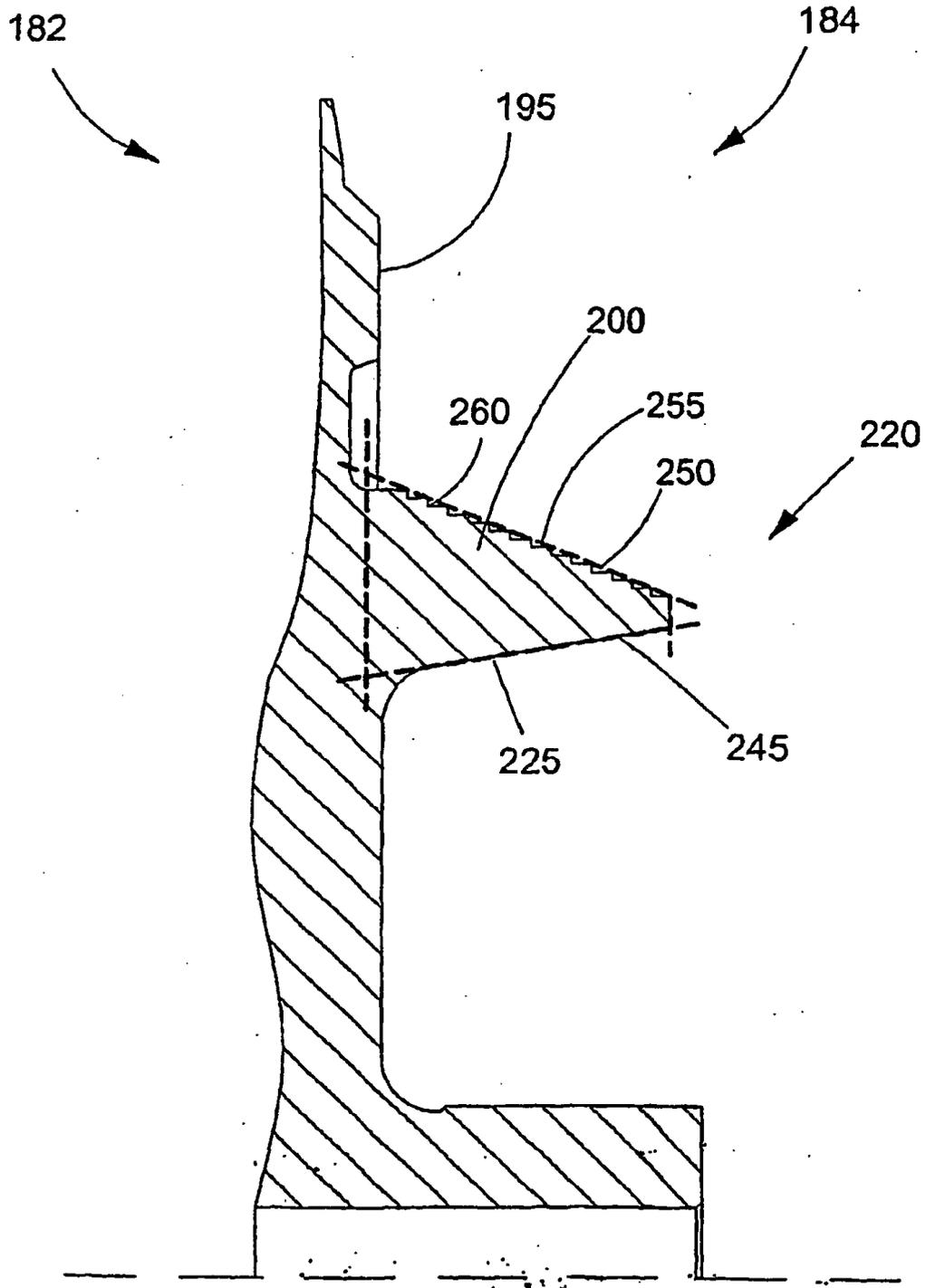


FIG. 4

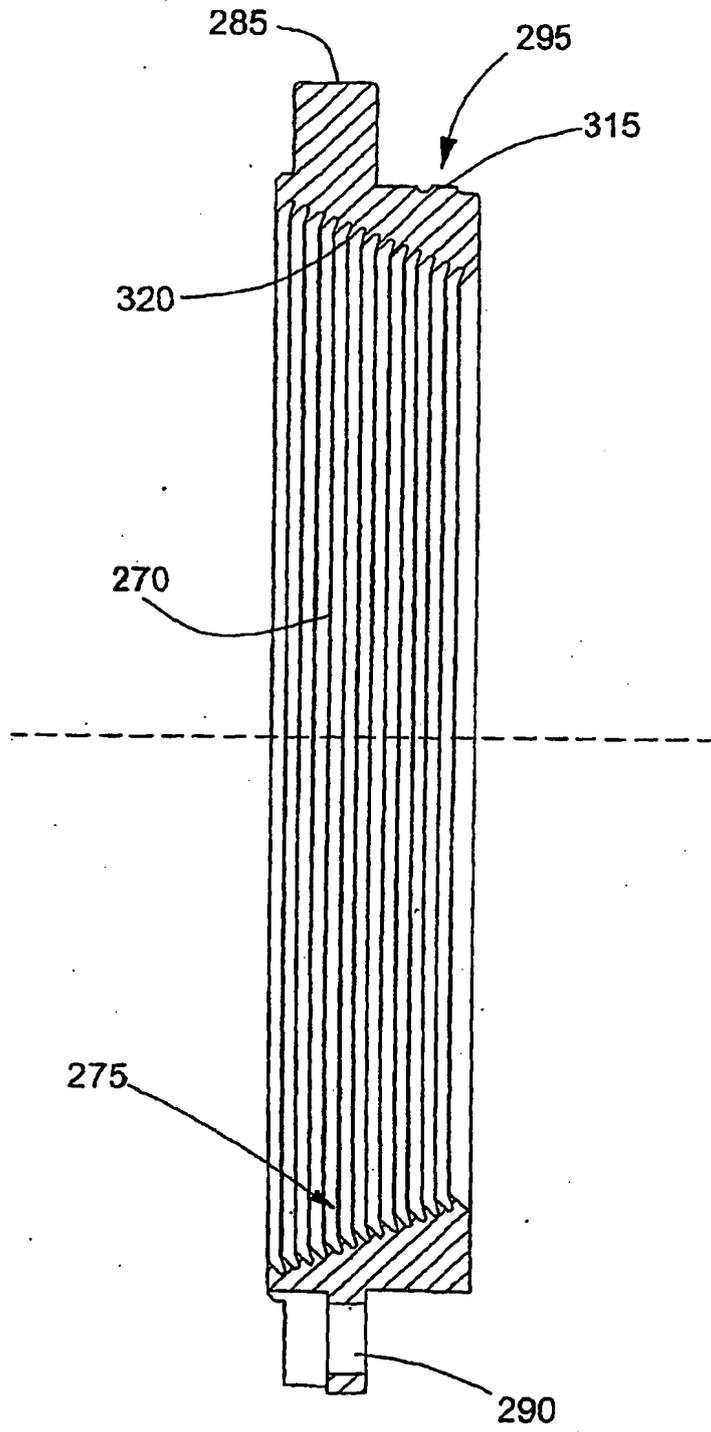
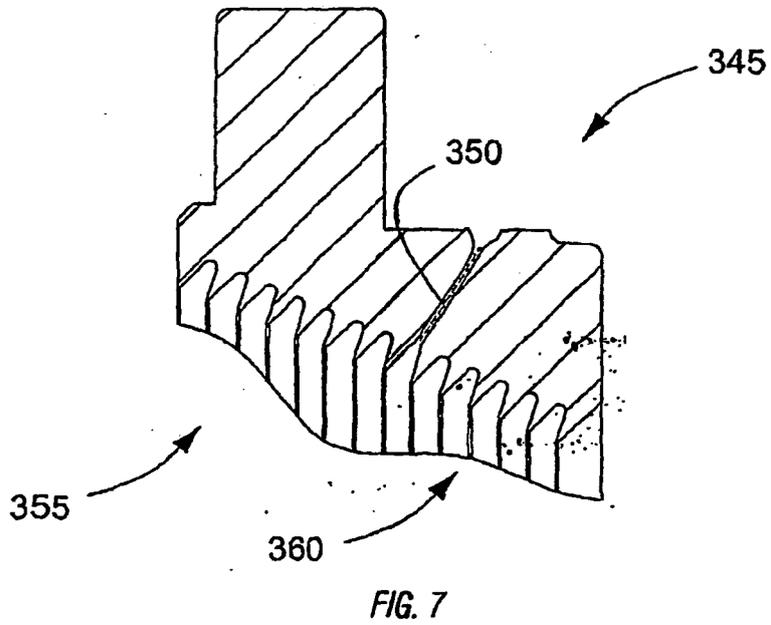
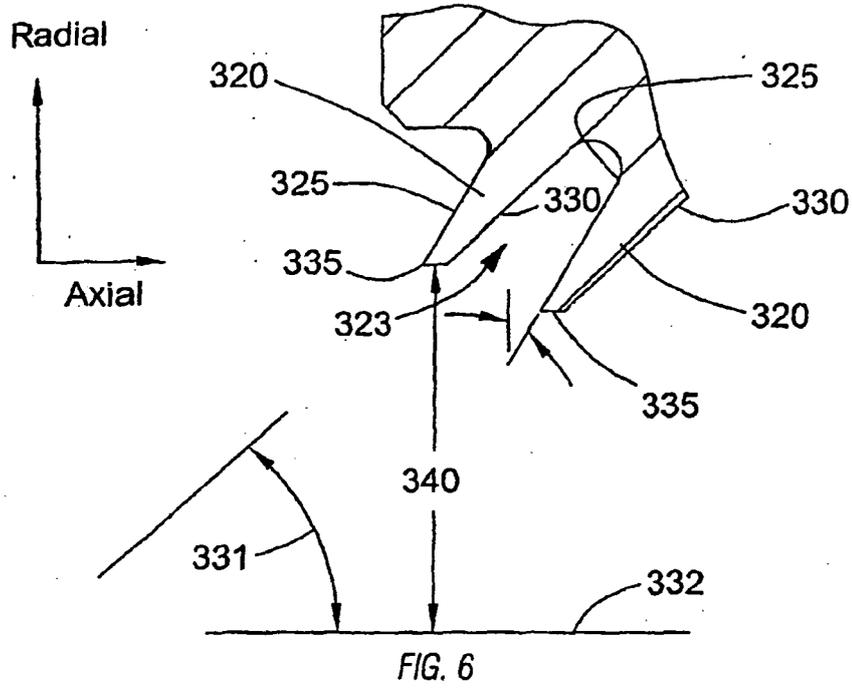


FIG. 5



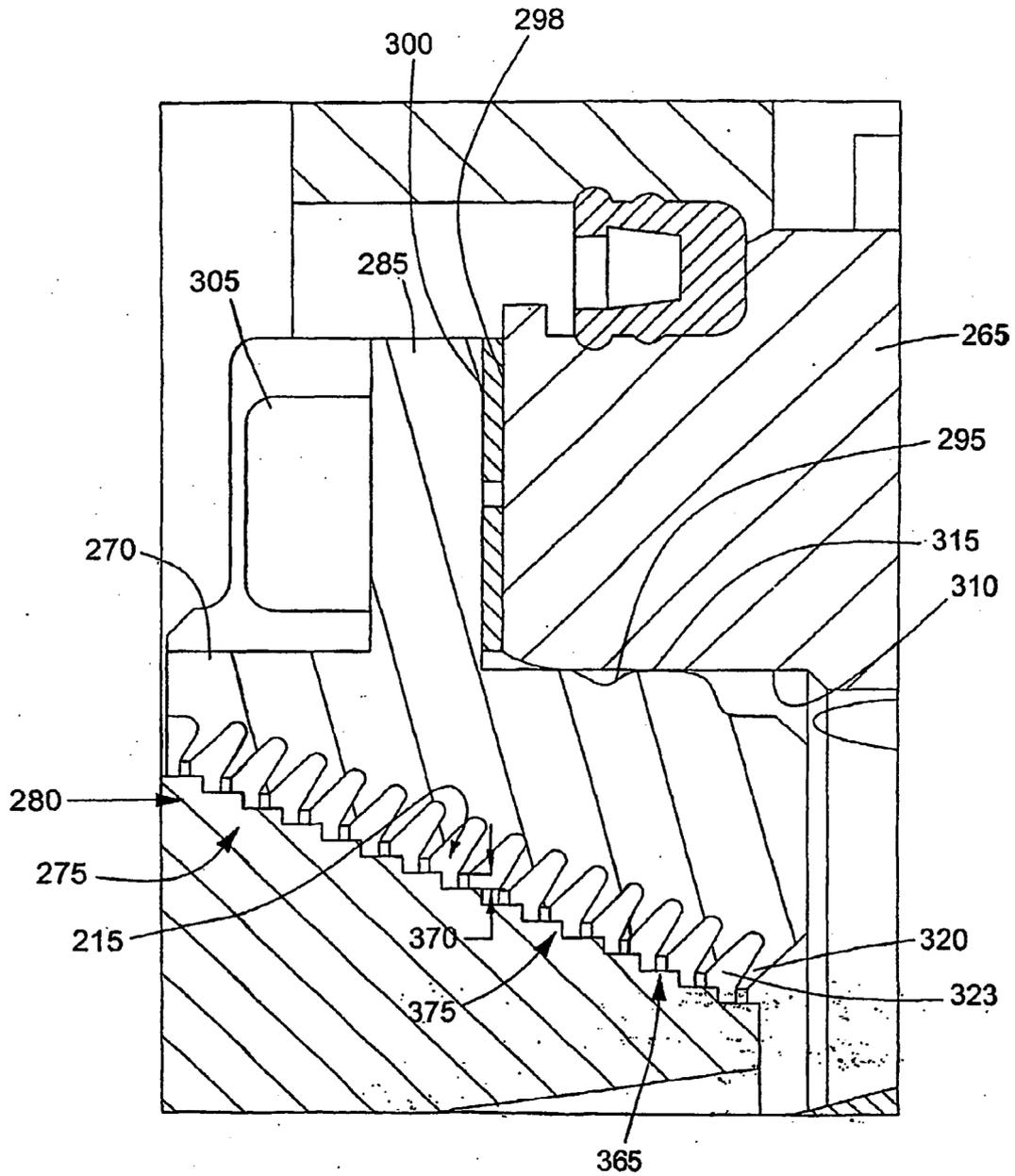


FIG. 8

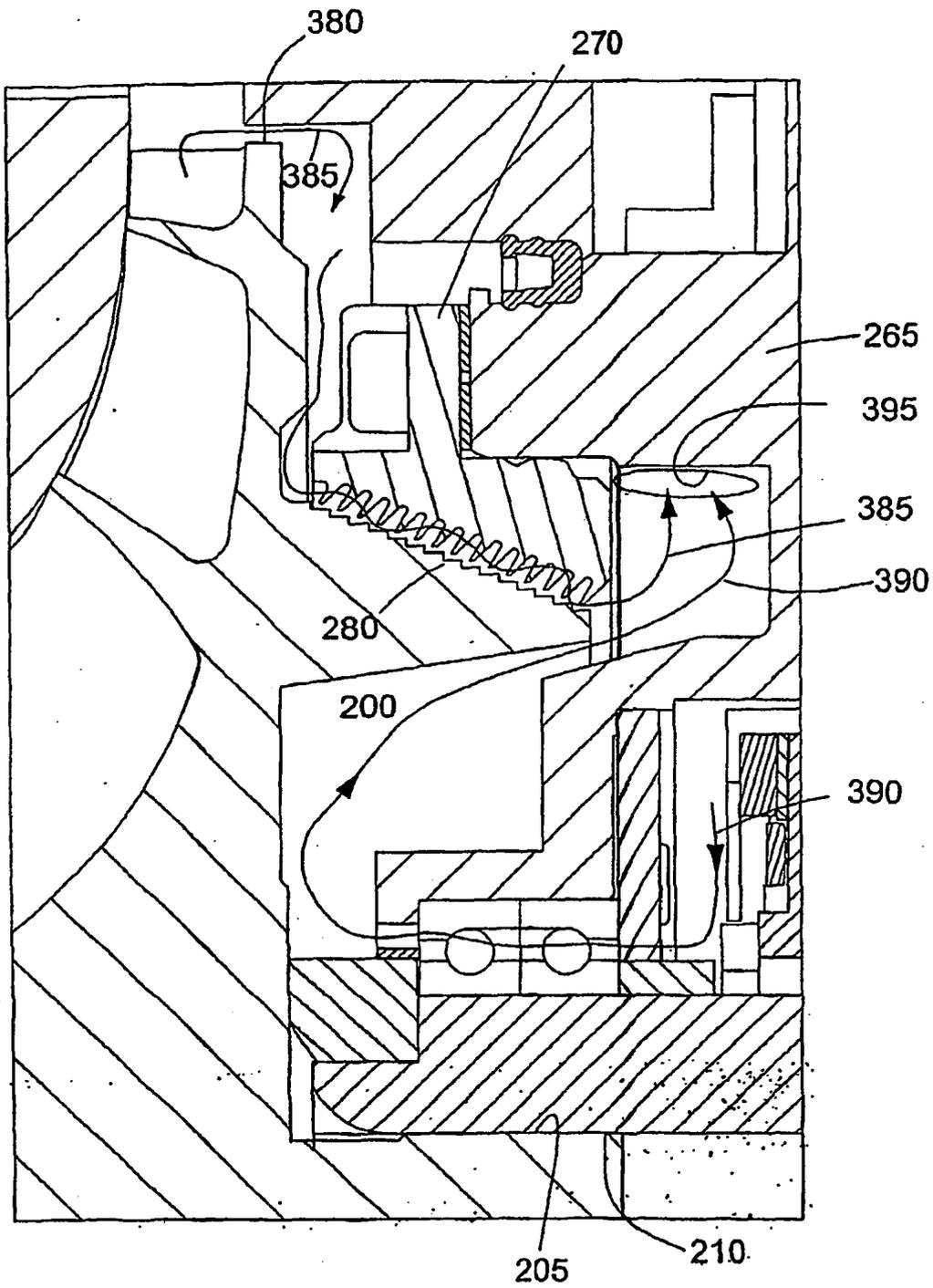


FIG. 9

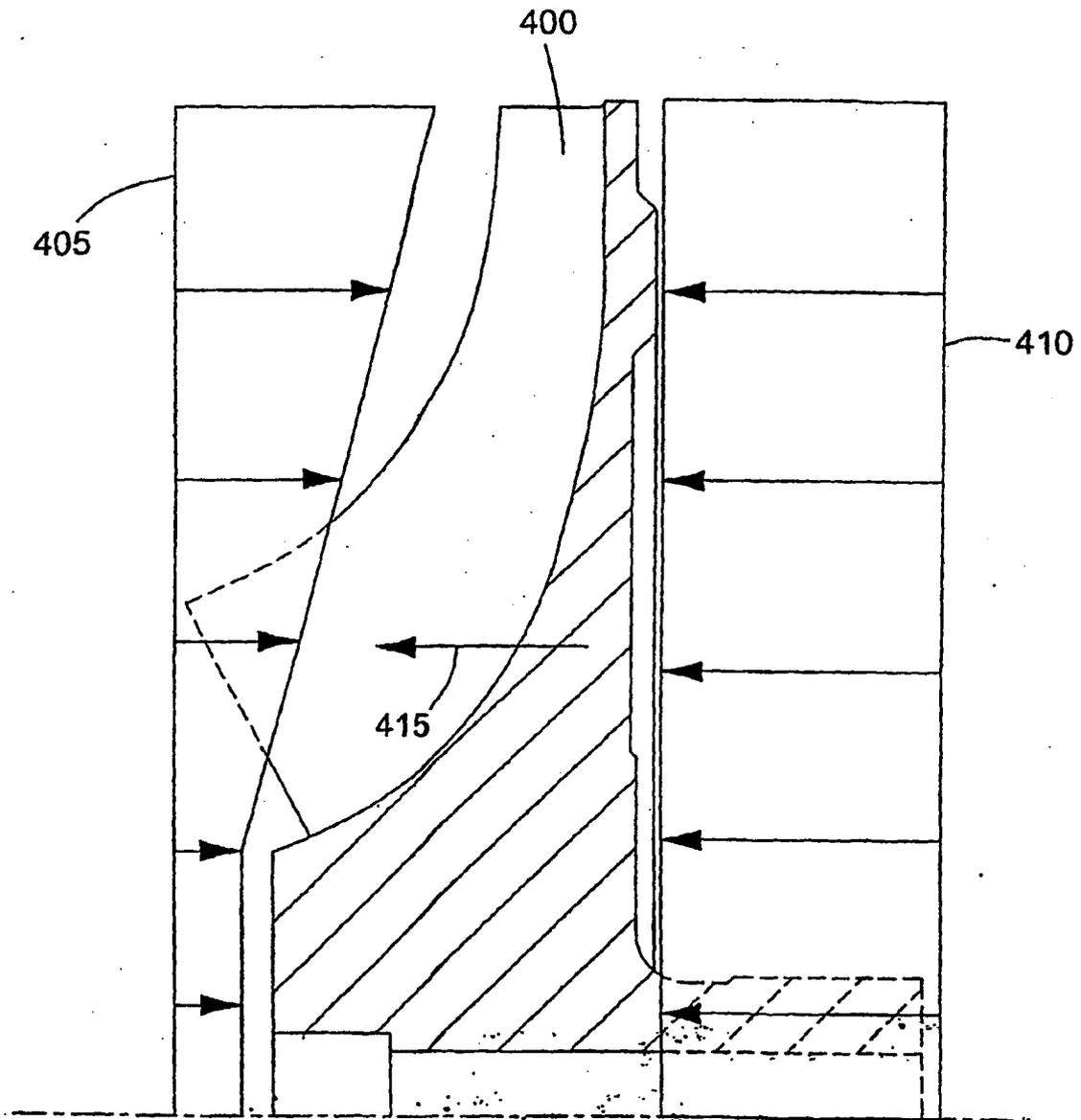


FIG. 10
(TÉCNICA ANTERIOR)

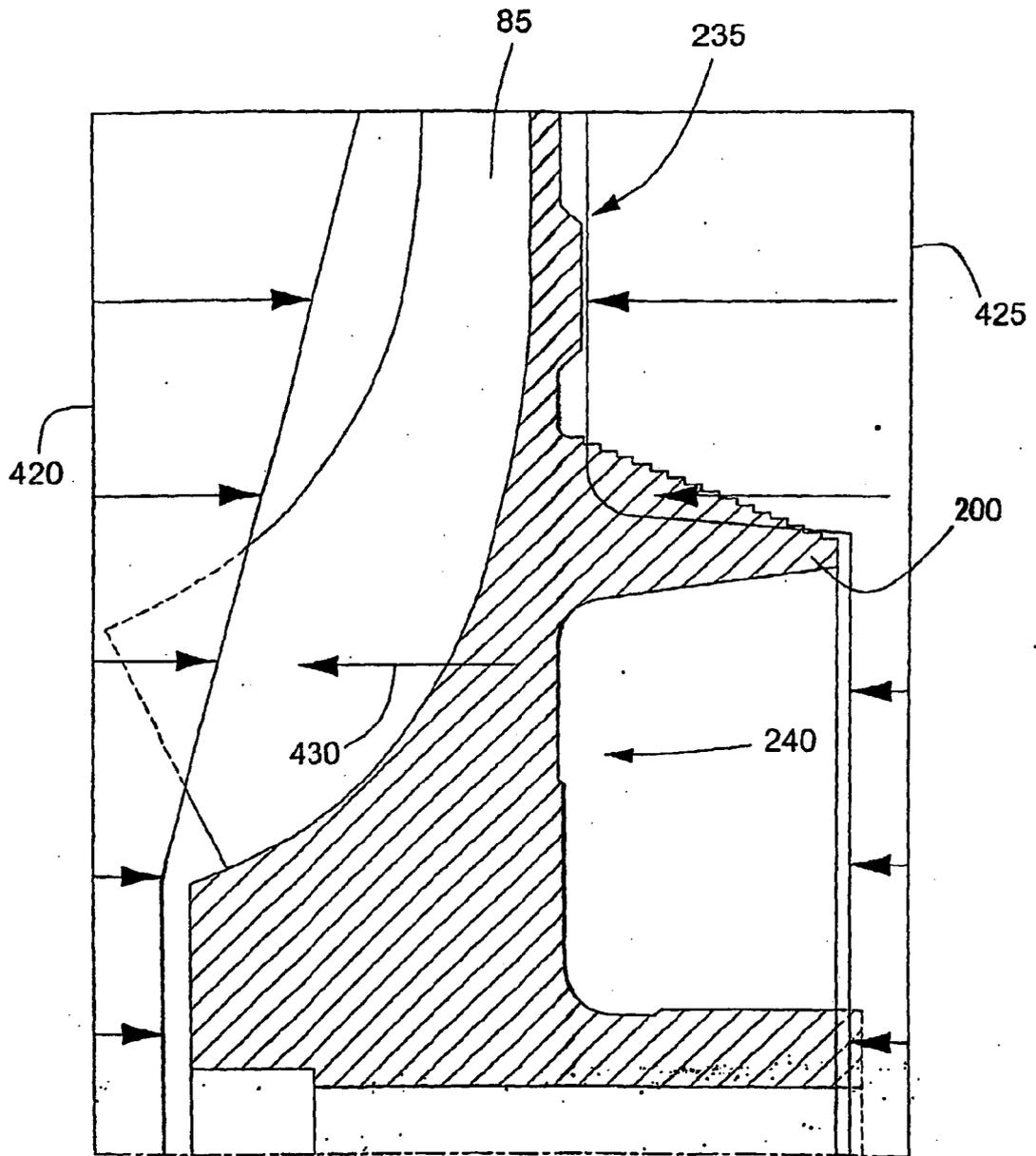


FIG. 11