

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 196**

51 Int. Cl.:

F04D 21/00 (2006.01)

F04D 29/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2011 E 11193663 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2469097**

54 Título: **Rotor de compresor supersónico y procedimientos de ensamblaje del mismo**

30 Prioridad:

21.12.2010 US 974566

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

18.04.2018

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**HOFER, DOUGLAS CARL;
NAGEL, ZACHARY WILLIAM y
GOTTAPU, DHANANJAYA RAO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 664 196 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

Rotor de compresor supersónico y procedimientos de ensamblaje del mismo

Antecedentes de la invención

5 La materia objeto descrita en la presente memoria se refiere, en general, a sistemas de compresores supersónicos y, más concretamente, a un rotor de compresor supersónico para su uso con un sistema de compresor supersónico.

El documento GB 1 522 594 A divulga un compresor de flujo axial con una entrada de aire entre una cubierta y un cono de ojiva. El flujo subsónico puede ser generado por la onda de choque del borde trasero que es una onda de choque oblicua fuerte o una onda de choque normal que provoca el flujo subsónico.

10 Al menos algunos sistemas de compresor supersónicos conocidos incluyen un ensamblaje de accionamiento, un eje de accionamiento y al menos un rotor de compresor supersónico para comprimir un fluido. El ensamblaje de accionamiento está acoplado al rotor de compresor supersónico con el eje de accionamiento para hacer rotar el eje de accionamiento y el rotor de compresor supersónico.

15 Los rotores de compresor supersónico conocidos incluyen una pluralidad de cintas bandas acopladas a un disco de rotor. Cada cinta banda está orientada circunferencialmente alrededor del disco de rotor y define un canal de flujo axial entre cintas bandas adyacentes. Al menos algunos rotores de compresor supersónico conocidos incluyen una rampa de compresión supersónica que está acoplada al disco de rotor. Las rampas de compresión supersónica conocidas están situadas dentro del trayecto del flujo axial y están configuradas para formar una onda de compresión dentro del trayecto del flujo.

20 Durante la operación de los sistemas de compresor supersónico conocidos, el ensamblaje de accionamiento hace rotar el rotor de compresor supersónico a una gran velocidad rotacional. Un fluido es canalizado hacia el rotor de compresor supersónico de manera que el fluido se caracteriza por una velocidad supersónica con respecto al rotor de compresor supersónico en el canal de flujo. En los rotores de compresor supersónico conocidos, cuando el fluido es canalizado a través del canal de flujo axial, la rampa de compresión supersónica provoca una formación de una onda de choque normal dentro del canal de flujo. Cuando el fluido pasa a través de la onda de choque normal, una
 25 velocidad de fluido se reduce a subsónica con respecto al rotor de compresor supersónico. Cuando una velocidad de fluido se reduce a través de la onda de choque normal, también se reduce una energía del fluido. La reducción de la energía del fluido a través del canal de flujo puede reducir una eficiente operatividad de los sistemas de compresor supersónico conocidos. Los sistemas de compresor supersónico conocidos se describen en, por ejemplo, los números de Patentes estadounidenses 7,334,990 y 7,293,955 depositadas el 28 de marzo de 2005 y el 23 de marzo
 30 de 2005, respectivamente, y en la Solicitud de Patente estadounidense 2009/0196731 depositada el 16 de enero de 2009.

Breve descripción de la invención

La presente invención se define en las reivindicaciones que se acompañan.

En un aspecto, se proporciona un rotor de compresor supersónico de acuerdo con la reivindicación 1.

35 En otro aspecto, se proporciona un sistema de compresor supersónico de acuerdo con la reivindicación 5.

En otro aspecto adicional, se proporciona un procedimiento para ensamblar un rotor de compresor supersónico de acuerdo con la reivindicación 6.

Breve descripción de los dibujos

40 Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se comprenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada sea considerada con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que los mismos caracteres representan las mismas partes a lo largo de los diferentes dibujos, en los que:

La Fig. 1 es una vista esquemática de un compresor supersónico ejemplar;

la Fig. 2 es una vista en perspectiva de un rotor de compresor supersónico ejemplar que no forma parte de la invención que puede ser utilizado con el compresor supersónico mostrado en la Fig. 1;

45 la Fig. 3 es una vista en perspectiva en despiece ordenado del rotor de compresor supersónico mostrado en la Fig. 2;

la Fig. 4 es una vista en sección transversal del rotor de compresor supersónico mostrado en la Fig. 2, a lo largo de la línea en sección 4 - 4;

50 la Fig. 5 es una vista en sección transversal de tamaño ampliado de una porción del rotor de compresor supersónico mostrado en la Fig. 3 y tomada a lo largo del área 5;

la Fig. 6 es una vista en perspectiva de un rotor de compresor supersónico ejemplar alternativo que no forma parte de la invención que puede ser utilizado con el compresor supersónico mostrado en la Fig. 1;

la Fig. 7 es una vista desde arriba de tamaño ampliado de una porción del rotor de compresor supersónico mostrado en la Fig. 6 a lo largo de la línea en sección 7 - 7.

5 A menos que se indique otra cosa, los dibujos ofrecidos en la presente memoria están concebidos para ilustrar características inventivas clave de la invención. Estas características inventivas clave se consideran aplicables en una amplia variedad de sistemas que comprenden una o más formas de realización de la invención. Estrictamente hablando, los dibujos no están concebidos para incluir todas las características convencionales conocidas por los expertos en la materia para que se incluyan en la práctica de la invención.

10 **Descripción detallada de la invención**

En la siguiente memoria descriptiva y en las reivindicaciones que siguen, se hará referencia a una pluralidad de términos, que se definirán como inclusivos de los siguientes significados.

Las formas singulares "un", "uno", "una", y "el", "la" incluyen referentes plurales a menos que del contexto se derive otra cosa.

15 "Opcional" u "opcionalmente" significa que el episodio o circunstancia posteriormente descrito puede o puede no producirse, y que la descripción incluye supuestos en el que el episodio se produce y supuestos en los que no se produce.

El lenguaje aproximativo, según se utiliza en la presente memoria a lo largo de la memoria descriptiva y de las reivindicaciones, puede ser aplicado para modificar cualquier representación cuantitativa que podría lícitamente variar sin que ello produjera un cambio en la función básica con la que está relacionada. Por consiguiente, un valor modificado por un término o unos términos tales como "aproximadamente" y "sustancialmente" no deben considerarse limitados al término preciso especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje aproximativo puede corresponder a la precisión de un instrumento para medir el contenido. Aquí a lo largo de la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, las limitaciones de rango pueden ser combinadas y / o intercambiadas, dichos rangos son identificados e incluyen todos los subrangos contenidos en la presente memoria a menos que del contexto se derive otra cosa.

Según se utiliza en la presente memoria, el término "corriente arriba" se refiere a un extremo hacia delante o de entrada de un sistema de compresor supersónico y el término "corriente abajo" se refiere a un extremo trasero o de salida del sistema de compresor supersónico.

30 Según se utiliza en la presente memoria, el término "rotor de compresor supersónico" se refiere a un rotor de compresor que comprende una rampa de compresión supersónica dispuesta dentro de un canal de flujo de fluido del rotor de compresor supersónico. Los rotores de compresores supersónicos se dice que son "supersónicos" porque están diseñados para rotar alrededor de un eje geométrico de rotación a grandes velocidades, de manera que un fluido en movimiento, por ejemplo un gas en movimiento, que tropiece con el rotor de compresor supersónico rotatorio en una rampa de compresión supersónica dispuesta dentro de un canal de flujo de rotor se dice que presenta una velocidad de fluido relativa que es supersónica. La velocidad de fluido relativa puede definirse en términos de la suma de los vectores de la velocidad del rotor en la rampa de compresión supersónica y la velocidad de fluido justo antes de tropezar con la rampa de compresión supersónica. Esta velocidad de fluido relativa a veces se designa como la "velocidad de entrada supersónica local", que, en determinadas formas de realización, es una combinación de una velocidad del gas de entrada y una velocidad tangencial de una rampa de compresor supersónico dispuesta dentro de un canal de flujo del rotor de compresor supersónico. Los rotores de compresor supersónico están diseñados para dar servicio a muy altas velocidades tangenciales, por ejemplo velocidades tangenciales que van de 3000 metros / segundo a 800 metros / segundo.

45 Los sistemas y procedimientos ejemplares descritos en la presente memoria salvan los inconvenientes de ensamblajes de compresor supersónicos conocidos proporcionando un rotor de compresor supersónico que facilita la canalización de un fluido a través de un trayecto de flujo en el que el fluido se caracteriza por una velocidad que es supersónica en una salida del canal de fluido. Más concretamente, las formas de realización descritas en la presente memoria, incluyen una rampa de compresión supersónica que está situada dentro del canal de flujo y que está configurada para impedir una formación de una onda de choque normal dentro del canal de flujo. Evitando la formación de la onda de choque normal dentro de la onda de flujo, se reduce la elevación de la entropía del fluido.

55 La Fig. 1 es una vista esquemática de un sistema 10 de compresor supersónico ejemplar. En este ejemplo, el sistema 10 de compresor supersónico incluye una sección 12 de admisión, una sección 14 de compresor acoplada corriente abajo desde la sección 12 de admisión, una sección 16 de descarga acoplada corriente abajo desde la sección 14 de compresor y un ensamblaje 18 de accionamiento. La sección 14 de compresor está acoplada al ensamblaje 18 de accionamiento por un ensamblaje 20 de rotor que incluye un eje 22 de accionamiento. En este ejemplo, cada elemento entre la sección 12 de admisión, la sección 14 de compresor y la sección 16 de descarga está situado dentro de una carcasa 24 de compresor. Más concretamente, la carcasa 24 de compresor incluye una

5 entrada 26 de fluido, una salida 28 de fluido y una superficie 30 interna que define una cavidad 32. La cavidad 32 se extiende entre la entrada 26 de fluido y la salida 28 de fluido y está configurada para canalizar un fluido desde la entrada 26 de fluido hasta la salida 28 de fluido. Cada elemento entre la sección 12 de admisión, la sección 14 de compresor y la sección 16 de descarga está situada dentro de la cavidad 32. Como alternativa, la sección 12 de admisión y / o la sección 16 de descarga pueden no estar situadas dentro de la carcasa 24 de compresor.

10 En este ejemplo, la entrada 26 de fluido está configurada para canalizar un flujo de fluido desde una fuente 34 de fluido hasta la sección 12 de admisión. El fluido puede ser cualquier fluido, como por ejemplo un gas, una mezcla de gas y / o un gas cargado con partículas. La sección 12 de admisión está acoplada en comunicación de fluido con la sección 14 de compresor para canalizar el fluido desde la entrada 26 de fluido hasta la sección 14 de compresor. La sección 12 de admisión está configurada para condicionar un flujo de fluido que presente uno o más parámetros predeterminados, como por ejemplo una velocidad, un caudal de masa, una presión, una temperatura y / o cualquier parámetro de flujo apropiado. En este ejemplo, la sección 12 de admisión incluye un ensamblaje 36 de álabes de guía de entrada que está acoplado entre la entrada 26 de fluido y una sección 14 de compresor para canalizar el fluido desde la entrada 26 de fluido hasta la sección 14 de compresor. El ensamblaje 36 de álabes de guía de entrada incluye uno o más álabes 38 de guía de entrada que están acoplados a la carcasa 24 del compresor.

15 La sección 14 de compresor está acoplada entre la sección 12 de admisión y la sección 16 de descarga para canalizar al menos una porción del fluido desde la sección 12 de admisión hasta la sección 16 de descarga. La sección 14 de compresor incluye al menos un rotor 40 de compresor supersónico que está acoplado de forma rotatoria al eje 22 de accionamiento. El rotor 40 de compresor supersónico está configurado para incrementar una presión de fluido, reducir un volumen de fluido y / o incrementar una temperatura de fluido que sea canalizada hacia la sección 16 de descarga. La sección 16 de descarga incluye un ensamblaje 42 de álabes de guía de salida que está acoplado entre el rotor 40 de compresor supersónico y la salida 28 de fluido para canalizar el fluido desde el rotor 40 de compresor supersónico hasta la salida 28 de fluido. La salida 28 de fluido está configurada para canalizar fluido desde el ensamblaje 42 de álabes de guía de salida y / o el rotor 40 de compresor supersónico hasta un sistema 44 de salida como por ejemplo un sistema de motor de turbina, un sistema de tratamiento de fluido y / o un sistema de almacenamiento de fluido. El ensamblaje 18 de accionamiento está configurado para rotar el eje 22 de accionamiento para provocar una rotación del rotor 40 de compresor supersónico y / o del ensamblaje 42 de álabes de guía de salida.

20 Durante su operación, la sección 12 de admisión canaliza el fluido desde la fuente 34 de fluido hacia la sección 14 de compresor. La sección 14 de compresor comprime el fluido y descarga el fluido comprimido hacia la sección 16 de descarga. La sección 16 de descarga canaliza el fluido comprimido desde la sección 14 de compresor hasta el sistema 44 de salida a través de la salida 28 de fluido.

25 La Fig. 2 es una vista en perspectiva de un rotor 40 de compresor supersónico ejemplar. La Fig. 3 es una vista en perspectiva del rotor 40 de compresor supersónico. La Fig. 4 es una vista en sección transversal del rotor 40 de compresor supersónico en una línea en sección 4 - 4 de la Fig. 2. Componentes idénticos mostrados en la Fig. 3 y en la Fig. 4 son etiquetados con las mismas referencias numerales utilizadas en la Fig. 2. En este ejemplo, el rotor 40 de compresor supersónico incluye una pluralidad de álabes 46 que están acoplados a un disco 48 de rotor. El disco 48 de rotor incluye un cuerpo 50 de disco anular que define una cavidad 52 cilíndrica interna que se extiende genéricamente en dirección axial a través del cuerpo 50 de disco a lo largo de un eje geométrico 54 de la línea central. El cuerpo 50 de disco incluye una superficie 56 radialmente interna, una superficie 58 radialmente externa y una pared terminal 60. La superficie 56 radialmente interna define una cavidad 52 cilíndrica interna. La cavidad 52 cilíndrica interna presenta una forma sustancialmente cilíndrica y está orientada alrededor del eje geométrico 54 de la línea central. La cavidad 52 cilíndrica interna está dimensionada para recibir el eje 22 de accionamiento (mostrado en la Fig. 1) a través de ella. La pared terminal 60 se extiende radialmente hacia fuera desde la cavidad 52 cilíndrica interna y entre la superficie 56 radialmente interna y la superficie 58 radialmente externa. La pared terminal 60 incluye una anchura 62 definida en una dirección 64 radial que está orientada en perpendicular al eje geométrico 54 de la línea central.

30 En este ejemplo, cada álabe 46 está acoplado a la pared terminal 60 y se extiende hacia fuera desde la pared terminal 60 en una dirección 66 axial genéricamente paralela al eje geométrico 54 de la línea central. Cada álabe 46 incluye un borde 68 de entrada, un borde 70 de salida, y se extiende entre el borde 68 de entrada y el borde 70 de salida. El borde 68 de entrada está situado adyacente a la superficie 56 radialmente interna. El borde 70 de salida está situado adyacente a la superficie 58 radialmente externa. En la forma de realización ejemplar, los álabes 46 adyacentes forman un par 74 de álabes 46. Cada par 74 está orientado para definir una abertura 76 de entrada, una abertura 78 de salida y un canal 80 de flujo entre los álabes 46 adyacentes. El canal 80 de flujo se extiende entre la abertura 76 de entrada y la abertura 78 de salida y define un trayecto de flujo representado por la flecha 82, (mostrada en la Fig. 4) desde la abertura 76 de entrada hasta la abertura 78 de salida. El trayecto 82 de flujo está orientado genéricamente en paralelo con el álabe 46. El canal 80 de flujo está dimensionado, conformado y orientado para canalizar el fluido a lo largo del trayecto 82 de flujo desde la abertura 76 de entrada hasta la abertura 78 de salida en dirección 64 radial. La abertura 76 de entrada está definida entre los bordes 68 de entrada adyacentes de los álabes 46 adyacentes. La abertura 78 de salida está definida entre los bordes 70 de salida adyacentes de los álabes 46 adyacentes. El álabe 46 se extiende radialmente entre el borde 68 de entrada y el borde 70 de salida y se extiende entre la superficie 56 radialmente interna y la superficie 58 radialmente externa. El

álabe 46 incluye una superficie 84 externa y una superficie 86 interna opuesta. El álabe 46 se extiende entre la superficie 84 externa y la superficie 86 interna para definir una altura 88 axial del canal 80 de flujo.

Con referencia a la Fig. 2 y a la Fig. 3, en este ejemplo, un ensamblaje 90 de anillo de refuerzo está acoplado sobre la superficie 84 externa de cada álabe 46 de manera que el canal 80 de flujo (mostrado en la Fig. 4) se define entre el ensamblaje 90 de anillo de refuerzo y la pared terminal 60. El ensamblaje 90 de anillo de refuerzo incluye un borde 92 interno y un borde 94 externo. El borde 92 interno define una abertura 96 sustancialmente cilíndrica. El ensamblaje 40 de anillo de refuerzo está orientado coaxialmente con el disco 48 de rotor, de manera que la cavidad 52 cilíndrica interna es concéntrica con la abertura 96. El ensamblaje 90 de anillo de refuerzo está acoplado a cada álabe 46 de manera que el borde 68 de entrada del álabe 46 está situado en posición adyacente al borde 92 interno del ensamblaje 90 de anillo de refuerzo, y el borde 70 de salida del álabe 46 está situado en posición adyacente al borde 94 externo de ensamblaje 90 de anillo de refuerzo. Como alternativa, el rotor 40 de compresor supersónico no incluye el ensamblaje 90 de anillo de refuerzo. En este ejemplo, un ensamblaje de diafragma (no mostrado) está situado en posición adyacente a cada superficie 84 externa de los álabes 46 de modo que ensamblaje de diafragma al menos parcialmente define el canal 80 de flujo.

Con referencia a la Fig. 4, en este ejemplo al menos una rampa 98 de compresión supersónica está situada dentro del canal 80 de flujo. La rampa 98 de compresión supersónica está situada entre la abertura 76 de entrada y la abertura 78 de salida y está dimensionada, conformada y orientada para hacer posible que una o más ondas 100 de compresión se formen dentro del canal 80 de flujo.

Durante la operación del rotor 40 de compresor supersónico, la sección 12 de admisión (mostrada en la Fig. 1), canaliza un fluido 102 hacia la abertura 76 de entrada del canal 80 de flujo. El fluido 102 de admisión presenta una primera velocidad, esto es, una velocidad de aproximación justo antes de entrar en la abertura 76 de entrada. El rotor 40 de compresor supersónico es rotado alrededor del eje geométrico 54 de la línea central a una segunda velocidad, esto es, una velocidad rotacional, representada por la flecha 104, de manera que el fluido 102 que entra en el canal 80 de flujo presenta una tercera velocidad, esto es una velocidad de entrada en la abertura 76 de entrada que es supersónica en los álabes 46. Cuando el fluido 102 es canalizado a través del canal 80 de flujo a una velocidad supersónica, la rampa 98 de compresión supersónica provoca que las ondas 100 de compresión se formen dentro del canal 80 de flujo para facilitar la compresión del fluido 102, de manera que el fluido 102 incluye una presión y una temperatura incrementadas y / o incluye un volumen reducido en la abertura 78 de salida.

La Fig. 5 es una vista en sección transversal de tamaño ampliado de una porción del rotor 40 de compresor supersónico tomada a lo largo del área 5 mostrada en la Fig. 4. Los componentes idénticos mostrados en la Fig. 1 son etiquetados con los mismos números de referencia utilizados en la Fig. 2 y en la Fig. 4. En este ejemplo, cada álabe 46 incluye un primer lado, esto es, un lado 106 de presión y un segundo lado opuesto, esto es, un lado 108 de aspiración. Cada uno de los lados de presión 106 y de aspiración 108 se extiende entre el borde 68 de entrada y el borde 70 de salida.

En este ejemplo, cada álabe 46 está separado circunferencialmente alrededor de la cavidad 52 cilíndrica interna, de manera que el canal 80 de flujo está orientado genéricamente en dirección radial entre la abertura 76 de entrada y la abertura 78 de salida. Cada abertura 76 de entrada se extiende entre un lado 106 de presión y un lado 108 de aspiración adyacente del álabe 46 en el borde 68 de entrada. Cada abertura 78 de salida se extiende entre el lado 106 de presión y un lado 108 de aspiración adyacente en el borde 70 de salida, de manera que el trayecto 82 de flujo se define radialmente hacia fuera desde la superficie 56 radialmente interna hasta la superficie 58 radialmente externa en dirección 64 radial. Como alternativa, los álabes 46 adyacentes pueden estar orientados de manera que la abertura 76 de entrada se defina en la superficie 58 radialmente externa y la abertura 78 de salida se defina en la superficie 56 radialmente interna de manera que el trayecto 82 de flujo se defina radialmente hacia dentro desde la superficie 58 radialmente externa hasta la superficie 56 radialmente interna. En este ejemplo, el canal 80 de flujo incluye una anchura 110 circunferencial que está definida entre el lado 106 de presión y un lado 108 de aspiración adyacente y es perpendicular al trayecto 82 de flujo. La abertura 76 de entrada presenta una primera anchura 112 circunferencial mayor que una segunda anchura 114 circunferencial de la abertura 78 de salida. Como alternativa, la primera anchura 112 circunferencial de la abertura 76 de entrada puede ser inferior a o igual que una segunda anchura 114 circunferencial de la abertura 78 de salida. En este ejemplo, cada álabe 46 está formado con un perfil arqueado y está orientado de manera que el canal 80 de flujo se define con una forma en espiral y genéricamente converge hacia dentro entre la abertura 76 de entrada y la abertura 78 de salida.

En este ejemplo, el canal 80 de flujo define un área 116 en sección transversal que varía a lo largo del trayecto 102 de flujo. El área 106 en sección transversal del canal 80 de flujo se define perpendicularmente con respecto al trayecto 82 de flujo y es igual a la anchura 110 circunferencial del canal 80 de flujo multiplicado por la altura 88 axial (mostrada en la Fig. 3) del canal 80 de flujo. El canal 80 de flujo incluye una primera área, esto es, un área 118 en sección transversal de entrada en la abertura 76 de entrada, una segunda área, esto es, un área 120 en sección transversal de salida en la abertura 78 de salida y una tercera área, esto es, un área 122 en sección transversal mínima que está definida entre la abertura 76 de entrada y la abertura 78 de salida. En este ejemplo, el área 122 en sección transversal mínima es inferior al área 118 en sección transversal de entrada y al área 120 en sección transversal de salida. En una forma de realización, el área 122 en sección transversal mínima es igual al área 120 en

sección transversal de salida, de manera que cada área entre el área 120 en sección transversal de salida y el área 122 en sección transversal mínima es inferior al área 118 en sección transversal de entrada.

5 En este ejemplo, la rampa 98 de compresión supersónica está acoplada al lado 106 de presión del álabe 46 y define una zona 124 de estrangulamiento del canal 80 de flujo. La zona 124 de estrangulamiento define un área 122 en
 10 sección transversal mínima del canal 80 de flujo. En un ejemplo alternativo, la rampa 98 de compresión supersónica puede estar acoplada al lado 108 de aspiración del álabe 46 a la pared terminal 60 y / o al ensamblaje 90 de anillo de refuerzo. En otro ejemplo alternativo el rotor 40 de compresor supersónico incluye una pluralidad de rampas 98 de compresión supersónica cada una de las cuales está acoplada al lado 106 de aspiración, al lado 108 de aspiración, a la pared terminal 60 y / o al ensamblaje 90 de anillo de refuerzo. En este ejemplo, cada rampa 98 de compresión supersónica colectivamente define una zona 124 de estrangulamiento.

15 En este ejemplo, la zona 124 de estrangulamiento define un área 122 en sección transversal mínima que es inferior al área 118 en sección transversal de entrada de manera que el canal 80 de flujo presenta una relación de áreas definida como una relación del área 118 en sección transversal de entrada dividida por el área 122 en sección transversal mínima de entre aproximadamente 1,01 y 1,10. En un ejemplo, la relación de áreas oscila entre aproximadamente 1,07 y 1,08. En un ejemplo alternativo, la relación de áreas puede ser igual o inferior a 1,01. En otro ejemplo alternativo, la relación de áreas puede ser igual o mayor que 1,10.

20 En este ejemplo, la rampa 98 de compresión supersónica incluye una superficie 126 de compresión y una superficie 128 de divergencia. La superficie 126 de compresión incluye un primer borde, esto es, un borde 130 delantero y un segundo borde, esto es un borde 132 trasero. El borde 130 delantero está situado más próximo a la abertura 76 de entrada que el borde 132 trasero. La superficie 126 de compresión se extiende entre el borde 130 delantero y el
 25 borde 132 trasero y está orientada en un ángulo 134 oblicuo desde el álabe 46 hasta el lado 108 de aspiración adyacente y por dentro del trayecto 82 de flujo. La superficie 126 de compresión converge hacia un lado de aspiración adyacente de manera que se define una zona 136 de compresión entre el borde 130 delantero y el borde 132 trasero. La zona 136 de compresión incluye un área 138 en sección transversal del canal 80 de flujo que se reduce a lo largo del trayecto 82 de flujo desde el borde 130 delantero y el borde 132 trasero. El borde 132 trasero de la superficie 126 de compresión define la zona 124 de estrangulamiento.

30 La superficie 128 de divergencia está acoplada a la superficie 126 de compresión y se extiende corriente abajo desde la superficie 126 de compresión hasta la abertura 78 de salida. La superficie 128 de divergencia incluye un primer extremo 140 y un segundo extremo 142 que está más próximo a la abertura 78 de salida que el primer extremo 140. El primer extremo 140 de la superficie 128 de divergencia está acoplada al borde 132 trasero de la superficie 126 de compresión. La superficie 128 de divergencia se extiende entre el primer extremo 140 y el segundo extremo 142 y está orientada en un ángulo 144 oblicuo desde el lado 106 de presión hasta el borde 132 trasero de la superficie 126 de compresión. La superficie 128 de divergencia define una zona 146 de divergencia que incluye un
 35 área 148 en sección transversal divergente que aumenta desde el borde 132 trasero de la superficie 126 de compresión hasta la abertura 78 de salida. La zona 146 de divergencia se extiende desde la zona 124 de estrangulamiento hasta la abertura 78 de salida. En la forma de realización de la presente invención, la rampa 98 de compresión supersónica no incluye la superficie 128 de divergencia. En esta forma de realización, el borde 132 trasero de la superficie 126 de compresión está situado en posición adyacente al borde 70 de salida del álabe 46 de manera que la zona 124 de estrangulamiento se define en posición adyacente a la abertura 78 de salida.

40 Durante la operación del rotor 40 de compresor supersónico el fluido 102 es canalizado desde la cavidad 52 cilíndrica interna por dentro de la abertura 76 a una primera velocidad, que es supersónica con respecto al disco 48 de rotor. El fluido 102 que entra en el canal 80 de flujo desde la cavidad 52 cilíndrica interna contacta con el borde 130 delantero de la rampa 48 de compresión supersónica para formar una primera onda de choque 152 oblicua. La zona 136 de compresión de la rampa 98 de compresión supersónica está configurada para hacer que la primera
 45 onda de choque 152 oblicua esté orientada en un ángulo oblicuo con respecto al trayecto 82 de flujo desde el borde 130 delantero hasta el álabe 46 adyacente, y por el interior del canal 80 de flujo. Cuando la primera onda de choque 152 oblicua contacta con el álabe 46 adyacente, una segunda onda de choque 154 oblicua se refleja desde el álabe 46 adyacente en un ángulo oblicuo con respecto al trayecto 82 de flujo y hasta la zona 124 de estrangulamiento de la rampa 98 de compresión supersónica. En un ejemplo, la superficie 126 de compresión está orientada para hacer
 50 que la segunda onda de choque 154 oblicua se extienda desde la primera onda de choque 152 oblicua en el álabe 46 adyacente hasta el borde 132 trasero que define la zona 124 de estrangulamiento. La rampa 98 de compresión supersónica está configurada para hacer que cada primera onda de choque 152 oblicua y cada segunda onda de choque 154 oblicua se formen dentro de la zona 136 de compresión.

55 Cuando el fluido 102 pasa a través de la zona 136 de compresión, una velocidad del fluido 102 se reduce cuando el fluido 102 pasa a través de cada una entre la primera onda de choque 152 oblicua y la segunda onda de choque 154 oblicua. Así mismo, una presión del fluido 102 se incrementa, y un volumen del fluido 102 disminuye. En este ejemplo, cuando el fluido 102 pasa a través de la zona 124 de estrangulamiento, la rampa 98 de compresión supersónica es configurada para acondicionar el fluido 102 para que presente una velocidad de salida en la abertura 78 de salida que sea supersónica con respecto al disco 48 de rotor. La rampa 98 de compresión supersónica está
 60 también configurada para impedir que una onda de choque normal se forme corriente abajo de la zona 124 de estrangulamiento y dentro del canal 80 de flujo. Una onda de choque normal es una onda de choque orientada en

perpendicular con el trayecto 82 de flujo que reduce una velocidad del fluido 102 hasta una velocidad subsónica con respecto al disco 48 de rotor a medida que pasa a través de la onda de choque normal. En este ejemplo, la zona 124 de estrangulamiento está situada lo suficientemente próxima a la abertura 78 de salida para impedir que la onda de choque normal se forme dentro del canal 80 de flujo. En la forma de realización de la presente invención, la zona 124 de estrangulamiento está situada en posición adyacente a la abertura 78 de salida para impedir que la onda de choque normal se forme dentro del canal 80 de flujo.

La Fig. 6 es una vista en perspectiva de un rotor 40 de compresor supersónico ejemplar alternativo. La Fig. 7 es una vista desde arriba de tamaño ampliado de una porción del rotor 40 de compresor supersónico mostrado en la Fig. 6 en la vista en sección 7 - 7. Los componentes idénticos mostrados en la Fig. 6 y en la Fig. 7 son etiquetados con los mismos números de referencia utilizados en la Fig. 4 y en la Fig. 5. En un ejemplo alternativo, el disco 48 de rotor incluye una superficie 158 corriente arriba, una superficie 160 corriente abajo y se extiende entre la superficie 158 corriente arriba y la superficie 160 corriente abajo en la dirección 66 axial. Cada superficie 158 corriente arriba y cada superficie 160 corriente abajo se extienden entre la superficie 56 radialmente interna y la superficie 58 radialmente externa. La superficie 58 radialmente externa se extiende circunferencialmente alrededor del disco 48 de rotor, y entre la superficie 158 corriente arriba y la superficie 160 corriente abajo. La superficie 58 radialmente externa tiene una anchura 162 definida en la dirección 66 axial. Cada álabe 46 está acoplado a la superficie 58 radialmente externa y se extiende circunferencialmente alrededor del disco 48 de rotor adoptando una forma helicoidal. El álabe 46 se extiende hacia fuera desde la superficie 58 radialmente externa en la dirección 64 radial. En este ejemplo, la superficie 58 externa tiene una forma sustancialmente cilíndrica. Como alternativa, la superficie 58 externa puede tener una forma cónica y / o cualquier forma apropiada para hacer posible que el rotor 40 de compresor supersónico funcione según lo descrito en la presente memoria.

Cada álabe 46 está separado axialmente de un álabe 46 adyacente de manera que el canal 80 de flujo esté orientado genéricamente en dirección 66 axial entre la abertura 76 de entrada y la abertura 78 de salida. El canal 80 de flujo se define entre cada par 74 de álabes 46 axialmente adyacentes. Cada par 74 de álabes 46 adyacentes está orientado de manera que la abertura 76 de entrada se defina en la superficie 158 corriente arriba y la abertura 78 de salida se defina en la superficie 160 corriente abajo. Un trayecto 164 de flujo axial se define en la dirección 66 axial a lo largo de la superficie 58 radialmente externa desde la abertura 76 de entrada hasta la abertura 78 de salida. En este ejemplo alternativa, el canal 80 de flujo incluye una anchura 166 axial que se define entre el lado 106 de presión y el lado 108 de aspiración adyacente de los álabes 46 y es sustancialmente perpendicular al trayecto 164 de flujo axial. La abertura 76 de entrada tiene una primera anchura 168 axial que es mayor que una segunda anchura 170 axial de la abertura 78 de salida. Como alternativa, la primera anchura 168 axial de la abertura 76 de entrada puede ser inferior a o igual a la segunda anchura 170 axial de la abertura 78 de salida.

En este ejemplo alternativo, al menos una rampa 98 de compresión supersónica está acoplada a cada álabe 46 y define la zona 124 de estrangulamiento del canal 80 de flujo que está situado entre la abertura 76 de entrada y la abertura 78 de salida. Como alternativa, la rampa 98 de compresión supersónica está acoplada a la superficie 58 radialmente externa del disco 48 de rotor. En el ejemplo alternativo, la superficie 126 de compresión de la rampa 98 de compresión supersónica está en posición adyacente al borde 70 de salida del álabe 46 adyacente para definir la zona 124 de estrangulamiento en la abertura 78 de salida.

El rotor de compresor supersónico anteriormente descrito proporciona un procedimiento rentable y fiable para incrementar una eficiencia de rendimiento de los sistemas de compresores supersónicos. Además, el rotor de compresor supersónico facilita el incremento de la eficiencia operativa del sistema de compresor supersónico mediante la reducción de la elevación de la entropía dentro de un fluido canalizado a través del rotor de compresor supersónico. Más en concreto, el rotor de compresión supersónico incluye una rampa de compresión supersónica configurada para canalizar el fluido a través de un trayecto de flujo de manera que el fluido se caracteriza por una velocidad supersónica en una salida del canal de fluido. Asimismo, la rampa de compresión supersónica está también configurada para impedir una formación de una onda de choque normal dentro del canal de flujo que reduce la elevación de la entropía del líquido dentro del canal de flujo. Como resultado de ello, el rotor de compresor supersónico facilita la mejora de la eficiencia operativa del sistema de compresor supersónico. De esta manera, se puede reducir el coste de mantenimiento del sistema de compresor supersónico.

Ejemplos y formas de realización de sistemas y procedimientos para el ensamblaje de un rotor de compresor supersónico se han descrito anteriormente con detalle. Los sistemas y el procedimiento no están limitados a los ejemplos y formas de realización específicas descritos en la presente memoria sino que, antes bien, los componentes de los sistemas y / o las etapas del procedimiento pueden ser utilizadas de manera independiente y de forma separada respecto de otros componentes y / o etapas descritas en la presente memoria. Por ejemplo, los sistemas y procedimientos pueden también ser utilizados en combinación con otros sistemas y procedimientos de motores rotatorios, y no están limitados a ser puestos en práctica únicamente con el sistema de compresor supersónico según se ha descrito en la presente memoria. Por el contrario, los ejemplos y formas de realización pueden implantarse y ser utilizados en combinación con muchas otras aplicaciones de sistemas rotatorios.

La descripción descrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la materia lleve a la práctica la invención, incluyendo la fabricación y la utilización

de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Un rotor de compresor supersónico que comprende:

un disco (48) de rotor que comprende un cuerpo que se extiende entre una superficie (56) radialmente interna y una superficie (58) radialmente externa;

5 una pluralidad de álabes (46) acoplados a dicho cuerpo, extendiéndose dichos álabes hacia el exterior de dicho disco (48) de rotor, adyacentes a dichos álabes que forman un par (74) y orientados de manera que un canal de flujo se define entre cada par de álabes adyacentes, extendiéndose dicho canal de flujo entre una abertura (76) de entrada y una abertura (78) de salida, en el que el canal (80) de flujo está dispuesto para canalizar fluido a lo largo de un trayecto (82) de flujo desde la abertura (76) de entrada hasta la
10 abertura (78) de salida en una dirección radial (64); y

al menos una rampa (98) de compresión supersónica situada dentro de dicho canal (80) de flujo, estando dicha rampa de compresión supersónica configurada para impedir que se forme una onda de choque normal dentro de dicho canal (80) de flujo y para condicionar un fluido que está siendo canalizado a través de dicho canal de flujo de manera que el fluido está **caracterizado por** una primera velocidad en dicha
15 abertura de entrada y una segunda velocidad en dicha abertura de salida, siendo cada una de dichas primera velocidad y segunda velocidad supersónicas con respecto a dichas superficies de disco de rotor;

en el que dicha rampa (98) de compresión supersónica comprende una superficie (126) de compresión que se extiende entre un borde (130) delantero y un extremo de borde (152) trasero, estando dicho borde delantero situado más próximo a dicha abertura (76) de entrada que dicho borde trasero, definiendo dicho
20 borde trasero una zona (124) de estrangulamiento de dicho canal (80) de flujo, presentando dicha zona de estrangulamiento un área en sección transversal mínima de dicho canal de flujo y en el que dicho borde (152) trasero está situado en posición adyacente a dicha abertura (78) de salida.

2.- Un rotor de compresor supersónico de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en el que cada álabe (46) de dicha pluralidad de álabes comprende una superficie (84) externa que al menos parcialmente define dicho canal (80) de flujo, estando dicha al menos una rampa (98) de compresión supersónica acoplada a dicha superficie
25 externa.

3.- Un rotor de compresor supersónico de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en el que dicho disco (48) de rotor comprende una superficie (84) externa que al menos parcialmente define dicho canal (80) de flujo, estando dicha al menos una rampa (98) de compresión supersónica acoplada a dicha superficie externa.

30 4.- Un rotor de compresor supersónico de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en el que dicho disco (48) de rotor incluye una pared terminal (60) que se extiende de manera sustancialmente radial entre dicha superficie (56) radialmente interna y dicha superficie (58) radialmente externa, estando dichos álabes (46) acoplados a dicha pared terminal, dichos álabes adyacentes están separados por una distancia circunferencial de manera que dicho canal (80) de flujo se define entre cada dicho par de álabes circunferencialmente adyacentes, extendiéndose
35 el canal de flujo entre dicha superficie radialmente interna y dicha superficie radialmente externa.

5.- Un sistema (10) de compresor supersónico que comprende:

una carcasa que comprende una superficie (56) interna que define una cavidad que se extiende entre una entrada (26) de fluido y una salida (28) de fluido;

40 un eje de accionamiento situado dentro de dicha carcasa, estando dicho eje (22) de accionamiento acoplado de forma rotatoria a un ensamblaje (18) de accionamiento; y

un rotor de compresor supersónico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes acoplado a dicho eje de accionamiento, estando dicho rotor de compresor supersónico situado entre dicha entrada (26) de fluido y dicha salida (28) de fluido para canalizar el fluido desde dicha entrada de fluido hasta dicha salida de fluido.

45 6.- Un procedimiento de ensamblaje de un rotor de compresor supersónico, comprendiendo dicho procedimiento:

la provisión de un disco (48) de rotor que incluye un cuerpo que se extiende entre una superficie (56) radialmente interna, una superficie (58) radialmente externa; el acoplamiento de una pluralidad de álabes (46) al cuerpo, extendiéndose dichos álabes hacia el exterior de dicho disco (48) de rotor, formando los álabes adyacentes un par y orientados de manera que un canal de flujo se define entre cada par de álabes adyacentes, extendiéndose el canal de flujo entre una abertura (76) de entrada y una abertura (78) de salida; y en el que el canal (80) de flujo está dispuesto para canalizar el fluido a lo largo de un trayecto (82) de flujo desde la abertura (76) de entrada hasta la abertura (78) de salida en una dirección (64) radial; y
50

el acoplamiento de al menos una rampa (98) de compresión supersónica a uno de entre un álabe de la pluralidad de álabes y el disco de rotor, estando la rampa de compresión supersónica situada dentro del

canal (80) de flujo y estando configurada para impedir que se forme una onda de choque normal dentro de dicho canal de flujo y condicionar que un fluido sea canalizado a través del canal de flujo de manera que el fluido está **caracterizado por** una primera velocidad en la abertura de entrada y una segunda velocidad en la abertura de salida, siendo cada una de la primera velocidad y la segunda velocidad supersónicas con respecto a las superficies del disco de rotor;

en el que dicha rampa (98) de compresión supersónica comprende una superficie (126) de compresión que se extiende entre un borde (130) delantero y un extremo de borde (152) trasero, estando dicho borde delantero situado más próximo a dicha abertura (76) de entrada que dicho borde trasero, definiendo dicho borde trasero una zona (124) de estrangulamiento de dicho canal (80) de flujo, presentando dicha zona de estrangulamiento un área en sección transversal mínima de dicho canal de flujo y en el que dicho borde (152) trasero está situado en posición adyacente a dicha abertura (78) de salida.

7.- Un procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 6, que comprende además:

la provisión del cuerpo (48) del disco de rotor que incluye una pared terminal (60) que se extiende genéricamente en posición radial entre la superficie (56) radialmente interna y la superficie (58) radialmente externa; y

el acoplamiento de la pluralidad de álabes (46) a la pared terminal, estando los álabes adyacentes separados por una distancia circunferencial, de manera que el canal (80) de flujo se define entre cada par de álabes circunferencialmente adyacentes, extendiéndose el canal de flujo entre la superficie radialmente interna y la superficie radialmente externa

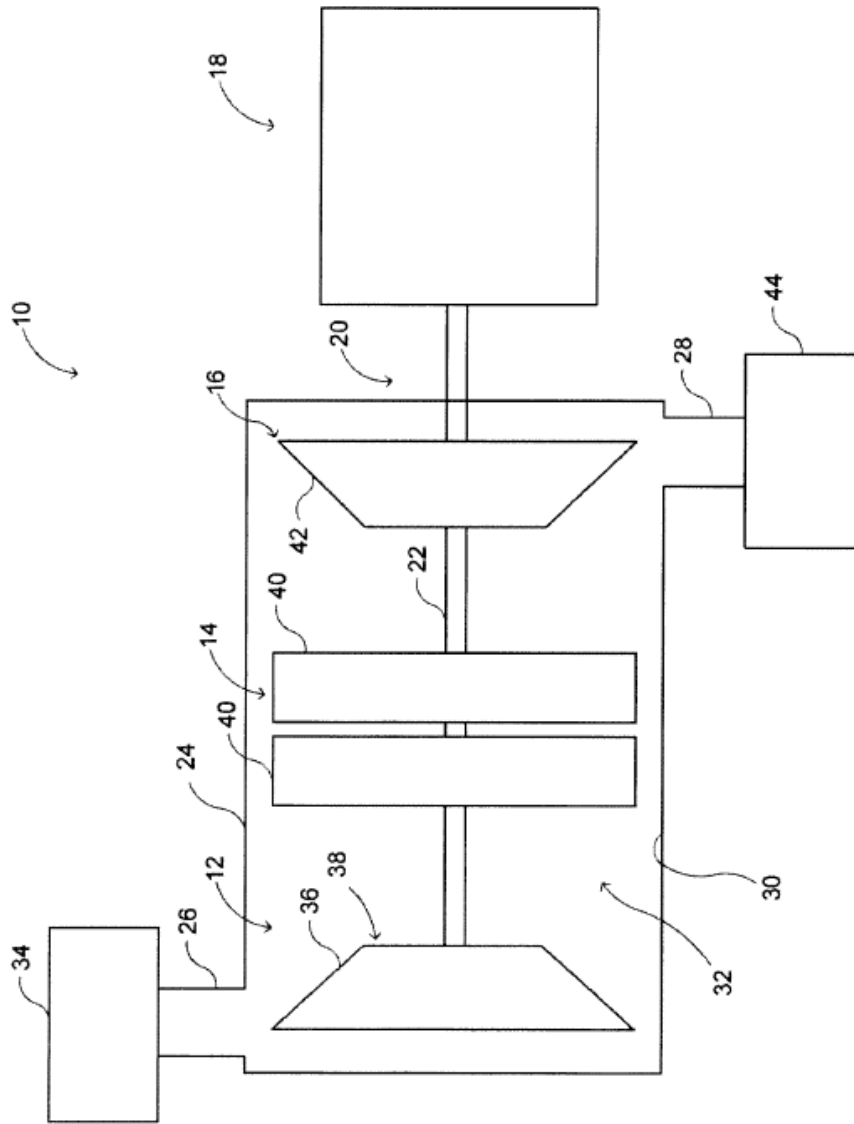


FIG. 1

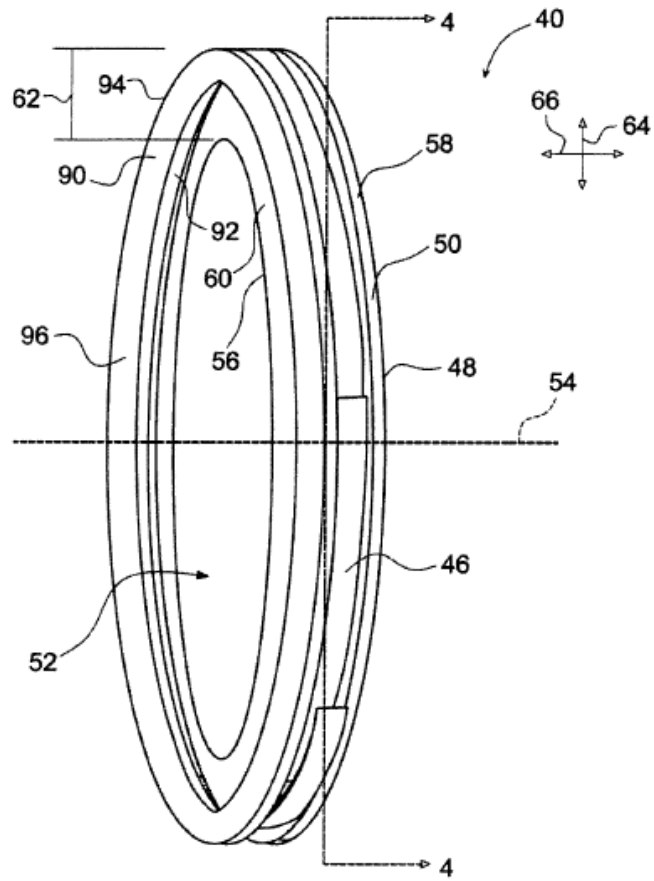


FIG. 2

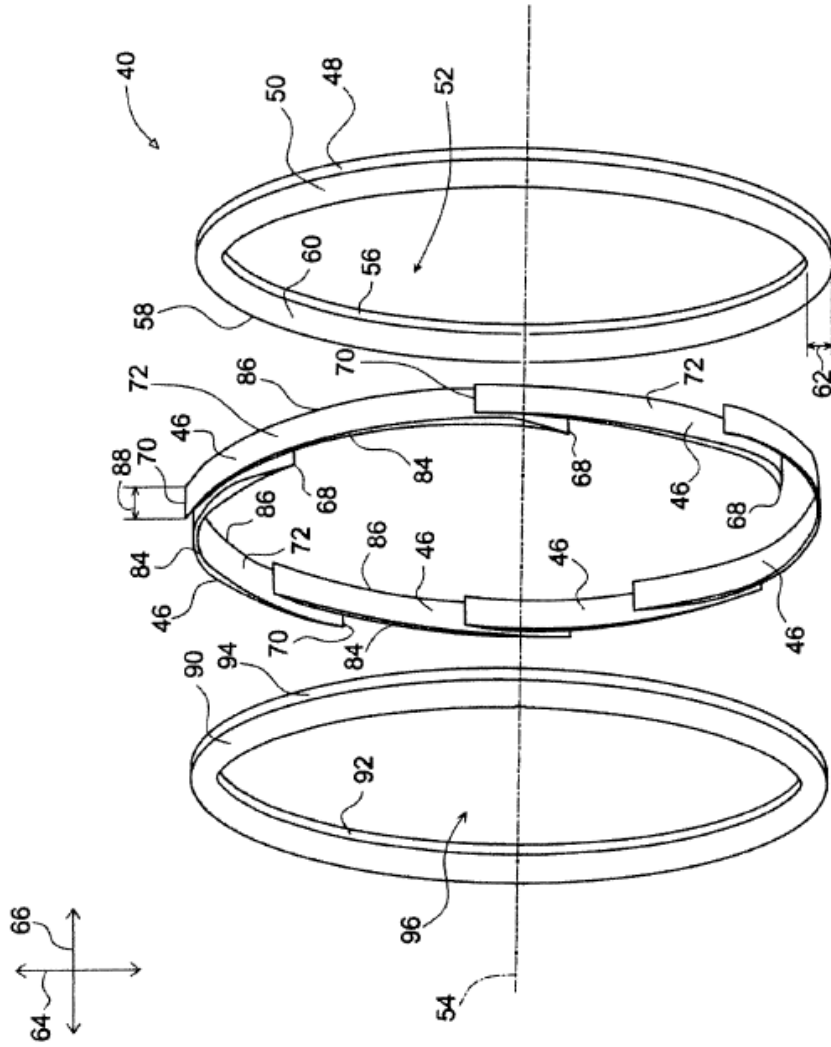


FIG. 3

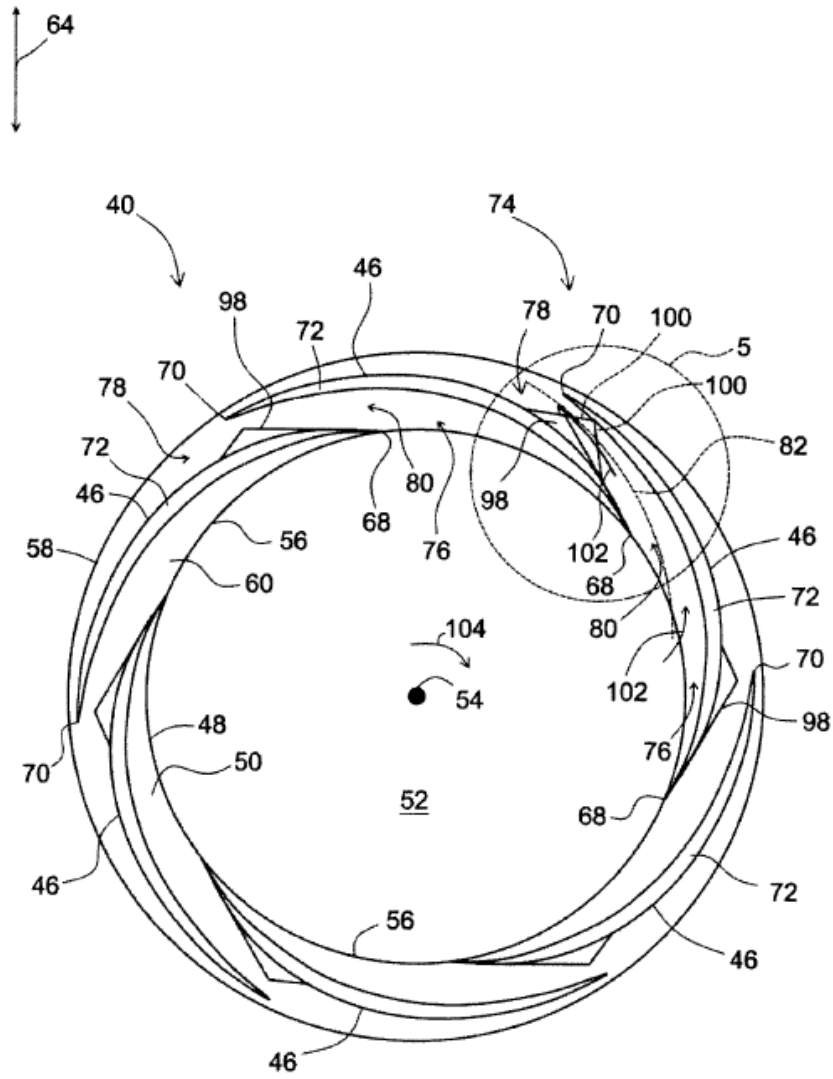


FIG. 4

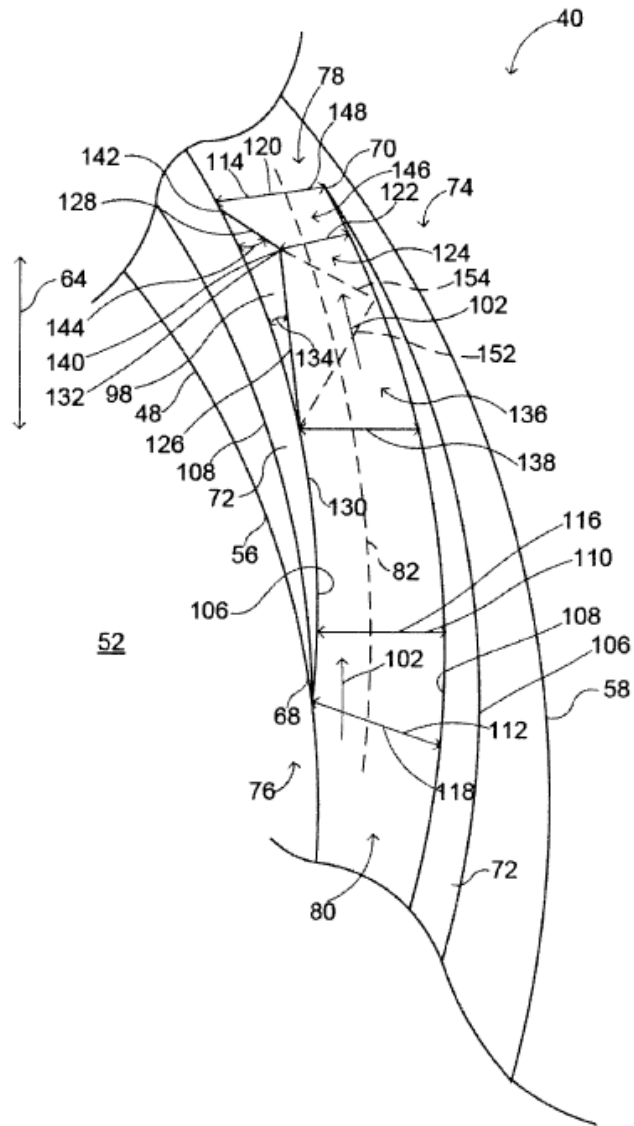


FIG. 5

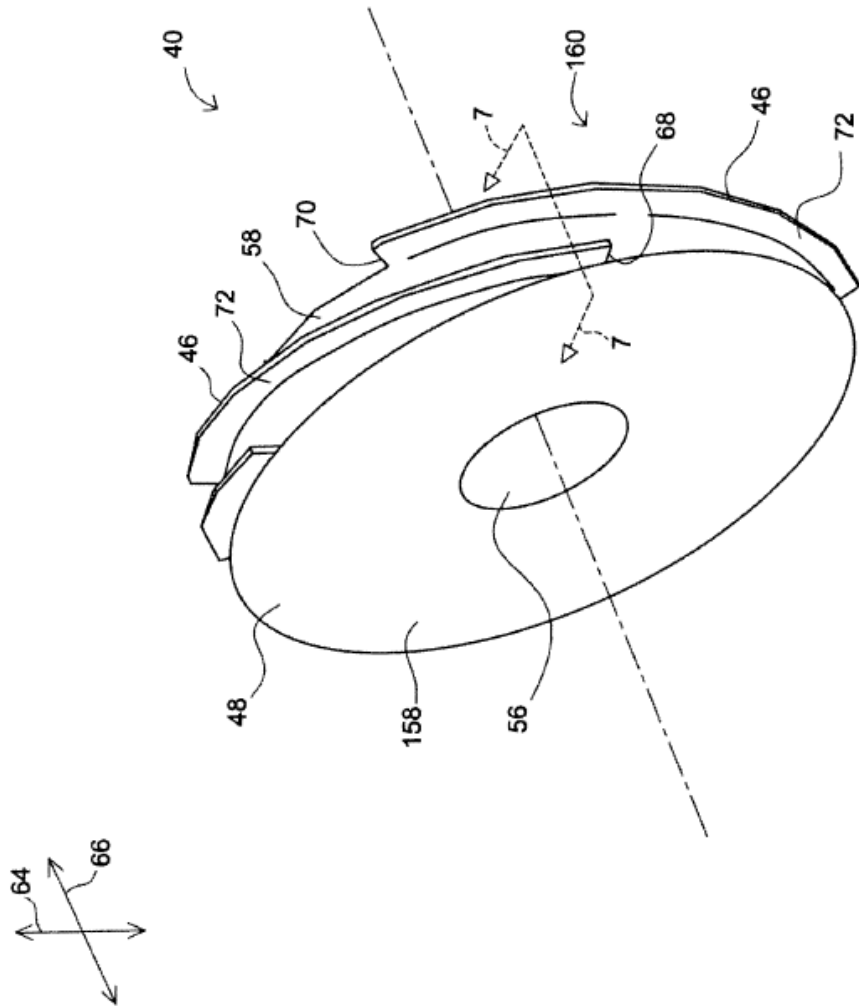


FIG. 6

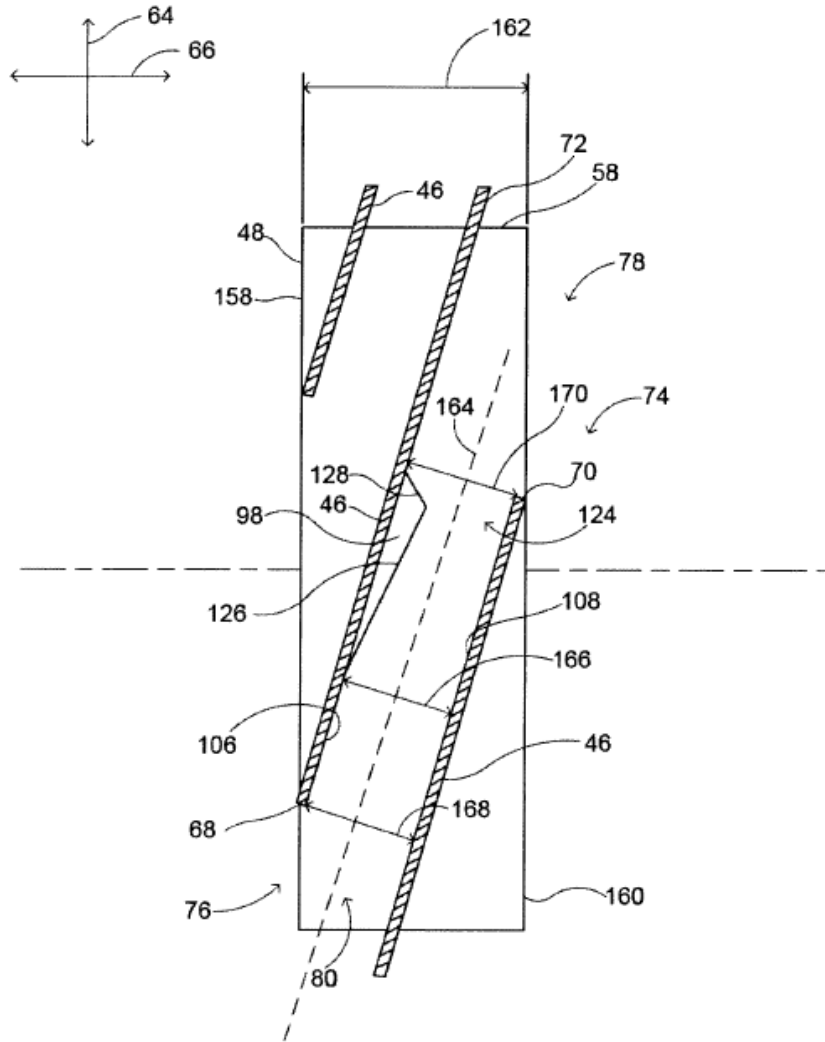


FIG. 7