

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 10 2012 004558-3 A2



* B R 1 0 2 0 1 2 0 0 4 5 5 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 29/02/2012

(43) Data da Publicação: 07/04/2015
(RPI 2309)

(54) Título: ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO E SISTEMA COMPRESSOR SUPERSÔNICO

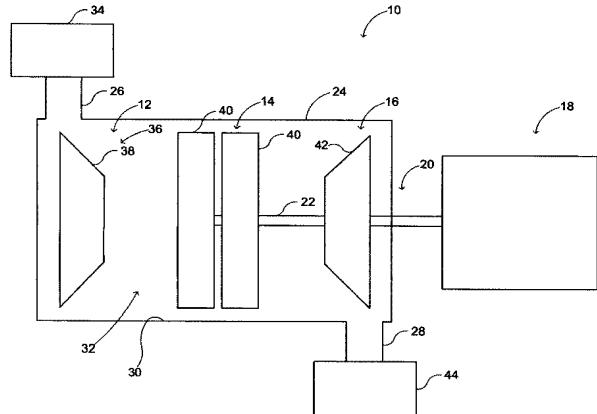
(51) Int.CI.: F04D21/00

(30) Prioridade Unionista: 01/03/2011 US 13/037,675

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): DHANANJAYARAO GOTTAPU,
DOUGLAS CARL HOFER

(57) Resumo: ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO E SISTEMA COMPRESSOR SUPERSÔNICO. Trata-se de um rotor de compressor supersônico que inclui um disco de rotor (48) que inclui uma parede de extremidade substancialmente cilíndrica (60), uma superfície radialmente interna (56), e uma superfície radialmente externa (58), em que a parede de extremidade se estende entre a superfície radialmente interna e a superfície radialmente externa, uma pluralidade de pás de hélice (46) acopladas à parede de extremidade, as pás de hélice se estendem para fora a partir da parede de extremidade, pás de hélice adjacentes que formam um par (74) e são espaçadas a uma distância circumferencial de modo que um canal de fluxo é definido entre cada par de pás de hélice circumferencialmente adjacentes, sendo que o canal de fluxo se estende em geral radialmente entre uma abertura de entrada (78) e uma abertura de saída (80), e a primeira rampa de compressão supersônica posicionada dentro do canal de fluxo para facilitar a formação de pelo menos uma onda de compressão (102) dentro do canal de fluxo



“ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO E SISTEMA COMPRESSOR SUPERSÔNICO”

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

O assunto descrito no presente documento refere-se, em geral, a sistemas compressores supersônicos e, mais particularmente, a um rotor de compressor supersônico para uso com um sistema compressor supersônico.

Pelo menos alguns sistemas compressores supersônicos conhecidos incluem um conjunto de acionamento, uma haste de acionamento, e pelo menos um rotor de compressor supersônico para comprimir um fluido. O conjunto de acionamento é acoplado ao rotor de compressor supersônico com a haste de acionamento para girar a haste de acionamento e o rotor de compressor supersônico.

Rotores de compressores supersônicos conhecidos incluem uma pluralidade de fiadas acopladas a um disco de rotor. Cada fiada é orientada circumferencialmente em torno do disco de rotor e define um canal de fluxo axial entre as fiadas adjacentes. Pelo menos alguns rotores de compressores supersônicos conhecidos incluem uma rampa de compressão supersônica que é acoplada ao disco de rotor. Rampas de compressão supersônica conhecidas são posicionadas dentro da trajetória de fluxo axial e são configuradas para formar uma onda de compressão dentro da trajetória de fluxo.

Durante a operação dos sistemas compressores supersônicos conhecidos, o conjunto de acionamento gira o rotor de compressor supersônico em uma alta velocidade rotacional. Um fluido é canalizado no rotor de compressor supersônico de modo que o fluido é caracterizado por uma velocidade que é supersônica com respeito ao rotor de compressor supersônico no canal de fluxo. Pelo menos alguns rotores de compressores supersônicos conhecidos descarregam fluidos a partir do canal de fluxo em uma direção axial. Conforme o fluido é canalizado em uma direção axial,

componentes do sistema compressor supersônico à jusante do rotor de compressor supersônico são exigidos por serem projetados para receber fluxo axial. Como tal, sistemas compressores supersônicos conhecidos exigem componentes adicionais para descarregar fluido em uma direção radial.

5 Sistemas compressores supersônicos conhecidos são descritos em, por exemplo, números de patente nº U.S. 7.334.990 e 7.293.955 depositados em 28 de março de 2005 e 23 de março de 2005 respectivamente, e Pedido de patente nº U.S. 2009/0196731 depositado em 16 de janeiro de 2009.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

10 Em uma realização, apresenta-se um rotor de compressor supersônico. O rotor de compressor supersônico inclui um disco de rotor que inclui uma parede de extremidade substancialmente cilíndrica, uma superfície radialmente interna, e uma superfície radialmente externa. A parede de extremidade estende-se entre a superfície radialmente interna e a superfície 15 radialmente externa. Uma pluralidade de pás de hélice é acoplada à parede de extremidade. As pás de hélice estendem-se para fora a partir da parede de extremidade. As pás de hélice adjacentes formam um par e são espaçadas por uma distância circunferencial de modo que um canal de fluxo seja definido entre cada par de pás de hélice circunferencialmente adjacentes. O canal de 20 fluxo geralmente estende-se radialmente entre uma abertura de entrada e uma abertura de saída. Uma primeira rampa de compressão supersônica é acoplada à parede de extremidade. A primeira rampa de compressão supersônica é posicionada dentro do canal de fluxo para facilitar a formação de pelo menos uma onda de compressão dentro do canal de fluxo.

25 Em outra realização, apresenta-se um sistema compressor supersônico. O sistema compressor supersônico inclui um alojamento que inclui uma superfície interna que define uma cavidade que se estende entre uma entrada de fluido e uma saída de fluido. Uma haste de rotor é posicionada

dentro do alojamento. A haste de rotor é acoplada de modo rotativo a um conjunto de acionamento. Um rotor de compressor supersônico é acoplado à haste de rotor. O rotor de compressor supersônico é posicionado entre a entrada de fluido e a saída de fluido para canalizar o fluido da entrada de fluido 5 para a saída de fluido. O rotor de compressor supersônico inclui um disco de rotor que inclui uma parede de extremidade substancialmente cilíndrica, uma superfície radialmente interna, e uma superfície radialmente externa. A parede de extremidade estende-se entre a superfície radialmente interna e a superfície radialmente externa. Uma pluralidade de pás de hélice é acoplada à parede de 10 extremidade. As pás de hélice estendem-se para fora a partir da parede de extremidade. Pás de hélice adjacentes formam um par e são espaçadas por uma distância circunferencial de modo que um canal de fluxo seja definido entre cada par de pás de hélice circunferencialmente adjacentes. O canal de fluxo geralmente estende-se de forma radial entre uma abertura de entrada e 15 uma abertura de saída. Uma primeira rampa de compressão supersônica é acoplada à parede de extremidade. A primeira rampa de compressão supersônica é posicionada dentro do canal de fluxo para facilitar a formação de pelo menos uma onda de compressão dentro do canal de fluxo.

Em outra realização, ainda, apresenta-se um método de 20 montagem de um rotor de compressor supersônico. O método inclui o fornecimento de um disco de rotor que inclui uma parede de extremidade, uma superfície radialmente interna, e uma superfície radialmente externa. A parede de extremidade estende-se entre a superfície radialmente interna e a superfície radialmente externa. Uma pluralidade de pás de hélice é acoplada à parede de 25 extremidade. As pás de hélice adjacentes formam um par e são espaçadas por uma distância circunferencial de modo que um canal de fluxo seja definido entre cada par de pás de hélice circunferencialmente adjacentes. O canal de fluxo geralmente estende-se de forma radial entre uma abertura de entrada e

uma abertura de saída. Uma primeira rampa de compressão supersônica é acoplada à parede de extremidade. A primeira rampa de compressão supersônica é configurada para permitir que pelo menos uma onda de compressão seja formada dentro do canal de fluxo.

5

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

Essas e outras funções, aspectos e vantagens da presente invenção serão melhor compreendidas quando a seguinte descrição detalhada for lida com referência aos desenhos anexos em que caracteres similares representam partes similares no decorrer dos desenhos, em que:

10

A Figura 1 é uma vista esquemática de um sistema compressor supersônico exemplificativo;

A Figura 2 é uma vista em perspectiva explodida de um rotor de compressor supersônico exemplificativo que pode ser usado com o sistema compressor supersônico mostrado na Figura 1;

15

A Figura 3 é uma vista em corte do rotor de compressor supersônico mostrado na Figura 2;

A Figura 4 é outra vista em corte do rotor de compressor supersônico mostrado na Figura 2;

20

A Figura 5 é uma vista em corte de uma realização alternativa do rotor de compressor supersônico mostrado na Figura 4;

A Figura 6 é uma vista em corte de outra realização alternativa do rotor de compressor supersônico mostrado na Figura 4.

25

Salvo indicação em contrário, os desenhos ora fornecidos destinam-se a ilustrar funções inventivas chaves da invenção. Essas funções inventivas chaves são supostamente aplicáveis em uma ampla variedade de sistemas que compreendem uma ou mais realizações da invenção. Como tal, os desenhos não pretendem incluir todas as funções convencionais conhecidas por aqueles de habilidade comum na técnica como exigidas para a prática da

invenção.

DESCRÍÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

No relatório descritivo a seguir e nas reivindicações que se seguem, serão feitas referências a uma série de termos, que serão definidas para ter os seguintes significados.

As formas singulares “um”, “uma”, “o” e “a” incluem referentes plurais a não ser que o contexto claramente indique o contrário.

“Opcional” ou “opcionalmente” significa que o evento ou circunstância descritos em seguida podem ou não ocorrer, e que a descrição inclui casos em que o evento ocorre e casos em que ele não ocorre.

A linguagem de aproximação, tal como a usada aqui no decorrer do relatório descritivo e das reivindicações, pode ser utilizada para modificar qualquer representação quantitativa que pudesse variar aceitavelmente sem resultar em uma mudança na função básica à qual se relaciona. Logo, um valor modificado por um termo ou por termos, tais como “aproximadamente” e “substantialmente”, não devem ser limitados ao valor preciso especificado. Pelo menos em alguns casos, a linguagem de aproximação pode corresponder à precisão de um instrumento para medir o valor. Aqui, e no decorrer do relatório descritivo e das reivindicações, as limitações de faixa podem ser combinadas e/ou permutadas, tais faixas são identificadas e incluem todas as subfaixas nela contidas, a menos que o contexto ou a linguagem indiquem o contrário.

O termo “rotor de compressor supersônico”, conforme utilizado aqui, refere-se a um rotor de compressor que compreende uma rampa de compressão supersônica disposta dentro de um canal de fluxo de fluido do rotor de compressor supersônico. Os rotores de compressor supersônicos são considerados “supersônicos” porque eles são projetados para girar em torno de um eixo geométrico de rotação em alta velocidade, de modo que um fluido em

movimento, por exemplo, um gás em movimento, ao encontrar o rotor de compressor supersônico girando em uma rampa de compressão supersônica disposta dentro de um canal de fluxo do rotor, seja considerado como tendo uma velocidade de fluido relativa que é supersônica. A velocidade relativa do 5 fluido pode ser definida em termos da soma vetorial da velocidade do rotor na rampa de compressão supersônica e da velocidade do fluido imediatamente antes de encontrar a rampa de compressão supersônica. Essa velocidade relativa do fluido é às vezes chamada de “velocidade de entrada supersônica local”, o que em certas realizações é uma combinação de uma velocidade de 10 entrada de gás e de uma velocidade tangencial de uma rampa de compressão supersônica disposta dentro de um canal de fluxo do rotor de compressor supersônico. Os rotores de compressor supersônicos são projetados para uso em velocidades tangenciais elevadas, por exemplo, velocidades tangenciais em uma faixa de 300 metros/segundo a 800 metros/segundo.

15 Os sistemas e métodos exemplificativos ora descritos superam as desvantagens de conjuntos compressores supersônicos conhecidos fornecendo-se um rotor de compressor supersônico que facilita a canalização de um fluido através de uma trajetória de fluxo geralmente radial. Mais precisamente, as realizações ora descritas incluem uma rampa de compressão 20 supersônica que é acoplada a uma parede de extremidade de um disco de rotor para definir o canal de fluxo radial. Além disso, fornecendo-se um canal de fluxo radial ao rotor de compressor supersônico permite-se que um sistema compressor supersônico seja projetado com uma descarga de fluxo radial.

A Figura 1 é uma vista esquemática de um sistema compressor 25 supersônico exemplificativo 10. Na realização exemplificativa, o sistema compressor supersônico 10 inclui uma seção de admissão 12, uma seção de compressor 14 acoplada a jusante a partir da seção de admissão 12, uma seção de descarga 16 acoplada a jusante a partir da seção de compressor 14,

e um conjunto de acionamento 18. A seção de compressor 14 é acoplada ao conjunto de acionamento 18 por um conjunto de rotor 20 que inclui uma haste de acionamento 22. Na realização exemplificativa, tanto a seção de admissão 12, quanto a seção de compressor 14 e a seção de descarga 16 são 5 posicionadas dentro de um alojamento de compressor 24. Mais precisamente, o alojamento de compressor 24 inclui uma entrada de fluido 26, uma saída de fluido 28, e uma superfície interna 30 que define uma cavidade 32. A cavidade 32 estende-se entre a entrada de fluido 26 e a saída de fluido 28, e é configurada para canalizar um fluido da entrada de fluido 26 à saída de fluido 10 28. Tanto a seção de admissão 12, quanto a seção de compressor 14 e a seção de descarga 16 são posicionadas dentro da cavidade 32. De forma alternativa, a seção de admissão 12 e/ou a seção de descarga 16 podem não ser posicionada dentro do alojamento de compressor 24.

Na realização exemplificativa, a entrada de fluido 26 é configurada 15 para canalizar um fluxo de fluido de uma fonte de fluido 34 à seção de admissão 12. O fluido pode ser qualquer fluido como, por exemplo, um líquido, um gás, uma mistura gasosa, e/ou uma mistura líquido-gasosa. A seção de admissão 12 é acoplada em comunicação fluida à seção de compressor 14 para canalizar o fluido da entrada de fluido 26 à seção de compressor 14. A seção de admissão 12 é configurada para condicionar um fluxo de fluido que 20 tenha um ou mais parâmetros pré-determinados, tais como uma velocidade, uma taxa de fluxo de massa, uma pressão, uma temperatura, e/ou qualquer parâmetro apropriado de fluido. Na realização exemplificativa, a seção de admissão 12 inclui um conjunto de pás de hélice para guia de entrada 36 que é acoplado entre a entrada de fluido 26 e a seção de compressor 14 para 25 canalizar o fluido da entrada de fluido 26 à seção de compressor 14. O conjunto de pás de hélice para guia de entrada 36 inclui uma ou mais pás de hélice para guia de entrada 38 que são acopladas ao alojamento de

compressor 24 e são fixas em relação à seção de compressor 14.

A seção de compressor 14 é acoplada entre a seção de admissão 12 e a seção de descarga 16 para canalizar pelo menos uma parte do fluido da seção de admissão 12 à seção de descarga 16. A seção de compressor 14 inclui pelo menos um rotor de compressor supersônico 40 que é acoplado de modo rotativo à haste de acionamento 22. O rotor de compressor supersônico 40 é configurado para aumentar uma pressão de fluido, reduzir um volume de fluido, e/ou aumentar uma temperatura do fluido que é canalizado para a seção de descarga 16. A seção de descarga 16 inclui um conjunto de pás de hélice para guia de saída 42 que é acoplado entre o rotor de compressor supersônico 40 e a saída de fluido 28 para canalizar o fluido do rotor de compressor supersônico 40 para a saída de fluido 28. A saída de fluido 28 é configurada para canalizar o fluido do conjunto de pás de hélice para guia de saída 42 e/ou do rotor de compressor supersônico 40 até um sistema de saída como, por exemplo, um sistema de motor a turbina, um sistema de tratamento de fluido, e/ou um sistema de armazenamento de fluido.

Durante a operação, a seção de admissão 12 canaliza o fluido proveniente da fonte de fluido 34 em direção à seção de compressor 14. A seção de compressor 14 comprime o fluido e descarrega o fluido comprimido em direção à seção de descarga 16. A seção de descarga 16 canaliza o fluido comprimido da seção de compressor 14 para o sistema de saída 44 através da saída de fluido 28.

A Figura 2 é uma vista em perspectiva explodida do rotor de compressor supersônico 40. A Figura 3 é uma vista em corte do rotor de compressor supersônico 40. A Figura 4 é outra vista em corte de uma parte do rotor de compressor supersônico 40. Na realização exemplificativa, o rotor de compressor supersônico 40 inclui uma pluralidade de pás de hélice 46 que é acoplada a um disco de rotor 48. O disco de rotor 48 inclui um corpo do disco

anular 50 que define uma cavidade cilíndrica interna 52 que se estende geralmente de modo axial através do corpo do disco 50 ao longo do eixo geométrico da linha de centro 54. O corpo do disco 50 inclui uma superfície radialmente interna 56, uma superfície radialmente externa 58, e uma parede de extremidade 60. A superfície radialmente interna 56 define a cavidade cilíndrica interna 52. A cavidade cilíndrica interna 52 tem uma forma substancialmente cilíndrica e é orientada em volta do eixo geométrico da linha central 54. A cavidade cilíndrica interna 52 é dimensionada para receber a haste de acionamento 22 (mostrada na Figura 1) através da mesma. A parede de extremidade 60 estende-se radialmente para fora a partir da cavidade cilíndrica interna 52, e entre a superfície radialmente interna 56 e a superfície radialmente externa 58. A parede de extremidade 60 inclui uma largura 62 definida em uma direção radial 64 que é orientada perpendicularmente ao eixo geométrico da linha central 54.

Na realização exemplificativa, cada pá de hélice 46 é acoplada à parede de extremidade 60 e estende-se para fora a partir da parede de extremidade 60 em uma direção axial 66 que é geralmente paralela ao eixo geométrico da linha central 54. Cada pá de hélice 46 inclui uma borda de entrada 68, uma borda de saída 70, e uma parede lateral 72 que se estende entre a borda de entrada 68 e a borda de saída 70. A borda de entrada 68 é posicionada de modo adjacente à superfície radialmente interna 56. A borda de saída 70 é posicionada de modo adjacente à superfície radialmente externa 58. Na realização exemplificativa, as pás de hélice adjacentes 46 formam um par 74 de pás de hélice 46. Cada par 74 é orientado para definir um canal de fluxo 76, uma abertura de entrada 78, e uma abertura de saída 80 entre pás de hélice adjacentes 46. O canal de fluxo 76 estende-se entre a abertura de entrada 78 e a abertura de saída 80 e define uma trajetória de fluxo 82 (mostrada na Figura 3) da abertura de entrada 78 à abertura de saída 80. A

trajetória de fluxo 82 é orientada geralmente de forma paralela à parede lateral 72. Na realização exemplificativa, a trajetória de fluxo 82 inclui um componente de vetor radial e um componente de vetor tangencial. O canal de fluxo 76 é dimensionado, moldado, e orientado para canalizar o fluido ao longo da 5 trajetória de fluxo 82, da abertura de entrada 78 à abertura de saída 80 em direção radial 64, de modo que o fluido seja caracterizado por ter um vetor de fluxo tangencial, representando pela seta 83, e um vetor de fluxo radial, representado pela seta 85 através da trajetória de fluxo 82. A abertura de entrada 78 é definida entre as bordas de entrada adjacentes 68 das pás de 10 hélice adjacentes 46. A abertura de saída 80 é definida entre as bordas de saída adjacentes 70 das pás de hélice adjacentes 46. A parede lateral 72 estende-se radialmente entre a borda de entrada 68 e a borda de saída 70 de modo que as pás de hélice 46 estendem-se entre a superfície radialmente interna 56 e a superfície radialmente externa 58. A parede lateral 72 inclui uma 15 superfície externa 84 e uma superfície interna oposta 86. A parede lateral 72 estende-se entre a superfície externa 84 e a superfície interna 86 para definir uma altura axial 88 do canal de fluxo 76 a partir da superfície externa 84 até a superfície interna 86.

Cada parede lateral 72 inclui um primeiro lado, ou seja, um lado 20 de pressão 90, e um segundo lado oposto, ou seja, um lado de sucção 92. Cada lado de pressão 90 e lado de sucção 92 estende-se entre a borda de entrada 68 e a borda de saída 70. Cada pá de hélice 46 é espaçada circumferencialmente em volta da cavidade cilíndrica interna 52 de modo que o canal de fluxo 76 seja orientado geralmente de forma radial entre a abertura de 25 entrada 78 e a abertura de saída 80. Cada abertura de entrada 78 estende-se entre o lado de pressão 90 e um lado de sucção adjacente 92 da pá de hélice 46 na borda de entrada 68. Cada abertura de saída 80 estende-se entre o lado de pressão 90 e o lado de sucção adjacente 92 na borda de saída 70, de modo

que a trajetória de fluxo 82 seja definida radialmente para fora a partir da superfície radialmente interna 56 até a superfície radialmente externa 58 na direção radial 64. De forma alternativa, as pás de hélice adjacentes 46 podem ser orientadas de modo que a abertura de entrada 78 seja definida na 5 superfície radialmente externa 58 e a abertura de saída 80 seja definida na superfície radialmente interna 56 de modo que a trajetória de fluxo 82 seja definida radialmente para dentro a partir da superfície radialmente externa 58 até a superfície radialmente interna 56.

Na realização exemplificativa, o canal de fluxo 76 inclui uma 10 largura 94 que é definida entre o lado de pressão 90 e o lado de sucção adjacente 92, e é perpendicular à trajetória de fluxo 82. A abertura de entrada 78 tem uma primeira largura circumferencial 96 que é maior que uma segunda largura circumferencial 98 da abertura de saída 80. De forma alternativa, a primeira largura circumferencial 96 da abertura de entrada 78 pode ser menor 15 ou igual à segunda largura circumferencial 98 da abertura de saída 80.

Na realização exemplificativa, pelo menos uma rampa de compressão supersônica 100 é acoplada à parede de extremidade 60 e estende-se para fora a partir da parede de extremidade 60 na direção axial 66. A rampa de compressão supersônica 100 é posicionada entre a abertura de 20 entrada 78 e a abertura de saída 80, e estende-se pelo menos parcialmente em direção ao canal de fluxo 76 a partir da parede de extremidade 60. A rampa de compressão supersônica 100 é dimensionada, modelada, e orientada de modo a permitir que uma ou mais ondas de compressão 102 formem-se dentro do canal de fluxo 76.

25 Um conjunto de invólucro 104 é acoplado à superfície externa 84 de cada pá de hélice 46 de modo que o canal de fluxo 76 seja definido entre o conjunto de invólucro 104 e a parede de extremidade 60. O conjunto de invólucro 104 inclui uma borda interna 106, uma borda externa 108, e uma

placa de invólucro 110 que se estende radialmente entre a borda interna 106 e a borda externa 108. A borda interna 106 define uma abertura substancialmente cilíndrica 112. O conjunto de invólucro 104 é orientado de forma coaxial em relação ao disco de rotor 48, de modo que a cavidade 5 cilíndrica interna 52 seja concêntrica em relação à abertura 112. O conjunto de invólucro 104 é acoplado a cada pá de hélice 46 de modo que a borda de entrada 68 da pá de hélice 46 seja posicionada de forma adjacente à borda interna 106 do conjunto de invólucro 104, e a borda de saída 70 da pá de hélice 10 46 seja posicionada de forma adjacente à borda externa 108 do conjunto de invólucro 104. Cada pá de hélice 46 estende-se de forma axial entre uma superfície interna 114 da placa de invólucro 110 e a parede de extremidade 60. De forma alternativa, o rotor de compressor supersônico 40 não inclui o 15 conjunto de invólucro 104. Em tal realização, um conjunto de diafragma (não mostrado) é posicionado de forma adjacente a cada superfície externa 84 das pás de hélice 46, de modo que o conjunto de diafragma defina pelo menos parcialmente o canal de fluxo 76.

Durante a operação do rotor de compressor supersônico 40, a seção de admissão 12 (mostrada na Figura 1) canaliza um fluido 116 em direção à abertura de entrada 78 do canal de fluxo 76. O fluido 116 tem uma 20 primeira velocidade, ou seja, uma velocidade de aproximação, imediatamente antes de entrar na abertura de entrada 78. O rotor de compressor supersônico 40 é girado em volta do eixo geométrico da linha central 54 a uma segunda velocidade, ou seja, uma velocidade rotacional, representada pela seta 118, de modo que o fluido 116, ao entrar no canal de fluxo 76, inclui uma terceira 25 velocidade, ou seja, uma velocidade de entrada na abertura de entrada 78 que é supersônica em relação às pás de hélice 46. Conforme o fluido 116 é canalizado através do canal de fluxo 76 a uma velocidade supersônica, a rampa de compressão supersônica 100 faz com que as ondas de compressão

102 sejam formadas dentro do canal de fluxo 76 para facilitar a compressão do fluido 116, de modo que o fluido 116 inclui uma pressão e temperatura aumentadas, e/ou inclui um volume reduzido na abertura de saída 80.

Na realização exemplificativa, a rampa de compressão supersônica 100 é acoplada à parede de extremidade 60 para definir o canal de fluxo 76 que tem uma área em corte transversal 120 que varia ao longo da trajetória de fluxo 82. A área em corte transversal 120 do canal de fluxo 76 é definida perpendicularmente à trajetória de fluxo 82 e é igual à largura 94 do canal de fluxo 76 multiplicada pela altura axial 88 do canal de fluxo 76. O canal de fluxo 76 inclui uma primeira área, ou seja, uma área em corte transversal de entrada 122 na abertura de entrada 78, uma segunda área, ou seja, uma área em corte transversal de saída 124 na abertura de saída 80, e uma terceira área, ou seja, uma área em corte transversal mínima 126 que é definida entre a abertura de entrada 78 e a abertura de saída 80. Na realização exemplificativa, a rampa de compressão supersônica 100 define uma região de gargalo 128 do canal de fluxo 76. A região de gargalo 128 inclui a área em corte transversal mínima 126 do canal de fluxo 76. A área em corte transversal mínima 126 é inferior à área em corte transversal de entrada 122 e à área em corte transversal de saída 124. Em uma realização, a área em corte transversal mínima 126 é igual à área em corte transversal de saída 124, em que tanto a área em corte transversal de saída 124 quanto a área em corte transversal mínima 126 são inferiores à área em corte transversal de entrada 122.

Na realização exemplificativa, a rampa de compressão supersônica 100 inclui uma superfície de compressão 130 e uma superfície divergente 132. A superfície de compressão 130 inclui uma primeira borda, ou seja, uma borda anterior 134 e uma segunda borda, ou seja, uma borda posterior 136. A borda anterior 134 é posicionada mais próxima à abertura de entrada 78 que a borda posterior 136. A superfície de compressão 130

estende-se entre a borda anterior 134 e a borda posterior 136, e é orientada em um ângulo oblíquo α_1 a partir da parede de extremidade 60 e em direção ao canal de fluxo 76. Na realização exemplificativa, a superfície de compressão 130 estende-se para fora a partir da parede de extremidade 60 e em direção ao canal de fluxo 76 de modo que o ângulo α_1 seja definido entre cerca de 2° e cerca de 10° como medido entre a parede de extremidade 60 e a superfície de compressão 130. De forma alternativa, a superfície de compressão 130 pode ser orientada em relação à parede de extremidade 60 de modo que o ângulo α_1 possa ser qualquer ângulo apropriado capaz de permitir que a rampa de compressão supersônica 100 funcione como descrita nessa invenção. Na realização exemplificativa, a superfície de compressão 130 inclui uma superfície substancialmente planar 138 que se estende entre a borda anterior 134 e a borda posterior 136. Em uma realização alternativa, a superfície de compressão 130 inclui uma superfície arqueada 140 (mostrada em linhas tracejadas) que se estende entre a borda anterior 134 e a borda posterior 136.

Na realização exemplificativa, a superfície de compressão 130 converge em direção à placa de invólucro 110 de modo que uma região de compressão 142 seja definida entre a borda anterior 134 e a borda posterior 136. A região de compressão 142 inclui uma área transversal 144 do canal de fluxo 76 que é reduzida ao longo da trajetória de fluxo 82 a partir da borda anterior 134 até a borda posterior 136. A borda posterior 136 da superfície de compressão 130 define a região de gargalo 128. A superfície divergente 132 é acoplada à superfície de compressão 130 e estende-se a jusante a partir da superfície de compressão 130 em direção à abertura de saída 80. A superfície divergente 132 inclui uma primeira extremidade 146 e uma segunda extremidade 148 que é mais próxima à abertura de saída 80 do que a primeira extremidade 146. A primeira extremidade 146 da superfície divergente 132 é acoplada à borda posterior 136 da superfície de compressão 130. A superfície

divergente 132 estende-se entre a primeira extremidade 146 e a segunda extremidade 148 e é orientada em um ângulo oblíquo α_2 em relação à parede de extremidade 60. A superfície divergente 132 define uma região divergente 150 que inclui uma área em corte transversal divergente 152 que aumenta a 5 partir da borda posterior 136 da superfície de compressão 130 até a abertura de saída 80. A região divergente 150 estende-se da região de gargalo 128 à abertura de saída 80.

Durante a operação do rotor de compressor supersônico 40, o fluido 116 é canalizado a partir da cavidade cilíndrica interna 52 em direção à 10 abertura de entrada 78, a uma velocidade que é supersônica em relação ao disco de rotor 48. O fluido 116 que entra no canal de fluxo 76 a partir da cavidade cilíndrica interna 52 é canalizado através da região de compressão 142 e entra em contato com a rampa de compressão supersônica 100. A rampa de compressão supersônica 100 é dimensionada, modelada, e orientada 15 para fazer com que um sistema 154 de ondas de compressão 102 seja formado dentro do canal de fluxo 76. O sistema 154 inclui uma primeira onda de choque oblíqua 156 que é formada conforme o fluido 116 é canalizado 20 atravessando a rampa de compressão supersônica 100 e até da região de compressão 142. A superfície de compressão 130 faz com que a primeira onda de choque oblíqua 156 seja formada na borda anterior 134 da superfície de compressão 130. A primeira onda de choque oblíqua 156 estende-se 25 atravessando a trajetória de fluxo 82 a partir da borda anterior 134 até a placa de invólucro 110, e é orientada em um ângulo oblíquo em relação à trajetória de fluxo 82. A primeira onda de choque oblíqua 156 entra em contato com a placa de invólucro 110 e forma uma segunda onda de choque oblíqua 158 que é refletida a partir da placa de invólucro 110 em direção à borda posterior 136 da superfície de compressão 130 em um ângulo oblíquo em relação à trajetória de fluxo 82. A rampa de compressão supersônica 100 é configurada de modo a

fazer com que tanto a primeira onda de choque oblíqua 156 quanto a segunda onda de choque oblíqua 158 sejam formadas dentro da região de compressão 142. Conforme o fluido é canalizado através da região de gargalo 128 em direção à abertura de saída 80, uma onda de choque normal 160 é formada 5 dentro da região divergente 150. A onda de choque normal 160 é orientada de forma perpendicular à trajetória de fluxo 82 e estende-se atravessando a trajetória de fluxo 82.

À medida que o fluido 116 atravessa a região de compressão 142, uma velocidade de fluido 116 é reduzida conforme o fluido 116 atravessa tanto 10 a primeira onda de choque oblíqua 156 quanto a segunda onda de choque oblíqua 158. Além disso, aumenta-se uma pressão de fluido 116, e reduz-se um volume de fluido 116. Conforme o fluido 116 atravessa a região de gargalo 128, reduz-se uma velocidade de fluido 116 a jusante da região de gargalo 128 até a onda de choque normal 160. Conforme o fluido atravessa a onda de 15 choque normal 160, reduz-se uma velocidade de fluido 116 a uma velocidade subsônica relativa às pás de hélice 46.

A Figura 5 é uma vista em corte de uma realização alternativa do rotor de compressor supersônico 40 que inclui uma rampa alternativa de compressão supersônica 200. Em uma realização alternativa, a rampa de 20 compressão supersônica 200 é configurada para evitar que a onda de choque normal 160 (mostrada na Figura 4) seja formada no canal de fluxo 76. A rampa de compressão supersônica 200 inclui uma superfície de compressão 130 que é posicionada dentro do canal de fluxo 76 de modo que a região de gargalo 128 seja definida de forma adjacente à abertura de saída 80. Além disso, a 25 borda posterior 136 da superfície de compressão 130 é posicionada de forma adjacente à abertura de saída 80 de modo que a rampa de compressão supersônica 200 não inclua a superfície divergente 132. Durante a operação, conforme o fluido 116 é canalizado através do canal de fluxo 76, a rampa de

compressão supersônica 200 condiciona o fluido 116 que é canalizado através da região de gargalo 128 para incluir uma velocidade na abertura de saída 80 que seja supersônica em relação ao disco de rotor 48.

A Figura 6 é uma vista em corte de outra realização alternativa do 5 rotor de compressor supersônico 40. Na realização alternativa, o rotor de compressor supersônico 40 inclui uma primeira rampa de compressão supersônica 202 e uma segunda rampa de compressão supersônica 204. A primeira rampa de compressão supersônica 202 é acoplada à parede de extremidade 60 e é posicionada dentro do canal de fluxo 76, e entre a abertura 10 de entrada 78 e a abertura de saída 80. A segunda rampa de compressão supersônica 204 é acoplada à superfície interna 114 da placa de invólucro 110 e estende-se a partir da placa de invólucro 110 em direção à parede de extremidade 60, e para dentro do canal de fluxo 76. A segunda rampa de compressão supersônica 204 é posicionada em relação à primeira rampa de 15 compressão supersônica 202 de modo que a região de gargalo 128 seja definida entre a primeira rampa de compressão supersônica 202 e a segunda rampa de compressão supersônica 204. A primeira rampa de compressão supersônica 202 inclui uma primeira superfície de compressão 206 e uma primeira superfície divergente 208. A segunda rampa de compressão 20 204 inclui uma segunda superfície de compressão 210 e uma segunda superfície divergente 212. Tanto a primeira superfície de compressão 206 quanto a segunda superfície de compressão 210 incluem uma borda anterior 134 e uma borda posterior 136. A região de gargalo 128 é definida entre cada borda posterior 136. A região de compressão 142 é definida entre a 25 primeira superfície de compressão 206 e a segunda superfície de compressão 210. A região divergente 150 é definida entre a primeira superfície divergente 208 e segunda superfície divergente 212.

Na realização alternativa, durante a operação, uma vez que o

fluido 116 é canalizado através do canal de fluxo 76, a primeira rampa de compressão supersônica 202 faz com que um primeiro sistema 214 de ondas de compressão 102 seja formado dentro da região de compressão 142 do canal de fluxo 76. A segunda região de compressão supersônica 142 faz com 5 que um segundo sistema 216 de ondas de compressão 102 seja formado dentro da região de compressão 142 que é substancialmente oposta ao primeiro sistema 214. O primeiro sistema 214 inclui uma primeira onda de choque oblíqua 218 que se estende atravessando a trajetória de fluxo 82 a partir da primeira superfície de compressão 206 na borda anterior 134 até a 10 segunda superfície de compressão 210. A primeira onda de choque oblíqua 218 entra em contato com a segunda superfície de compressão 210 e forma uma segunda onda de choque oblíqua 220 que é refletida a partir da segunda superfície de compressão 210 em direção à borda posterior 136 da primeira superfície de compressão 206. O segundo sistema 216 inclui uma terceira onda 15 de choque oblíqua 222 que se estende atravessando a trajetória de fluxo 82 a partir da borda anterior 134 da segunda superfície de compressão 210 até a primeira superfície de compressão 206. A primeira superfície de compressão 206 reflete a terceira onda de choque oblíqua 222 para formar uma quarta onda de choque oblíqua 224 que se estende a partir da primeira superfície de 20 compressão 206 em direção à borda posterior 136 da segunda superfície de compressão 210. Tanto a primeira rampa de compressão supersônica 202 quanto a segunda rampa de compressão supersônica 204 são configuradas para fazer com que a onda de choque normal 160 seja formada a jusante da região de gargalo 128 e dentro da região divergente 150.

25 O rotor de compressor supersônico acima descrito fornece um método confiável, e com boa relação custo/benefício, para canalizar um fluido de modo radial através de um sistema compressor supersônico. Mais precisamente, o rotor de compressor supersônico ora descrito inclui uma rampa

de compressão supersônica que é acoplada à uma parede de extremidade de um disco de rotor para definir o canal de fluxo radial. Fornecendo-se um canal de fluxo radial a um rotor de compressor supersônico, permite-se que um sistema compressor supersônico seja projetado com uma descarga de fluxo 5 radial. Consequentemente, o rotor de compressor supersônico reduz uma série de componentes em conjuntos de compressor supersônicos conhecidos que são necessários para ajustar uma direção de fluxo axial para uma direção de fluxo radial. Dessa forma, o custo de manutenção do sistema compressor supersônico pode ser reduzido.

10 Realizações exemplificativas de sistemas e métodos de montagem de um rotor de compressor supersônico são descritas acima detalhadamente. O sistema e os métodos não se limitam às realizações específicas ora descritas, mas em vez disso, os componentes dos sistemas e/ou as etapas do método podem ser utilizados independente e separadamente 15 de outros componentes e/ou etapas ora descritos. Por exemplo, os sistemas e métodos podem também ser usados em combinação com outros sistemas e métodos de motor rotativo, e não se limitam à prática apenas com o sistema compressor supersônico como descrito nesta invenção. Em vez disso, a realização exemplificativa pode ser implantada e utilizada em conjunto com 20 muitas outras aplicações de sistema giratório.

Embora funções específicas de realizações diversas da invenção possam ser mostradas em alguns desenhos e não em outros, isso acontece apenas para conveniência. Além disso, referências a “uma realização” na descrição acima não devem ser interpretadas como se excluíssem a existência 25 de realizações adicionais que também incorporem as funções enumeradas. Em conformidade com os princípios da invenção, qualquer função de outro desenho pode ser referida e/ou reivindicada em combinação com qualquer função de qualquer outro desenho.

Esta descrição escrita usa exemplos para divulgar a invenção, incluindo o melhor modo, e também para permitir que qualquer pessoa versada na técnica possa praticar a invenção, incluindo-se a fabricação e uso de quaisquer dispositivos ou sistemas e a execução de quaisquer métodos 5 incorporados. O âmbito patenteável da invenção é definido pelas reivindicações, e pode incluir outros exemplos que ocorram para aqueles versados na técnica. Tais outros exemplos se destinam a estarem de acordo com o escopo das reivindicações caso eles tenham elementos estruturais que 10 não difiram da linguagem literal das reivindicações ou caso eles incluam elementos estruturais equivalentes com diferenças insignificantes das linguagens literais das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, que compreende:

um disco de rotor (48) que compreende uma parede de extremidade substancialmente cilíndrica (60), uma superfície radialmente interna (56), e uma superfície radialmente externa (58), sendo dita parede de extremidade se estendendo entre dita superfície radialmente interna e dita superfície radialmente externa;

uma pluralidade de pás de hélice (46) acopladas à dita parede de extremidade, sendo que ditas pás de hélice se estendem para fora a partir de dita parede de extremidade, pás de hélice adjacentes que formam um par (74) e são espaçadas por uma distância circunferencial de modo que um canal de fluxo () seja definido entre cada dito par de pás de hélice circunferencialmente adjacentes, dito canal de fluxo se estende em geral radialmente entre uma abertura de entrada (780 e uma abertura de saída (80); e

uma primeira rampa de compressão supersônica (102) acoplada à dita parede de extremidade, sendo que dita primeira rampa de compressão supersônica é posicionada dentro de dito canal de fluxo para facilitar a formação de pelo menos uma onda de compressão (102) dentro de dito canal de fluxo.

2. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo com a reivindicação 1, em que dita primeira rampa de compressão supersônica (100) compreende uma superfície de compressão (130) que se estende para fora a partir de dita parede de extremidade (60) em um ângulo oblíquo e para dito canal de fluxo (76), sendo que dita superfície de compressão inclui uma borda anterior (134) e uma borda posterior (136), dita borda posterior posicionada mais próxima de dita abertura de saída (80) do que dita borda anterior, em que a dita borda posterior define uma região de gargalo de dito

canal de fluxo, sendo que dita região de gargalo (128) tem uma área de seção transversal mínima (120,122,124,126) de dito canal de fluxo.

3. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo com a reivindicação 2, em que dita superfície de compressão (130) é 5 substancialmente planar.

4. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo com a reivindicação 2, em que dita superfície de compressão (130) é substancialmente arqueada.

5. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo 10 com a reivindicação 2, em que dita superfície de compressão (130) é orientada em um ângulo entre cerca de 2 graus e cerca de 10 graus com respeito à dita parede de extremidade (60).

6. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo 15 com a reivindicação 2, em que dita borda posterior de dita rampa de compressão (100) é posicionada adjacente à dita abertura de saída (80) de dito canal de fluxo (76).

7. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo 20 com a reivindicação 2, em que dita rampa de compressão (100) compreende uma superfície divergente (208) acoplada à dita borda posterior (136) de dita superfície de compressão (130), sendo que dita superfície divergente se estende para dentro a partir de dita borda posterior em direção à dita parede de extremidade (60) em um ângulo oblíquo.

8. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo com a reivindicação 2, que compreende, ainda:

25 um conjunto de invólucro (104) acoplado a ditas pás de hélice (46), sendo que ditas pás de hélice se estendem entre uma superfície interna (114) de dito conjunto de invólucro e dita parede de extremidade (60); e uma segunda rampa de compressão supersônica (204) acoplada

à dita superfície interna (114), sendo que dita segunda rampa de compressão se estende a partir de dita superfície interna em direção a dita parede de extremidade.

9. ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO, de acordo com a reivindicação 8, em que dita segunda rampa de compressão supersônica (204) é posicionada com respeito à dita primeira rampa de compressão supersônica (200) de modo que dita região de gargalo (128) de dito canal de fluxo é definida entre dita primeira rampa de compressão supersônica e dita segunda rampa de compressão supersônica.

10 10. SISTEMA COMPRESSOR SUPERSÔNICO (10), que compreende:

um alojamento (24) que compreende uma superfície interna (114) que define uma cavidade (32) se estendendo entre uma entrada de fluido e uma saída de fluido;

15 uma haste de rotor posicionada dentro de dito alojamento, sendo dita haste de rotor acoplada de modo rotativo a um conjunto de acionamento (18); e

20 20. um rotor de compressor supersônico acoplado a dita haste de rotor, sendo dito rotor de compressor supersônico posicionado entre dita entrada de fluido e dita saída de fluido para canalizar o fluido a partir de dita entrada de fluido até dita saída de fluido, sendo que dito rotor de compressor supersônico compreende:

25 um disco de rotor (48) que compreende uma parede de extremidade substancialmente cilíndrica (60), uma superfície radialmente interna (56), e uma superfície radialmente externa (58), em que dita parede de extremidade se estende entre dita superfície radialmente interna e dita superfície radialmente externa;

uma pluralidade de pás de hélice (46) acopladas à dita parede de

extremidade, em que ditas pás de hélice se estendem para fora a partir da dita parede de extremidade, pás de hélice adjacentes que formam um par (74) e são espaçadas a uma distância circumferencial de modo que um canal de fluxo (76) é definido entre cada dito par de pás de hélice circumferencialmente 5 adjacentes, sendo que dito canal de fluxo se estende em geral radialmente entre uma abertura de entrada (78) e uma abertura de saída (80); e

uma primeira rampa de compressão supersônica (100,200) acoplada à dita parede de extremidade, sendo dita primeira rampa de compressão supersônica posicionada dentro de dito canal de fluxo para facilitar 10 a formação de pelo menos uma onda de compressão (102) dentro de dito canal de fluxo.

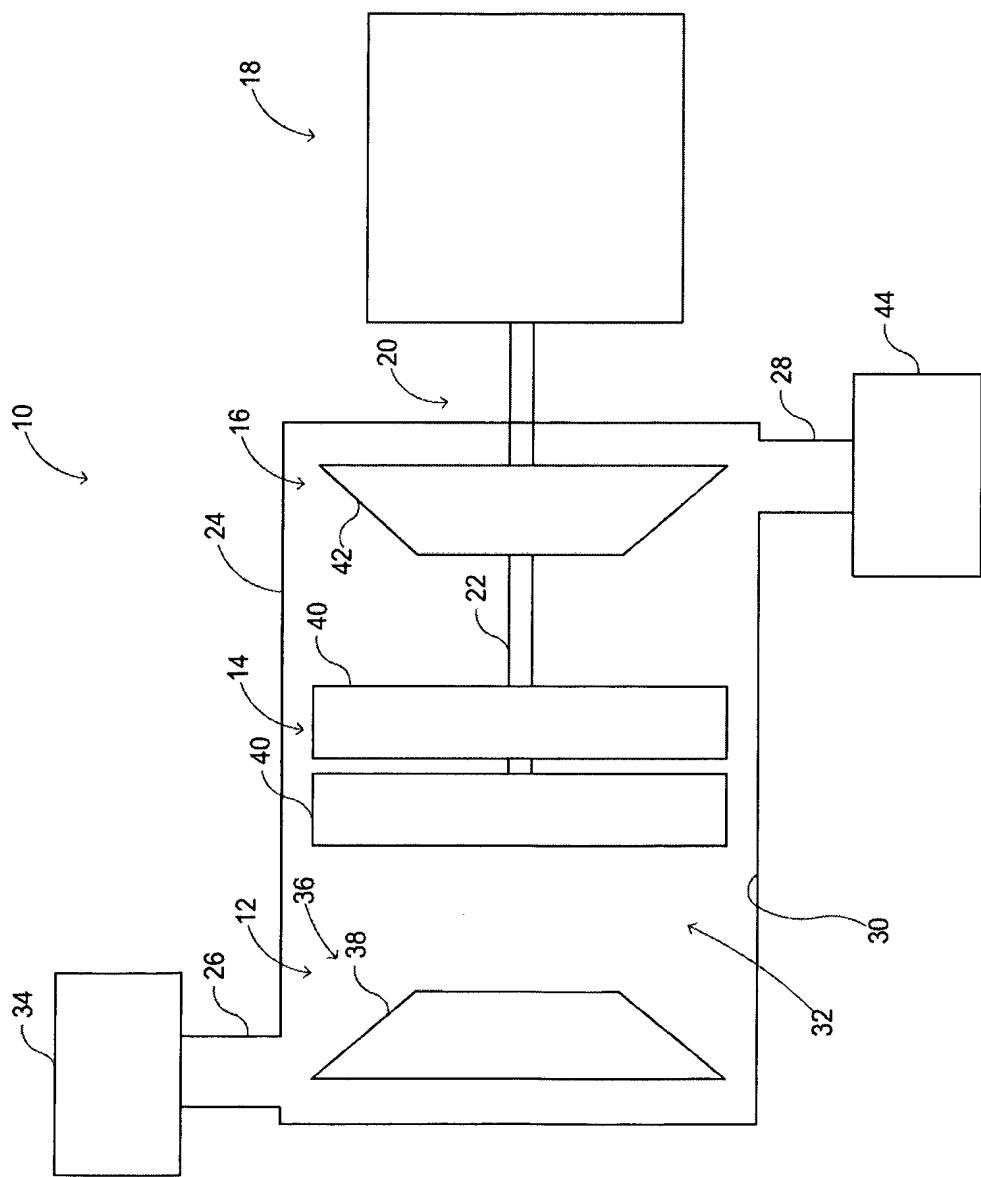
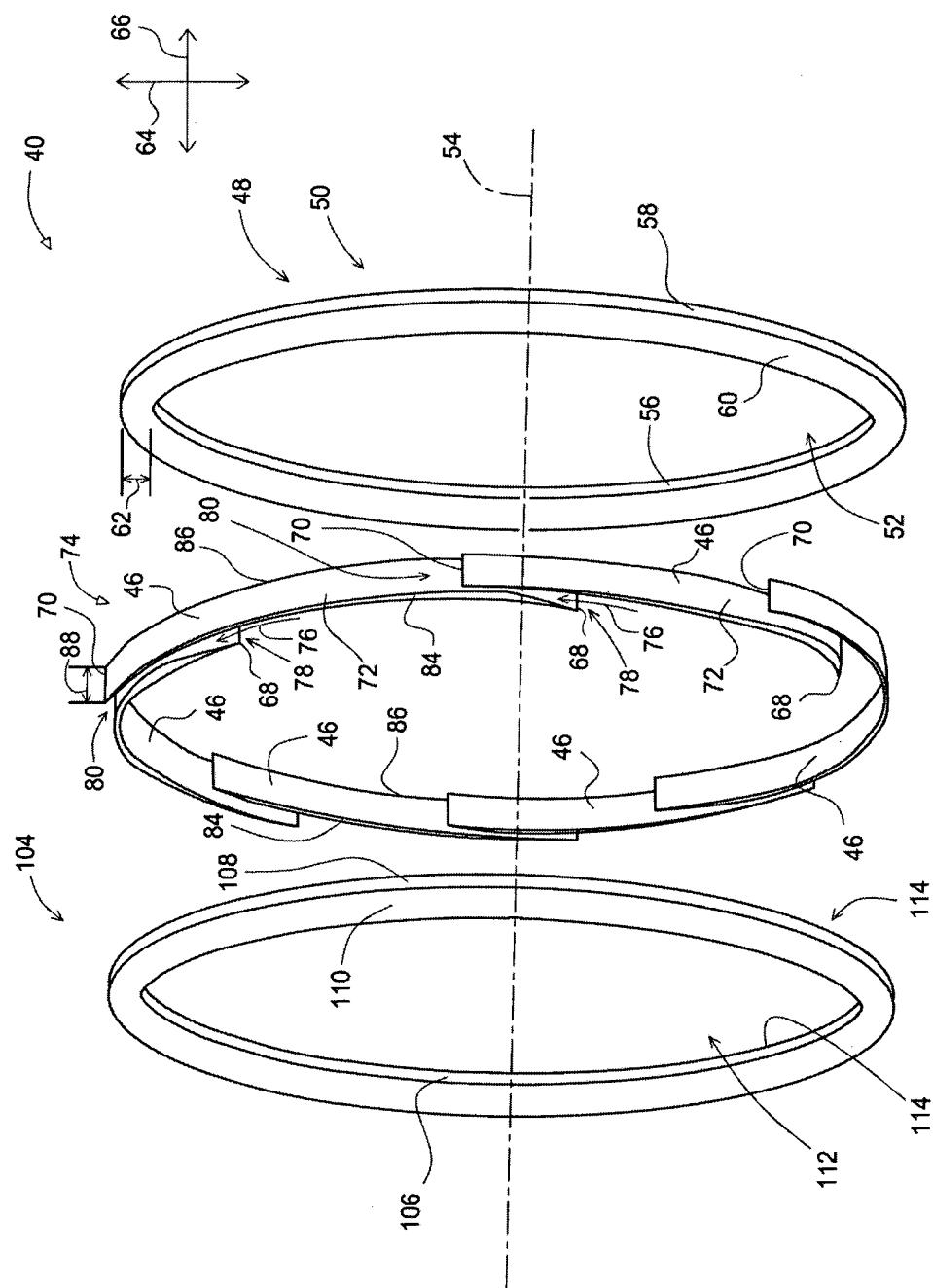


Fig. 1



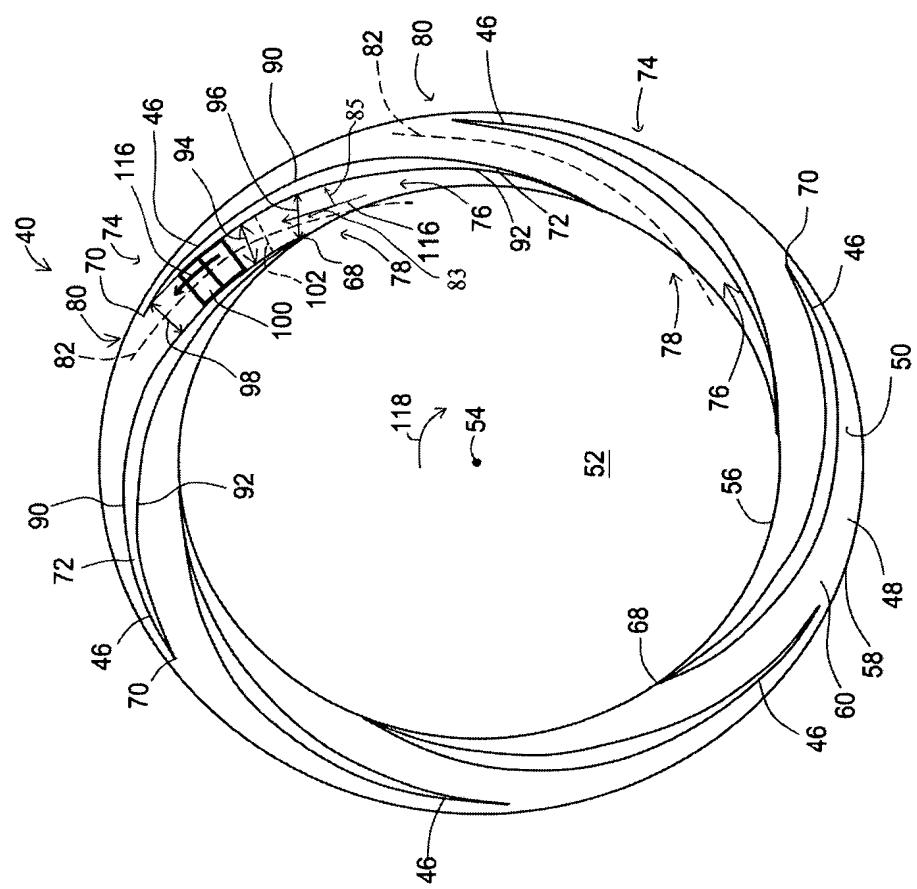


Fig. 3

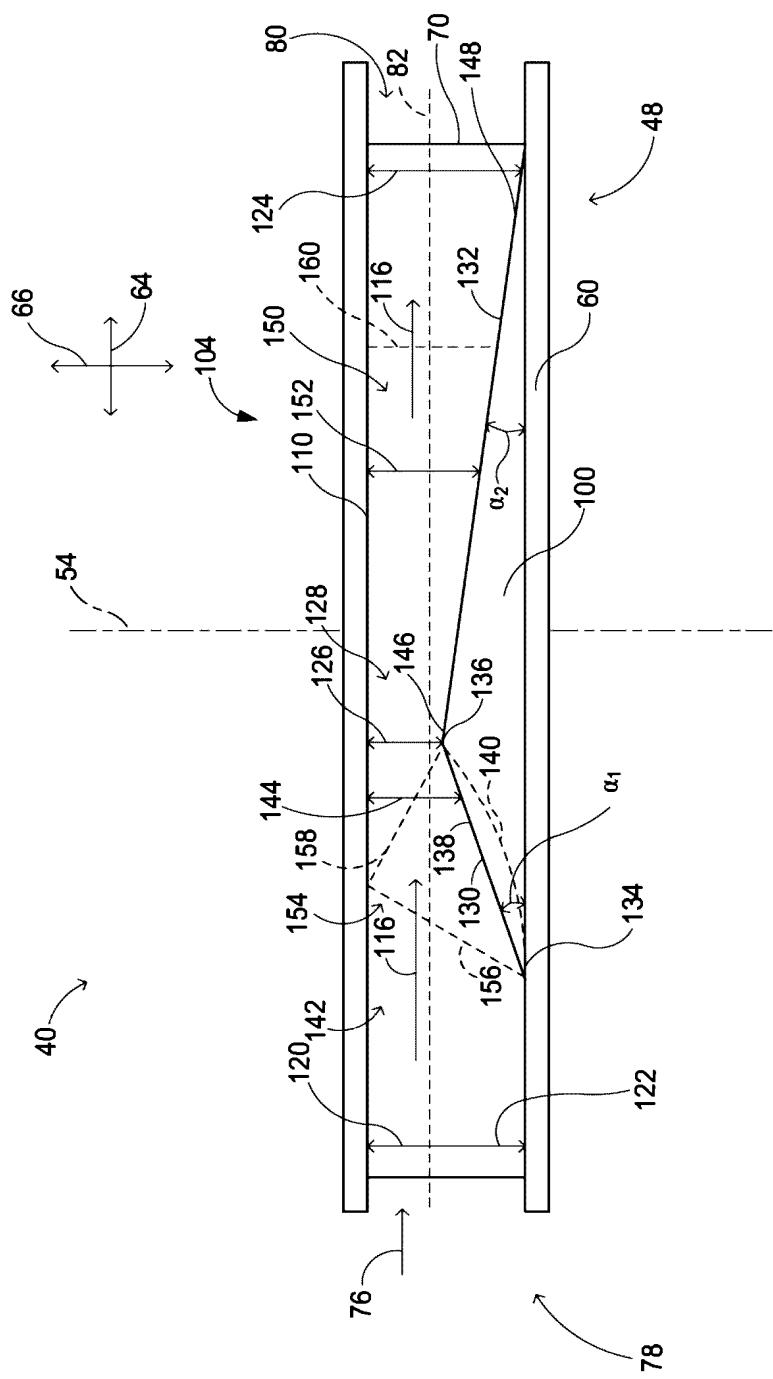


Fig. 4

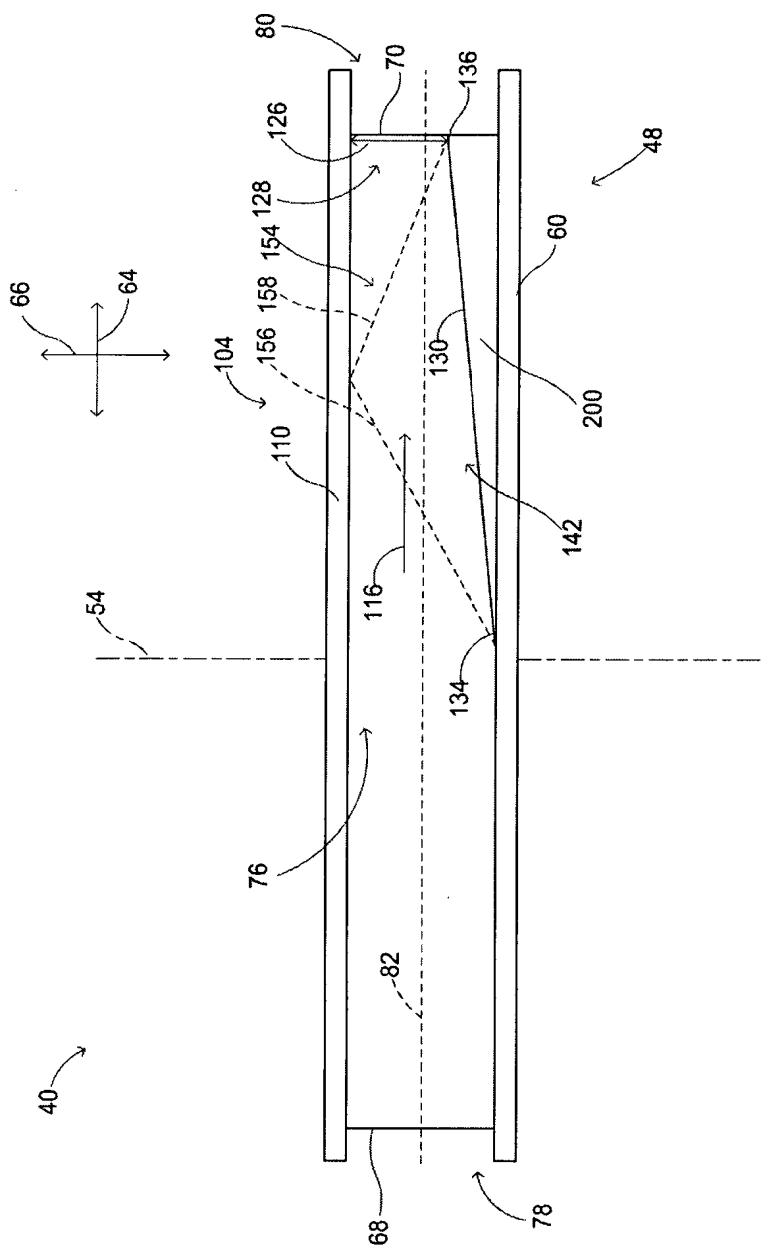
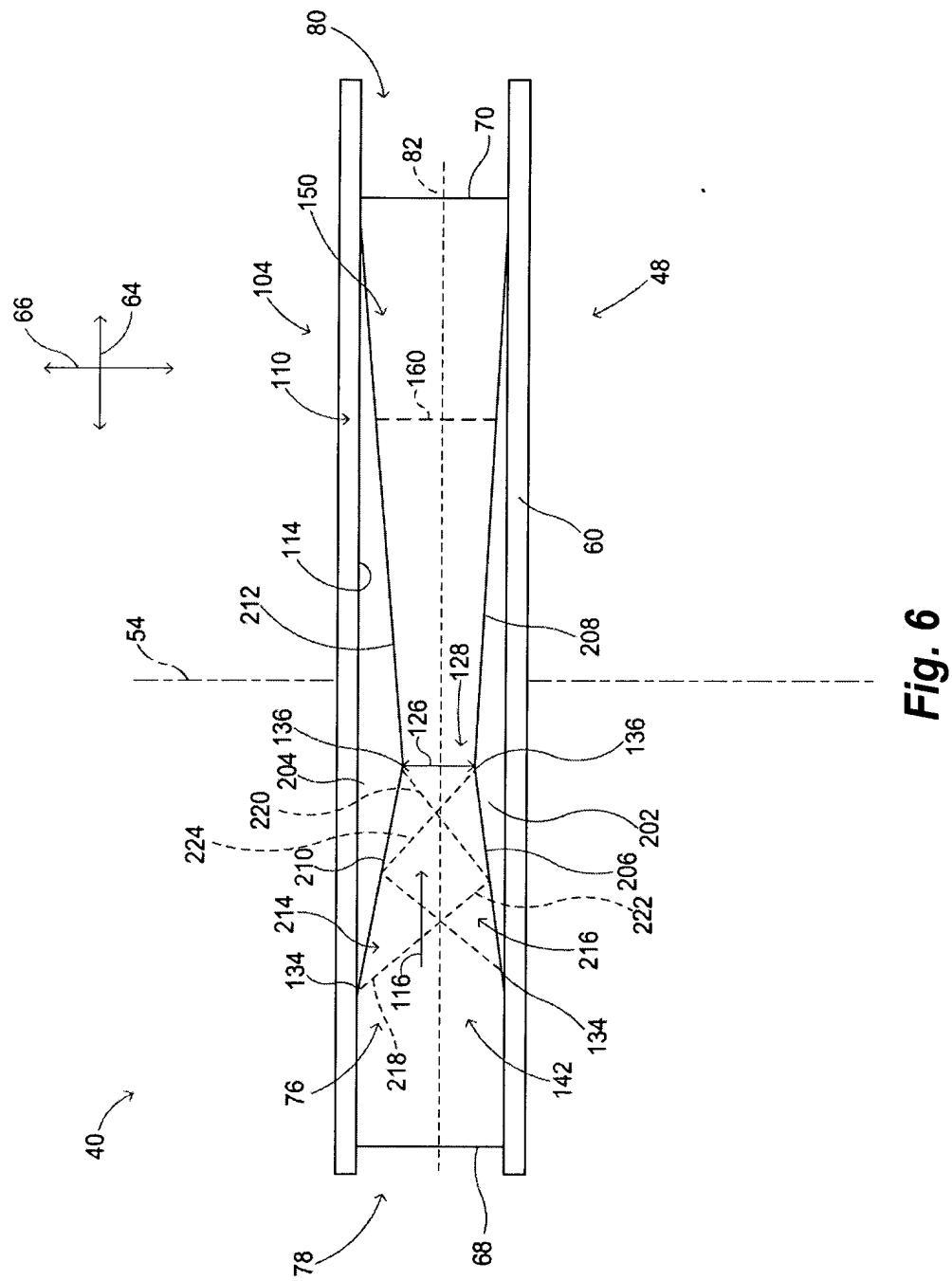


Fig. 5



RESUMO**“ROTOR DE COMPRESSOR SUPERSÔNICO E SISTEMA COMPRESSOR SUPERSÔNICO”**

Trata-se de um rotor de compressor supersônico que inclui um disco de rotor (48) que inclui uma parede de extremidade substancialmente cilíndrica (60), uma superfície radialmente interna (56), e uma superfície radialmente externa (58), em que a parede de extremidade se estende entre a superfície radialmente interna e a superfície radialmente externa, uma pluralidade de pás de hélice (46) acopladas à parede de extremidade, as pás de hélice se estendem para fora a partir da parede de extremidade, pás de hélice adjacentes que formam um par (74) e são espaçadas a uma distância circunferencial de modo que um canal de fluxo é definido entre cada par de pás de hélice circunferencialmente adjacentes, sendo que o canal de fluxo se estende em geral radialmente entre uma abertura de entrada (78) e uma abertura de saída (80), e a primeira rampa de compressão supersônica (102) acoplada à parede de extremidade, a primeira rampa de compressão supersônica posicionada dentro do canal de fluxo para facilitar a formação de pelo menos uma onda de compressão (102) dentro do canal de fluxo.