



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

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



CARTA PATENTE N.º PI 0406637-5

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0406637-5

(22) Data do Depósito : 05/01/2004

(43) Data da Publicação do Pedido : 29/07/2004

(51) Classificação Internacional : B63H 1/20; B64C 11/28; B21C 23/00

(30) Prioridade Unionista : 06/01/2003 US 10/338,820

(54) Título : Pá de ventilador para um conjunto de ventilador e método de formação de uma pá de ventilador

(73) Titular : Mechanization Systems Company, Inc.. Endereço: 1120 Lincoln Streetm Colton, Ca 92324, Estados Unidos (US).; Delta T Corporation. Endereço: 800 Winchester Road, Lexington -KY 40575-1307, Estados Unidos (US).

(72) Inventor : Walter Boyd. Endereço: 3100 Maricopa Drive, Reverside CA- 92507, Estados Unidos.

Prazo de Validade : 10 (dez) anos contados a partir de 28/01/2014, observadas as condições legais.

Expedida em : 28 de Janeiro de 2014.

Assinado digitalmente por
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes Substituta



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PÁ DE VENTILADOR PARA UM CONJUNTO DE VENTILADOR E MÉTODO DE FORMAÇÃO DE UMA PÁ DE VENTILADOR"**.

Antecedentes da Invenção

5 Campo da Invenção

A presente invenção trata de dispositivos circulatórios em grandes edifícios e, em particular, trata de um ventilador de resfriamento que tem pás reforçadas, que pode ser usado para circular um grande volume de ar.

Descrição da Técnica Relacionada

10 As pessoas que trabalham em grandes edifícios, tais como depósitos e hangares de aeroportos, estão expostas rotineiramente a condições de serviço que variam de serem desconfortáveis a perigosas. Em um dia quente, a temperatura interna do ar pode alcançar um ponto em que uma pessoa não é capaz de manter uma temperatura do corpo saudável. Além
15 do mais, muitas atividades que ocorrem nestes ambientes, tais como soldagem ou operação de motores de combustão interna, criam contaminantes transportados pelo ar que podem ser deletérios àqueles expostos. Os efeitos de contaminantes transportados pelo ar são ampliados até uma proporção ainda maior se a área não for ventilada apropriadamente.

20 O problema de resfriar ou circular ar em grandes edifícios pode não ser solucionado por métodos convencionais de condicionamento de ar. O grande volume de ar dentro do edifício, em conjunto com a grande taxa de calor conduzido através dos telhados e paredes pode requerer que poderosos dispositivos de condicionamento de ar sejam eficazes. Se tais dispositivos fossem usados, os custos de operação seriam substanciais. Além disso,
25 o condicionamento de ar convencional rotineiramente recircula o ar interno para maior eficiência de resfriamento. Logo, condicionamento de ar convencional não é tipicamente usado em sistemas de ventilação que servem para remover rapidamente os contaminantes transportados pelo ar, tais como gases de escape ou fumaça, e substituir o ar contaminado por ar fresco oriundo de uma fonte externa. Por exemplo, quando da soldagem e da operação
30 de motores de combustão interna dentro de uma estrutura, o ar interno tem

que ser substituído e não deve ser recirculado devido a um acúmulo insalubre de contaminantes transportados pelo ar.

Em geral, ventiladores com pequeno e com grande diâmetro podem ser usados para proporcionar algum grau de circulação, resfriamento e ventilação quando o condicionamento de ar convencional não é possível. Um inconveniente de usar ventiladores de pequeno diâmetro para circular ar é que o fluxo de ar resultante afina dramaticamente em locais a jusante. Além disso, a grande quantidade de energia elétrica requerida pelo uso simultâneo destes dispositivos em grandes números, anula sua vantagem como um sistema de resfriamento barato.

Além do mais, um inconveniente de usar ventiladores de grande diâmetro é que eles tipicamente requerem pás leves de alta resistência construídas especialmente que possam suportar grandes tensões causadas pelos torques gravitacionais significativos, que aumentam com uma razão de aspecto entre comprimento de pá e largura crescente. O fato de a inércia rotacional do ventilador aumentar com o quadrado do diâmetro requer o uso de mecanismos de redução de engrenagem que produzem alto torque. Infelizmente, os componentes de trens de engrenagens convencionais podem ser suscetíveis à falha mecânica devido ao torque substancialmente grande produzido pelos motores elétricos durante sua fase de partida, o que pode diminuir a confiabilidade de ventiladores com grandes diâmetros.

Certos ventiladores com grande diâmetro têm sido equipados com mecanismos de baixa velocidade e grandes pás de ventilador com características aerodinâmicas. Por exemplo, a patente U.S. Nº 6.244.821 descreve um ventilador de resfriamento de baixa velocidade que tem um grande diâmetro com pás de ventilador proporcionalmente grandes, que podem ser formadas usando um processo de extrusão genericamente conhecido. Infelizmente, tais pás extrudadas têm bordos de fuga sem suporte que podem rasgar por causa de deformação ou empenamento durante a formação e resfriamento. Como resultado, as características aerodinâmicas são encurtadas devido ao rasgamento criado em bordos de fuga não suportados maiores durante a fabricação, o que reduz o desempenho geral das grandes pás

de ventiladores. Logo, os bordos de fuga encurtados têm impacto adverso sobre a eficácia aerodinâmica das grandes pás de ventilador, deste modo diminuindo potencialmente a eficiência do fluxo de ar circulatório gerado dentro de uma estrutura.

- 5 Do que foi dito, existe atualmente a necessidade de um dispositivo circulatório com boa relação custo/benefício que proporcione ótima ventilação e resfriamento eficaz em grandes edifícios. Em particular, existe atualmente a necessidade de tal dispositivo circulatório que compreende pás de ventilador aperfeiçoadas e um método de fabricação das mesmas de modo a
10 aumentar a rigidez estrutural da pá e manter o desempenho aerodinâmico otimizado.

Sumário da Invenção

- As necessidades mencionadas anteriormente podem ser satisfeitas por um conjunto de ventilador para circular o ar em um edifício industrial. Em uma modalidade, o conjunto de ventilador pode compreender um
15 suporte adaptado para permitir a montagem do conjunto de ventilador no telhado da construção industrial e um motor acoplado ao suporte, o motor engatado com um eixo rotativo de modo a induzir a rotação do eixo. O conjunto de ventilador pode compreender adicionalmente uma pluralidade de
20 pás de ventilador presas ao eixo rotativo, em que cada pá de ventilador é formada de um metal extrudado tal que uma primeira parede curva é unida a uma segunda parede curva para formar uma junção de ponta e uma junção de fuga, e em que a junção de fuga se estende para formar uma terceira parede curva que tem um bordo de fuga, cada pá compreendendo adicional-
25 mente um flange que se estende distalmente a partir do bordo de fuga de uma maneira contínua, tal que o deslocamento angular do flange a partir do bordo de fuga forma uma região dobrada que reforça o bordo de fuga. Em um aspecto, cada pá de ventilador compreende um formato de aerofólio que tem um bordo de fuga afunilado que é dobrado para formar o flange, em que
30 o flange se estende descendentemente a partir da superfície inferior da terceira parede curvada.

Adicionalmente, a primeira parede curvada pode ser unida a

uma segunda parede curvada para formar uma região interna oca. A primeira parede curvada pode ser unida a uma segunda parede curvada para formar uma região interna sólida. Além disso, a pluralidade de pás de ventilador pode ser fixada a um cubo, que é conectado ao eixo rotativo. Em uma modalidade, a pluralidade de pás de ventilador pode compreender pelo menos dez pás de ventilador. Deve-se apreciar que a pluralidade de pás de ventilador pode compreender duas ou mais pás de ventilador sem que se afaste do escopo da presente invenção. Cada pá dentre a pluralidade de pás de ventilador pode ser fabricada usando-se uma técnica de extrusão, em que o metal extrudado compreende alumínio.

Além do mais, cada pá de ventilador pode compreender uma largura de seção transversal entre aproximadamente 12,7 cm (5 polegadas) e 20,32 cm (8 polegadas). Cada pá de ventilador compreende uma altura de seção transversal entre aproximadamente 1,90 cm (0,75 (3/4) polegada) e 3,81 cm (1,50 (3/2) polegada). Cada pá de ventilador compreende um comprimento entre aproximadamente 121,91 cm (4 pés) e 426,70 cm (14 pés). A primeira e a segunda paredes curvadas compreendem uma espessura entre aproximadamente 0,158 cm (0,0625 (1/16) polegada) e 0,476 cm (0,1875 (3/16) polegada). A terceira parede curvada compreende um formato afunilado que diminui de espessura através de seu comprimento de aproximadamente 0,317 cm (0,125 (1/8) de polegada) na junção de fuga até aproximadamente 0,158 cm (0,0625 (1/16) polegada) no bordo de fuga. O flange compreende um comprimento entre aproximadamente 0,635 cm (0,25 (1/4) polegada) e 0,925 cm (0,375 (3/8) polegada).

Em uma outra modalidade, as necessidades mencionadas anteriormente também podem ser satisfeitas por uma pá de ventilador de metal para um conjunto de ventilador usado em uma construção industrial. Nesta modalidade particular, a pá de ventilador pode compreender um perfil de seção transversal extrudada tendo uma pluralidade de paredes curvadas, em que uma primeira parede curvada é unida a uma segunda parede curvada para formar um formato de aerofólio tendo um bordo de fuga, que inclui um flange que se estende para fora a partir da direção do bordo de fuga, em

que a parte dotada de flange do bordo de curva se estende descendente-
mente a partir da superfície inferior do bordo de fuga, tal que o deslocamento
angular da parte dotada de flange a partir da superfície inferior do bordo de
fuga, forma uma região reforçada que aumenta a rigidez estrutural do bordo
5 de fuga tal que o bordo de fuga dotado de flange resiste a danos, e em que o
flange aumenta o volume de fluxo de ar resultante da operação do conjunto
de ventilador que tem a pá de ventilador.

Ainda em uma outra modalidade, o que foi dito anteriormente
também pode ser satisfeito por um conjunto de ventilador para o resfria-
10 mento de construções industriais. Nesta modalidade particular, o conjunto de
ventilador pode compreender um conjunto de montagem que tem um cubo
rotativo que prende o conjunto de ventilador ao teto da construção industrial.
O conjunto de ventilador pode compreender adicionalmente, uma pluralidade
de pás de ventilador montadas no cubo rotativo, em que cada pá dentre a
15 pluralidade de pás de ventilador, tem pelo menos 91,43 cm (3 pés) de com-
primento e é formada de um metal extrudado de modo a ter uma primeira
seção de aerofólio e um bordo de fuga afunilada, em que um flange é inte-
gramente formado na extremidade do bordo de fuga afunilada de modo a
reforçar o bordo de fuga afunilado de modo a proporcionar maior impulso
20 descendente durante a rotação das pás do ventilador. Em um aspecto, as
pás do ventilador são formadas usando-se um processo de fabricação por
extrusão, em que o flange reforça o bordo de fuga afunilado durante o pro-
cesso de fabricação tal que o bordo de fuga afunilado resiste ao rasgamento
enquanto está sendo formado.

25 Ainda em uma outra modalidade, as necessidades mencionadas
anteriormente podem ser satisfeitas por meio de um método de formação de
uma pá de ventilador. Nesta modalidade particular, o método pode compre-
ender o amaciamento de um metal e forçar o metal em um molde de extru-
são, tal que uma pá de ventilador de metal resfriado é extrudada fora do
30 molde de extrusão de modo a ter na seção transversal uma primeira seção
de folha de ar e um bordo de fuga afunilado integralmente preso a uma ex-
tremidade da primeira seção de folha de ar e um flange de reforço que se

estende para fora a partir da direção do bordo de fuga afunilado de modo a reforçar o bordo de fuga afunilado durante a extrusão para inibir o rasgamento do bordo de fuga afunilado. Em um aspecto, o amaciamento do metal pode compreender amaciar alumínio, em que o amaciamento do metal pode
5 compreender adicionalmente o amaciamento de um alumínio em liga com pelo menos uma dentre cobre, manganês, silício, magnésio e zinco.

Adicionalmente, o método pode compreender ainda formar uma matriz de extrusão para produzir a pá do ventilador com um interior oco, em que forçar o metal na matriz de extrusão compreende aplicar pressão ao
10 metal amaciado usando uma prensa de extrusão de modo a forçar o metal amaciado através de uma matriz de extrusão. Além disso, as pás de ventilador unidas podem ser separadas para formar uma pluralidade de pás de ventilador individuais.

Em um outro aspecto, forçar o metal no molde de extrusão pode
15 produzir pelo menos uma pá de ventilador com uma seção transversal uniforme. Além do mais, forçar o metal no molde de extrusão pode produzir ao menos uma pá de ventilador tendo uma primeira superfície e uma segunda superfície que combinam para formar a seção de aerofólio, que melhora as propriedades colunares do fluxo de ar produzido por ao menos uma pá de
20 ventilador. Além do mais, forçar o metal no molde de extrusão pode produzir a ao menos uma pá de ventilador com uma primeira superfície estendida que compreende ao menos uma do bordo afunilado e flange de reforço, que resulta em um desenho de aerofólio aperfeiçoado. Estes e outros objetivos e vantagens da presente invenção se tornarão mais aparentes a partir da des-
25 crição a seguir tomada em conjunto com os desenhos anexos.

Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 ilustra uma modalidade de um conjunto de ventilador que tem uma pluralidade de pás de ventilador, com cada uma tendo um bordo de fuga reforçado que pode ser posicionado adjacente ao teto de uma
30 grande construção comercial.

A Figura 2 ilustra uma modalidade do padrão de fluxo de ar gerado pelo conjunto de ventilador da Figura 1.

A Figura 3 ilustra uma vista em elevação lateral do conjunto de ventilador da Figura 1.

A Figura 4 ilustra uma vista axial, conforme vista por um observador que olhe para cima na direção do conjunto de ventilador da Figura 1.

5 A Figura 5 ilustra uma vista em corte transversal de uma pá de ventilador individual na Figura 1, em que a pá do ventilador compreende um bordo de fuga reforçado.

A Figura 6 ilustra a vista em corte transversal da pá do ventilador individual da Figura 5 incluindo as forças aerodinâmicas geradas pelo conjunto de ventilador da Figura 1.

A Figura 7A ilustra uma modalidade de uma pluralidade de componentes de fabricação baseados em extrusão incluindo uma matriz de extrusão que pode ser usada para formar a pá de ventilador extrudada tendo o bordo de fuga reforçado.

15 A Figura 7B ilustra uma modalidade de uma matriz de extrusão que compreende uma abertura com um padrão com formato similar ao perfil da seção transversal da pá do ventilador que tem o bordo de fuga reforçado.

Descrição Detalhada da Modalidade Preferida

Agora, será feita referência aos desenhos, em que numerais similares referem-se a partes similares. A Figura 1 ilustra uma modalidade de um conjunto de ventilador 100 tendo uma pluralidade de pás de ventilador 316, com cada uma tendo um bordo de fuga reforçado 514 que pode ser posicionado adjacente ao teto 110 de uma grande construção comercial e/ou industrial 106. De uma maneira que será descrita com mais detalhes abaixo, um processo de extrusão pode ser usado para formar cada pá de ventilador 316 com o bordo de fuga reforçado 514. Em um aspecto, a ocorrência de rasgamento de bordo de fuga na pá do ventilador 316 durante a extrusão pode ser reduzida devido aos itens de suporte do bordo de fuga reforçado 514 de uma maneira que será descrita com mais detalhes abaixo.

30 O conjunto de ventilador 100 pode ser preso a qualquer estrutura de suporte preexistente adequada ou a qualquer extensão adequada conectada a ele em uma configuração aérea, tal que o eixo geométrico de ro-

tação do conjunto de ventilador 100 está ao longo de uma direção substancialmente vertical. Deve-se perceber que os componentes estruturais do conjunto de ventilador 100 que incluem o escopo e a funcionalidade do bordo de fuga reforçado 114, serão descritos com mais detalhes abaixo com
5 referência às Figuras 3 a 6.

Em um aspecto, o conjunto de ventilador 100 pode compreender um conjunto de ventilador de baixa velocidade, conforme descrito na patente concedida da requerente U.S. Nº 6.244.821, que é incorporada ao contexto à guisa de referência em sua integridade. A Figura 1 ilustra adicionalmente o
10 conjunto de ventilador 100 preso a uma peça de extensão 101, que pode ser presa a um local de montagem 104 posicionado no telhado 110 com o uso de prendedores convencionais, tais como porcas, cavilhas e/ou soldas, conforme é conhecido na técnica. Uma caixa de controle 102 pode ser conectada ao conjunto de ventilador 100 através de uma linha de transmissão
15 de energia padrão de modo a fornecer energia elétrica ao conjunto de ventilador 100 de uma maneira que será descrita com mais detalhes adiante.

Conforme está ilustrado adicionalmente na Figura 1, cada pá de ventilador 316 pode tomar a forma de uma longa peça estreita de alumínio com um interior oco. Nesta modalidade particular, as pás do ventilador 316
20 podem ser fabricadas usando um método de extrusão de alumínio forçada de produção de uma maneira que será descrita abaixo com mais detalhes com referência às Figuras 7A, 7B. Vantajosamente, isso permite que as pás de ventilador com baixo peso 316, com considerável integridade estrutural, sejam produzidas de uma maneira barata. Também permite que as pás do
25 ventilador 316 sejam fabricadas de maneira barata com características aerodinâmicas, tais como bordos de fuga dotados de flange e formatos contornados de aerofólio. Em adição, cada pá de ventilador 316 pode ser fabricada com uma seção transversal uniforme ao longo de seu comprimento. No entanto, deve-se notar que modalidades alternativas podem incorporar pás de
30 ventilador de alumínio extrudado com uma seção transversal não uniforme sem se afastar do escopo da presente invenção.

Além do mais, as qualidades aerodinâmicas da pá de ventilador

316 podem ser aperfeiçoadas por meio da formação de um bordo de fuga afunilado 514 na pá de ventilador 316, o que pode resultar em um fluxo de ar mais uniforme a partir do conjunto de ventilador 100, conforme é discutido com mais detalhes com referência às Figuras 5, 6. Além disso, com o uso de prendedores padrão, pode ser montada uma capa nas extremidades distais da pá do ventilador 316, de modo a cobrir as aberturas da extremidade e proporcionar uma superfície externa contínua. Em uma modalidade, a capa pode compreender uma estrutura mínima que corresponde essencialmente à área da seção transversal da pá do ventilador 316.

10 A Figura 2 ilustra uma modalidade do padrão de fluxo de ar 200 gerado pelo conjunto de ventilador 100 da Figura 1. Conforme está ilustrado na Figura 2, quando um usuário coloca o conjunto de ventilador 100 em um modo operacional ao inserir uma entrada apropriada na caixa de controle 102, um fluxo de ar circulatório 200 compreendendo, em uma modalidade, 15 padrões de fluxo de ar suave e/ou uniforme, padrões de fluxo de ar podem ser gerados em todo o interior do edifício 106. Em uma modalidade, o fluxo de ar circulatório 200 compreende um grande fluxo de ar descendente que se move lentamente 202 que é capaz de se deslocar através de vastos espaços abertos devido a sua grande quantidade de massa inercial e porque 20 ele se desloca em afastamento do conjunto de ventilador 100 de uma maneira conforme descrita na patente U.S. Nº 6.244.821 da requerente.

Em um aspecto, o fluxo de ar 202 inicialmente flui para baixo de uma maneira colunar na direção de uma área de piso 212 localizada abaixo do conjunto de ventilador 100. Conforme o fluxo de ar 202 se aproxima da 25 área de piso 212, o fluxo de ar 202 é subsequente desviado pela área de piso 212 para expandir para fora, de uma maneira radial, como um fluxo de ar horizontal inferior 204. A seguir, o fluxo de ar horizontal inferior 204 é direcionado pelas paredes 214 do galpão para um fluxo de ar ascendente 206, que é adicionalmente direcionado pelo teto do galpão 110 para um fluxo 30 de ar horizontal que se move para dentro 210. Ao alcançar uma região 216 acima do conjunto de ventilador 100, o ar de retorno no fluxo de ar 210 é direcionado novamente para baixo pela ação do conjunto de ventilador 100,

repetindo assim o ciclo. Vantajosamente, o fluxo de ar circulante 200 criado pelo conjunto de ventilador 100, proporciona um ambiente de trabalho agradável para indivíduos que trabalham dentro do galpão 106.

A Figura 3 ilustra uma vista em elevação lateral detalhada do conjunto de ventilador 100 nas Figuras 1, 2. O conjunto de ventilador 100 recebe suporte mecânico de uma armação de suporte 302. A armação de suporte 302 inclui uma placa horizontal de aço superior 322 que é adaptada para se prender a uma estrutura de suporte horizontal adequada adjacente a um telhado, tal que o contato é feito entre a estrutura de suporte e uma primeira superfície 366 da placa 322 para, deste modo, permitir que o conjunto de ventilador 100 seja montado adjacente ao telhado. Em uma modalidade, a placa 322 é aparafusada a uma viga mestra do suporte de telhado tal que o conjunto de ventilador 100 se estende para baixo a partir do teto da construção de uma maneira similar àquela mostrada na Figura 1.

O conjunto de ventilador pode compreender adicionalmente um motor elétrico 304. O motor elétrico 304 pode ser adaptado para receber uma fonte de energia AC com uma frequência variável que permite que o motor elétrico 304 produza uma velocidade de rotação variável. Em uma modalidade, o motor elétrico 304 pode compreender um motor elétrico com inversão de serviço fabricado por Baldor Motor of América. Além disso, o motor elétrico 304 pode compreender um acionamento ou mecanismo de redução de engrenagem embutida, fabricado por Lenze, Alemanha, que proporciona a vantagem mecânica necessária para acionar o grande conjunto de ventilador 100. Deve-se perceber que a taxa máxima de consumo de energia do motor elétrico 304 é aproximadamente 370 watts.

O motor elétrico 304 pode ser montado à armação de suporte 302 de uma maneira tal que o eixo geométrico de rotação do motor 304 está ao longo de uma direção vertical, proporcionando assim ao conjunto de ventilador 100 um torque de acionamento. O eixo do motor 306 transfere torque do motor elétrico 304 para um cubo 312 que está montado no eixo 306. O cubo 312 pode compreender uma única peça de alumínio fundido com um formato similar a disco, com adaptação para segurar uma pluralidade de pás

de ventilador 316. Uma pluralidade de suportes de pá 314 se estende a partir de uma seção de aro 346 de modo a se estender radialmente para fora a partir do eixo de rotação definido pelo eixo do motor 306 por uma distância aproximada de 38,10 cm (15 polegadas). As pás de suporte 314 têm um formato tipo removível e são adaptadas para escorregar para dentro das extremidades de uma pluralidade de pás de ventilador 316 para proporcionar um meio para montar as pás de ventilador 316 ao cubo 312. Uma discussão mais completa das características mecânicas do conjunto de ventilador 100, incluindo o procedimento de montagem das pás do ventilador 316, é descrita na patente concedida à requerente U.S. Nº 6.244.821.

A Figura 4 é uma vista do conjunto de ventilador 100, conforme visto abaixo e ilustra a relação entre o cubo 312, o conjunto de suportes de pás 314 se estendendo a partir do cubo 312, e o conjunto de pás de ventilador 316 se estendendo a partir dos suportes de pá 314. Cada pá de ventilador 316 se estende ortogonalmente a partir do eixo geométrico de rotação do conjunto de ventilador 100, conforme definido pelo eixo do motor 306, de uma maneira que resulta em uma distribuição uniforme da pluralidade de pás de ventilador 316. Na uma modalidade, o diâmetro do conjunto de ventilador 100 pode ser fabricado com um diâmetro variando de 243,8 cm (8 pés) a 1219,2 cm (40 pés). Isso resulta na razão de aspecto de cada pá de ventilador 316 variar entre 8:1 a 40:1. Quando o conjunto de ventilador 100 está operando sob condições normais, a velocidade da ponta da pá máxima pode variar de aproximadamente 762,0 cm (25 pés) por segundo a aproximadamente 2286,0 cm (75 pés) por segundo, dependendo do diâmetro do conjunto de ventilador 100. Em adição, as pás do ventilador 316 podem ser montadas no cubo 312 a um ângulo de modo a melhorar o desempenho e a eficiência por meio do aumento do volume de fluxo de ar colunar distribuído pelo conjunto de ventilador 100 durante a operação.

A Figura 5 ilustra uma vista em corte transversal da pá do ventilador 316 em um local arbitrário ao longo de seu comprimento, conforme visto por um observador que olhe na direção da extremidade distal da pá do ventilador 316, com referência à Figura 1. A pá do ventilador 316 pode com-

preender uma primeira parede curva 524, uma segunda parede curva 526 e uma região interna oca 522 formada nela. As duas paredes 524 e 526 podem ser unidas na junção de avanço 531 e na junção de fuga 532. Na junção de fuga 532, as duas paredes 524, 526 se combinam de uma maneira contínua para formar uma terceira parede 530, em que a terceira parede 530 continua até alcançar o bordo de fuga reforçado 514, que pode ser afunilado de modo a diminuir a espessura através de seu comprimento. Adicionalmente, uma primeira superfície 506 pode ser formada no exterior da parede 524 e continua de uma maneira sem costura até o exterior da parede 530, até o bordo de fuga reforçado 514 pode ser alcançado. Uma segunda superfície 510 pode ser formada no exterior da parede 526 e continuar de uma maneira sem costura até o exterior da parede 530, até o bordo de fuga reforçado 514 pode ser alcançado.

Além disso, as duas superfícies 506, 510 se encontram em um bordo de avanço 512. A região interna oca 522, que também pode ser referida como uma região de cavidade, pode compreender uma seção central ampla em formato retangular 500. Uma terceira superfície plana 516 pode ser formada no interior da parede 524 na região da seção 500 e uma quarta superfície plana 520 pode ser formada no interior da parede 530 na região da seção 500. Em um aspecto, as superfícies internas planas 516, 520 podem ser substancialmente paralelas entre si. Deve-se perceber que a pá do ventilador 316 pode compreender uma região interna sólida sem que se afaste do escopo da presente invenção. Deve-se apreciar também que as dimensões da seção transversal da pá do ventilador 316, incluindo o bordo de fuga reforçado 514, serão descritas com mais detalhes abaixo com referência à Figura 7B.

Além do mais, o bordo de fuga reforçado 514 pode compreender um flange que se estende descendentemente 538 suportado por uma região dobrada 536. Conforme está ilustrado na Figura 5, o bordo de fuga reforçado 514 se estende a partir da junção de fuga 532 de uma maneira que segue a curvatura da primeira parede curva 524. A extremidade distal do bordo de fuga reforçado 514 dobra descendentemente de uma maneira tal a formar a

região dobrada 536 e o flange 538 que se estende descendentemente. O flange 538 se estende distalmente a partir do bordo de fuga reforçado 514 via região dobrada 536 e forma um primeiro ângulo 540 com o bordo de fuga reforçado 514. Dependendo da aplicação e da operação particular da pá do ventilador 316, o comprimento do flange 538 e o deslocamento angular do primeiro ângulo 540 pode variar em grandeza sem se afastar do escopo da presente invenção.

O comprimento do flange 538 pode compreender uma grandeza entre 0,317 cm (0,125 (1/8) polegada) e 0,925 cm (0,375 (3/8) polegada) e o deslocamento angular do primeiro ângulo pode compreender uma grandeza entre 80 e 100 graus. Em uma modalidade preferida, o flange 538 pode compreender um comprimento de aproximadamente 0,635 cm (0,25 (1/4) polegada) e o primeiro ângulo 540 pode compreender um deslocamento angular de aproximadamente 90 graus. Além disso, a pá do ventilador 316 que inclui o bordo de fuga reforçado pode compreender alumínio extrudado, mas deve-se perceber que a pá do ventilador 316 pode compreender diversos materiais extrudados genericamente conhecidos sem se afastar do escopo da presente invenção.

Em um aspecto, a dobra estrutural da região dobrada 536 aumenta a resistência da extremidade distal do bordo de fuga reforçado 514 de uma maneira tal que a dobra estrutural melhora a rigidez ao proporcionar forças de suporte em duas dimensões relativamente paralelas e perpendiculares ao seu comprimento. A requerente observou que, durante a extrusão da pá do ventilador 316, o bordo de fuga sem a região dobrada 536 ou o flange 538 pode enrolar, rasgar ou deformar de uma maneira que afeta adversamente a integridade estrutural do bordo de fuga. Por exemplo, o rasgamento do bordo de fuga não suportado pode ocorrer durante a extrusão, como resultado de o material ser forçado através de uma matriz de extrusão, tal que as forças de pressão tendem a rasgar regiões não suportadas. Durante a formação, conforme o material extrudado deixa a matriz de extrusão, é criado um diferencial de pressão na junção de fuga 532, onde o material com maior volume das duas superfícies externas 506, 510, cria uma grande

flutuação de pressão na direção do material com menor volume do bordo de fuga. Como as duas superfícies externas 506, 510 suportam uma à outra na junção de fuga 532, o bordo de fuga não suportado é mais suscetível a rasgar conforme o comprimento do bordo de fuga 514 é tornado maior. Infelizmente, um bordo de fuga mais curto também reduz o desempenho aerodinâmico da pá do ventilador 316.

Por outro lado, o benefício de formar a pá do ventilador 316 com um bordo de fuga reforçado 514 da presente invenção, resulta em características estruturais aperfeiçoadas, tal que o bordo de fuga reforçado 514 pode ser fabricado maior de modo a melhorar o desempenho aerodinâmico da pá do ventilador 316. Em um aspecto, o bordo de fuga reforçado 514 resiste a danos e/ou rasgamento que poderiam ocorrer durante a extrusão pela adição da região dobrada dotada de flange 536, 538 à extremidade distal do bordo de fuga 514. Por exemplo, a parte dobrada 536 do bordo de fuga reforçado 514 tende a orientar rigidamente o material extrudado em uma posição estabilizada mais imediatamente durante a formação. Além do mais, a parte dobrada 238 proporciona maior resistência ao proporcionar forças de suporte em duas dimensões que são relativamente paralelas e perpendiculares a seu comprimento de modo a neutralizar os efeitos adversos das forças de pressão sobre o bordo de fuga da pá do ventilador 316. Benefícios adicionais associados ao flange se estendendo descendente-mente 514, serão descritos com mais detalhes abaixo.

Conforme está ilustrado na Figura 5, as duas superfícies externas 506, 510 podem ser adaptadas para formar o contorno de um formato de aerofólio. Por exemplo, o formato de aerofólio pode ser baseado no formato de uma asa de planador Alemão tendo número de referência FX 62-K-131. Em um aspecto, a pá do ventilador 316 pode compreender um comprimento entre aproximadamente 91,43 cm (3 pés) e 457,15 cm (15 pés) de comprimento, e pode ser formado de um metal extrudado de modo a ter uma primeira seção de aerofólio 502 e um bordo de fuga afunilado 514, em que o flange 538 pode ser integralmente formado na extremidade do bordo de fuga afunilado 514 de modo a reforçar o bordo de fuga afunilado 514 e de modo a

proporcionar maior impulso descendente durante a rotação das pás do ventilador 316. Quando o conjunto de ventilador 100 está em um modo de operação, a imagem da seção transversal da pá do ventilador 316, conforme está ilustrado nas Figuras 1, 2, inclinada por um ângulo de ataque correspondente de uma maneira horária, parece se deslocar com o bordo de avanço 512 na frente.

De acordo com um observador fixado a uma pá do ventilador individual 316, o movimento da pá do ventilador 316 pode causar correntes de ar 600, 602 ao longo das superfícies 506, 510 da pá do ventilador 316, respectivamente. O formato de aerofólio de cada pá do ventilador 316 pode fazer ainda com que a velocidade da corrente de ar superior 534 seja maior do que a velocidade da corrente de ar inferior 536. Como resultado, a pressão do ar na superfície inferior 510 pode ser maior do que a pressão do ar na superfície superior 506. Os fluxos de ar assimétricos aparentes produzidos pela rotação das pás do ventilador 316 resultam em uma força de elevação ascendente F_{lift} a ser experimentada por cada pá do ventilador 316. Uma força de reação descendente F_{vertical} é conseqüentemente aplicada ao ar circundante por cada pá do ventilador 316. Além do mais, o formato de aerofólio da pá do ventilador 316 pode reduzir uma força de arraste horizontal F , que age sobre cada pá do ventilador 316, resultando, conseqüentemente, em uma força horizontal reduzida $F_{\text{horizontal}}$ sendo aplicada ao ar circundante por cada pá do ventilador 316. Logo, o fluxo de ar criado pelo conjunto de ventilador 100 pode se aproximar de um fluxo de ar colunar ao longo do eixo geométrico de rotação do conjunto de ventilador 100.

Conforme está ilustrado adicionalmente na Figura 6, o flange que se estende descendentemente 538 melhora o desempenho da pá do ventilador 316. Durante a rotação da pá do ventilador 316, o flange 538 pode produzir dois vértices de rotação contrários 650, 652, adjacentemente a jusante do bordo de fuga reforçado 514. Um vértice superior 650 pode ser produzido pela corrente superior de fluxo de ar 600 que flui acima da pá do ventilador 316 e um vértice inferior 652 pode ser produzido pela corrente inferior de fluxo de ar 602 que flui abaixo da pá do ventilador 316. Em um

aspecto, o vértice superior 650 gera uma pseudo-ação de bomba que mantém uma pressão mais baixa acima da pá do ventilador 316, deste modo produzindo eficazmente uma força descendente adicional F_{vertical} . Além do mais, os vértices 650, 652 em rotações contrárias, virtualmente estendem o comprimento do bordo de fuga 514 de uma maneira tal que a pá do ventilador 316 produz força descendente adicional F_{vertical} . Mesmo que a força de arraste horizontal F seja ligeiramente aumentada, as vantagens de aumentar a força descendente F_{vertical} são substanciais.

Vantajosamente, as dificuldades técnicas envolvidas no projeto do conjunto de ventilador 100 foram superadas por meio da incorporação de características inovadoras de projeto. Em particular, as grandes pás do ventilador 316 podem ser fabricadas usando-se uma técnica de alumínio extrudado. Este método resulta em pás do ventilador 316 que são robustas, leves e relativamente baratas de fabricar. O método de extrusão também pode permitir que as pás do ventilador 316 sejam fabricadas com um formato de aerofólio, o que permite que seja gerado um fluxo de ar colunar.

A Figura 7A ilustra uma modalidade de uma pluralidade de componentes de fabricação de extrusão 700 incluindo uma matriz de extrusão 708 que pode ser usada para formar uma pá do ventilador 316 extrudada tendo um bordo de fuga reforçado 514. O material usado para o processo de extrusão pode compreender um tarugo de extrusão 702, em que o tarugo de extrusão 702 pode ser uma peça sólida ou oca de material que pode ter formato cilíndrico. Em um aspecto, o tarugo de extrusão 702 pode compreender alumínio em liga de uma forma genericamente conhecida, tal como um produto fundido, produto forjado ou produto compacto em pó que pode ser cortado de um comprimento maior de material. Deve-se perceber que materiais em liga podem compreender um ou mais elementos metálicos sem que se afaste do escopo da presente invenção. Por exemplo, ligas de extrusão a base de alumínio podem compreender pequenas quantidades de elementos metálicos, tais como cobre, manganês, silício, magnésio ou zinco. Vantajosamente, estes elementos de liga melhoram as propriedades naturais do alumínio e influenciam o processo de extrusão.

O tarugo de extrusão 702 pode variar no comprimento dependendo de uma série de parâmetros predeterminados, incluindo o comprimento desejado do perfil acabado, a razão de extrusão, o comprimento da corrida e os requisitos da prensa de extrusão. Em um aspecto, o comprimento do tarugo de extrusão 702 pode variar de aproximadamente 91,44 cm (36 polegadas) a cerca de 101,6 cm (40 polegadas). Em adição, o diâmetro externo do tarugo de extrusão 702 pode variar de aproximadamente 17,78 cm (7 polegadas) a cerca de 20,32 cm (8 polegadas). Deve-se perceber que o diâmetro externo do tarugo de extrusão 702 pode ser tão grande quanto 35,56 cm (14 polegadas) sem que se afaste do escopo da presente invenção.

O próximo componente de fabricação por extrusão pode compreender um forno de aquecimento 704 que pode ser usado para preaquecer o tarugo de extrusão 702. Durante o processo de extrusão, o tarugo 702 é amaciado e/ou amaciado no forno de aquecimento 704 de modo a ser mais dobrável. O ponto de amaciamento do alumínio varia com a pureza do metal, mas é aproximadamente 660°C (1.220°F). Em uma modalidade, o processo de extrusão pode requerer que o tarugo 702 seja aquecido a temperaturas além de 375°C (700°F) e, dependendo da liga que está sendo extrudada, pode ser tão alta quanto 500°C (930°F).

O componente de fabricação a seguir pode compreender uma prensa de extrusão 706 tendo uma matriz de extrusão 708. A Figura 7B ilustra uma modalidade de uma matriz de extrusão 708 que compreende um padrão com formato similar à pá do ventilador 316 que tem o bordo de fuga reforçado 514. A matriz de extrusão 708 pode compreender um disco de aço com uma abertura que pode ser dimensionada e conformada para corresponder substancialmente à seção transversal pretendida do perfil extrudado final da pá do ventilador 316. A abertura ou orifício corre completamente através da matriz de extrusão 708 de modo a permitir que o tarugo amaciado 702 passe através a partir da extremidade frontal até a extremidade traseira. Conforme é conhecido na técnica, as matrizes podem ser agrupadas como matrizes sólidas (ou planas), que produzem formatos sólidos, e matrizes

ocas, que produzem formatos ocos ou semi-ocos, tal como a pá do ventilador 316, conforme está ilustrado nas Figuras 5, 6.

As combinações de formatos sólidos, semi-ocos e/ou ocos podem ser incorporadas em uma única matriz, em que uma matriz sólida tem
5 um ou mais orifícios ou aberturas através dos quais a liga amaciada é forçada (extrudada). Conforme está ilustrado na Figura 7B, a matriz de extrusão 708 pode ser usada para produzir perfis ocos por meio de um mandril fixo ou flutuante 720. Vantajosamente, o uso da matriz de extrusão 708 com o mandril 720 para extrudar a pá do ventilador 316 produz um formato oco. Sem se
10 afastar do escopo da presente invenção, os versados na técnica devem perceber que a matriz de extrusão 708 pode ser formada sem o mandril 720, de modo a produzir uma pá do ventilador 316 extrudada com uma região interna sólida.

Conforme é conhecido na técnica, a prensa de extrusão pode
15 compreender adicionalmente um recipiente de prensa de extrusão que aloja o tarugo 702 e um aríete, que pode ser usado para aplicar pressão e/ou forçar o tarugo 702 dentro do recipiente. Diversas prensas de extrusão hidráulica podem ser capazes de exercer qualquer coisa entre 100 tons a 15.000 tons de pressão, em que a capacidade de pressão da prensa de extrusão
20 determina qual o tamanho de extrusão que ele pode produzir. Quando é aplicada pressão, o tarugo 702 é forçado contra a matriz 708 e expande até ser restrito pelo contato com as paredes do recipiente. Então, conforme a pressão aumenta, o metal macio (mas ainda sólido) é forçado a se espremer através do orifício da matriz de extrusão 708 de uma maneira de modo a
25 emergir no outro lado da matriz de extrusão 708, como um perfil formado da pá do ventilador 316. Subseqüentemente, a pá do ventilador extrudada 316 pode ser removida da extremidade traseira da matriz de extrusão 708. após a pá do ventilador 316 extrudada ser removida da matriz de extrusão 708, a pá do ventilador 316 extrudada ainda quente pode ser temperada, tratada
30 mecanicamente e envelhecida.

Em uma modalidade, as dimensões da seção transversal e/ou perfil da pá do ventilador 316 extrudada podem compreender uma largura

entre aproximadamente 12,7 cm (5 polegadas) e 20,32 cm (8 polegadas) e uma altura entre aproximadamente 1,90 cm (0,75 (3/4) polegada) e 3,81 cm (1,50 (3/2) polegada). Em uma modalidade preferida, as dimensões da seção transversal da pá do ventilador 316 podem compreender uma largura de

5 aproximadamente 17,78 cm (7 polegadas) e uma altura de aproximadamente 2,54 cm (1 polegada). Além disso, a espessura da primeira, segunda e terceira paredes curvas 524, 526, 630 pode estar entre aproximadamente 0,158 cm (0,0625 (1/16) polegada) e 0,476 cm (0,1875 (3/16) polegada) de espessura. Em uma modalidade preferida, a espessura das paredes 524,

10 526, 530 pode ser aproximadamente 0,389 cm (0,15625 (5/32) polegada). Alternativamente, a terceira parede 530 pode compreender um formato afunilado de modo a diminuir na espessura de aproximadamente 0,476 cm (0,1875 (3/16) polegada) na junção de fuga 532 através de seu comprimento até aproximadamente 0,158 cm (0,0625 (1/16) polegada) no bordo de fuga

15 reforçado 514.

Adicionalmente, dependendo do tamanho do tarugo 702 e do tamanho da abertura da matriz 708, uma extrusão contínua de 3047,9 cm (100 pés) pode ser produzida com cada curso da prensa de extrusão 706. A pá do ventilador 316 extrudada que acabou de ser formada pode ser supor-

20 tada sobre um transportador conforme a pá do ventilador 316 extrudada deixa a prensa de extrusão 706. A extrusão pode então ser transferida para uma mesa de resfriamento e resfriada após emergir da matriz 708 através do uso de têmperas com ar ou água.

O próximo componente de fabricação pode compreender um es-

25 ticador 710 e uma serra 712, em que o esticador 710 pode ser usado, após o perfil extrudado ter sido resfriado, para esticar o perfil e corrigir qualquer torção que possa ter ocorrido subsequente ao processo de extrusão. Após o esticamento, os transportadores podem ser usados para alimentar a pá do ventilador 316 extrudada na serra 712. A serra 712 pode compreender

30 um acabamento cortado em serra que pode ser usado para cortar o perfil extrudado em um comprimento desejado. Em uma modalidade, as dimensões acabadas de corte da pá do ventilador 316 extrudada podem compre-

ender um comprimento entre aproximadamente 121,91 cm (4 pés) e 457,18 cm (15 pés). Em uma modalidade preferida, as dimensões acabadas de corte da pá do ventilador 316 podem compreender um comprimento de aproximadamente 284,48 cm (112 polegadas). Além disso, serras circulares e/ou uma serra radial pode ser usada para cortar o perfil a um ângulo que é substancialmente perpendicular ao comprimento do perfil extrudado. Em diversas outras modalidades, a serra 712 pode compreender uma serra de 45 graus, que desbasta o perfil ou uma serra de mesa, com uma lâmina circular que sobe para cortar o perfil extrudado. Uma corte acabado em serra típico pode ter 40,64 cm a 50,8 cm (16 a 20 polegadas) de diâmetro com dentes com ponta de carbetto.

O componente de fabricação a seguir pode compreender um forno de envelhecimento 714. Conforme é conhecido na técnica, algumas ligas de extrusão atingem sua resistência ótima através do processo de envelhecimento, que pode ser referido como endurecimento por envelhecimento. O envelhecimento natural pode ocorrer à temperatura ambiente e o envelhecimento artificial pode compreender aquecimento controlado no forno de envelhecimento 714, que pode ser referido como um tratamento térmico por precipitação. Em um aspecto, quando o perfil extrudado emerge da prensa de extrusão 706, o perfil extrudado pode compreender um estado semi-sólido, mas solidifica rapidamente conforme ele resfria ou é temperado. Deve-se perceber que as ligas de alumínio, tais como aquelas que compreendem manganês ou magnésio, derivam sua resistência através de envelhecimento natural e trabalho a frio. Alternativamente, outras ligas de alumínio, tais como aquelas que compreendem cobre, zinco e magnésio com silício, podem ser adicionalmente tomadas mais resistentes ou envelhecidas através de tratamento térmico controlado que afeta a estrutura metalúrgica das ligas. Conseqüentemente, o processo de envelhecimento pode assegurar precipitação substancialmente uniforme de partículas finas através do metal, rendendo maior resistência, dureza e elasticidade para a liga de extrusão específica.

O processo de extrusão, conforme descrito com referência à Fi-

gura 7A, pode ser utilizado para conformar a pá do ventilador 316 que tem uma seção transversal contínua ao forçar o tarugo de extrusão 702 através da matriz de extrusão 708, que compreende uma abertura de perfil da seção transversal da pá do ventilador 316, conforme está ilustrado na Figura 7B. O

5 processo de formação da pá do ventilador extrudada 316 que tem o bordo de fuga 514 reforçado, pode prosseguir conforme a seguir. A matriz de extrusão 708 pode ser preparada e presa à prensa de extrusão 706. A seguir, o tarugo de extrusão 702, que compreende de preferência uma liga de alumínio, pode ser colocado em um recipiente da prensa de extrusão e pode

10 ser preaquecido no forno de aquecimento 704. O tarugo dobrável 702 pode ser forçado através da matriz de extrusão 708 por meio da aplicação de pressão ao tarugo 702 usando a prensa de extrusão 706 de uma maneira que forma a pá do ventilador 316 com o bordo de fuga 514 reforçado. Uma vez que o perfil extrudado da pá do ventilador 316 seja resfriado e esticado

15 no esticador, o perfil extrudado pode ser cortado usando a serra 712 a intervalos predeterminados de modo a formar uma pluralidade de pás do ventilador 316 com o comprimento desejado da pá do ventilador 316 a partir do perfil extrudado. Processamento adicional pode compreender envelhecimento da pás do ventilador 316 extrudadas de uma maneira que foi descrita

20 anteriormente. Após o processamento das pás do ventilador 316 extrudadas, o processo de formação das pás do ventilador 316 é completado.

Vantajosamente, as dificuldades técnicas envolvidas quando da extrusão da pá do ventilador 316 foram superadas por meio do reforço do bordo de fuga 514 com a região dobrada 536 e do flange 538 que se esten-

25 de descendentemente. Como as grandes pás do ventilador 316 são formadas usando-se uma técnica de alumínio extrudado, o processo de formação resulta em pás do ventilador 316 melhoradas que compreendem características estruturais melhores, como por exemplo, maior rigidez, robustez e resiliência. O método de extrusão também pode permitir que as pás do ventila-

30 dor 316 sejam fabricadas com características de desempenho aerodinâmico otimizadas, o que permite que um fluxo de ar colunar maior seja gerado durante a operação. Logo, o desenho aperfeiçoado do conjunto de ventilador

100 mencionado acima com pás do ventilador 316 melhoradas tendo o bordo de fuga 514 reforçado, conforme descrito no contexto, compreende um aperfeiçoamento significativo com relação à técnica anterior.

Embora a modalidade preferida da presente invenção tenha sido mostrada, descrita e tenha apontado características novas da invenção, como aplicada a esta modalidade particular, será entendido que diversas omissões, substituições e mudanças na forma do detalhe do dispositivo ilustrado podem ser feitas por aqueles versados na técnica sem que se afaste do espírito da presente invenção. Conseqüentemente, o escopo da invenção não deve ser limitado à descrição anterior, mas deve ser definido pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Pá de ventilador para um conjunto de ventilador usado em uma construção industrial, a pá de ventilador (316) sendo formada a partir de um metal extrudado em que uma primeira parede curva (524) é unida a uma
5 segunda parede curva (526) para formar uma junção de ataque (531) e uma junção de junção de fuga (532), a junção de fuga (532) se estendendo para formar uma terceira parede (530) que possui um bordo de fuga (514), **carac-**
terizada pelo fato de compreender ainda um flange dobrado (538) que se
estende distalmente a partir do bordo de fuga (514) de uma maneira contí-
10 nua que reforça o bordo de fuga (514).

2. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 1, **caracteri-**
zada pelo fato de que o flange (538) se estende a partir da superfície inferior
da terceira parede (530) e/ou compreende um comprimento entre 0,3175 cm
(1/8 de polegada) e 0,9525 cm (3/8 de polegada).

15 3. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **ca-**
racterizada pelo fato de que a primeira parede curva é unida a uma segun-
da parede curva para formar uma região interna oca.

4. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **ca-**
racterizada pelo fato de que a primeira parede curva (524) é unida à segun-
20 da parede curva (526) para formar uma região interna sólida.

5. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 1, 2, 3 ou 4, **caracterizada** pelo fato de possuir uma largura em seção transversal de
12,7 cm (5 polegadas), uma altura em seção transversal entre 1,905 cm (3/4
de polegada) e 3,81 cm (1/16 de polegada) e um comprimento de pelo me-
25 nos 121,92 cm (4 pés) de 2,54 cm (1 polegada).

6. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 5, **caracteri-**
zada pelo fato de que a sua largura em seção transversal é de 17,78 cm (7
polegadas).

7. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **ca-**
30 **racterizada** pelo fato de que a sua altura em seção transversal é de 2,54 cm
(1 polegada).

8. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 5, 6 ou 7, **ca-**

racterizada pelo fato de que o seu comprimento é inferior a 457,2 cm (15 pés).

9. Pá de ventilador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizada** pelo fato de que as primeira e segunda paredes curvas (24, 526) possuem uma espessura entre 0,15875 cm (1/16 de polegada) e 0,47625 cm (3/16 de polegada).

10. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizada** pelo fato de que as primeira e segunda paredes curvas (24, 526) possuem uma espessura de 0,396875 cm (5/32 de polegada).

11. Pá de ventilador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizada** pelo fato de que a terceira parede curva (530) compreende um formato afunilado que diminui em espessura ao longo do seu comprimento.

12. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada** pelo fato de que a terceira parede curva (530) compreende um formato afunilado que diminui em espessura ao longo do seu comprimento de 0,47625 cm (3/16 de polegada) na junção de fuga (532) a 0,15875 cm (1/16 de polegada) no bordo de fuga (514).

13. Pá de ventilador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, **caracterizada** pelo fato de que o referido flange (538) reforça o bordo de fuga afunilado (514) durante a fabricação por extrusão de modo que o bordo de fuga afunilado (514) resiste ao rasgamento enquanto é formado.

14. Pá de ventilador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, **caracterizada** pelo fato de que o referido flange (538) se estende para baixo a partir da superfície inferior da terceira parede de modo que o deslocamento angular do flange (538) em relação à superfície inferior da terceira parede (530) forma uma região reforçada que aumenta a rigidez estrutural do bordo de fuga (514) para que o bordo de fuga resista aos danos, sendo que o flange (538) aumenta o volume de fluxo de ar resultante da operação do conjunto de ventilador que incorpora a pá de ventilador (316).

15. Pá de ventilador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, **caracterizada** pelo fato de ser incorporada em um conjunto de ventilador para circular ar em uma construção industrial, o conjunto de ventilador compreendendo:

5 um suporte (302) adaptado para permitir a montagem do conjunto de ventilador (100) no teto da construção industrial (106);

 um motor (304) acoplado ao suporte (302), o motor (304) engatado com um eixo rotativo (306) de modo a induzir a rotação do eixo (306); e
 uma pluralidade das referidas pás de ventilado (316).

10 16. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizada** pelo fato de que a pluralidade de pás de ventilador (316) inclui ao menos dez pás do ventilador.

 17. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 15 ou 16, **caracterizada** pelo fato de que a pluralidade de pás do ventilador (316) é
15 presa a um cubo (312), que é conectado a um eixo rotativo (306).

 18. Pá de ventilador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, **caracterizada** pelo fato de ser incorporada em um conjunto de ventilador para o resfriamento de uma construção industrial, o conjunto de ventilador compreendendo:

20 um conjunto de montagem que tem um cubo rotativo (312) que fixa o conjunto de ventilador (100) ao teto (110) da construção industrial (106); e

 uma pluralidade das referidas pás de ventilador (316) montadas no cubo rotativo (312).

25 19. Pá de ventilador, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizada** pelo fato de que cada uma das pás de ventilador (316) tem um comprimento de pelo menos 121,91 cm (4 pés) de comprimento e é formada de modo a ter uma primeira seção de aerofólio e um bordo de fuga afunilado (514), em que o bordo de fuga afunilado (514) se estende a partir de uma
30 parede da pá de ventilador (316) e em que o bordo de fuga afunilado (514) é dobrado a uma extremidade distal para formar integralmente o referido flange (538) para reforçar o bordo de fuga afunilado (514) e de modo a propor-

cionar maior impulso descendente durante a rotação das pás de ventilador (316).

20. Método de formação de uma pá de ventilador, compreendendo:

5 amaciar um metal; e

 forçar o metal em uma matriz de extrusão (708) usando uma prensa de extrusão tal que uma pá de ventilador de metal resfriada é extrudada a partir da matriz de extrusão de modo a ter, em seção transversal uniforme, uma primeira seção de aerofólio e um bordo de fuga afunilado (514) integralmente preso a uma extrusão da primeira seção de aerofólio, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de extrusão cria na pá de ventilador (316) uma região dobrada conduzindo para um flange (538) que se estende para fora a partir da direção do bordo de fuga afunilado (514) de modo contínuo de forma a reforçar o bordo de fuga afunilado (514) durante a etapa de extrusão e inibir o rasgamento do bordo de fuga afunilado (514).

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de amaciar o metal compreende amaciar alumínio.

22. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de amaciar o metal compreende amaciar um alumínio ligado com pelo menos um dentre cobre, manganês, silício, magnésio e zinco.

23. Método, de acordo com a reivindicação 20, 21 ou 22, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda a etapa de formar um molde de extrusão (708) para produzir a pá de ventilador (316) com uma região interna oca (522).

24. Método, de acordo com a reivindicação 20, 21 ou 22, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda a etapa de formar um molde de extrusão para produzir a pá de ventilador (316) com uma região interna sólida.

25. Método, de acordo com a reivindicação 20, 21, 22, 23 ou 24, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de extrusão produz uma pluralidade de pás de ventilador (316) ligadas entre si, e pela etapa de separá-las em pás

de ventilador individuais (316).

26. Método, de acordo com a reivindicação 20, 21, 22, 23, 24 ou 25, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de forçar o metal em uma matriz de extrusão (708) produz pelo menos uma pá de ventilador (316) tendo uma
5 primaria superfície (506) e uma segunda superfície (510) que se combinam para formar a seção de aerofólio que aperfeiçoa as propriedades colunares do fluxo de ar produzido pela pá de ventilador (316).

27. Método, de acordo com a reivindicação 20, 21, 22, 23, 24, 25 ou 26, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de forçar o metal em uma
10 matriz de extrusão (708) produz pelo menos uma pá de ventilador (316) que possui uma primeira superfície estendida que compreende pelo menos um entre o bordo de fuga afunilado (514) e o flange de reforço (538).

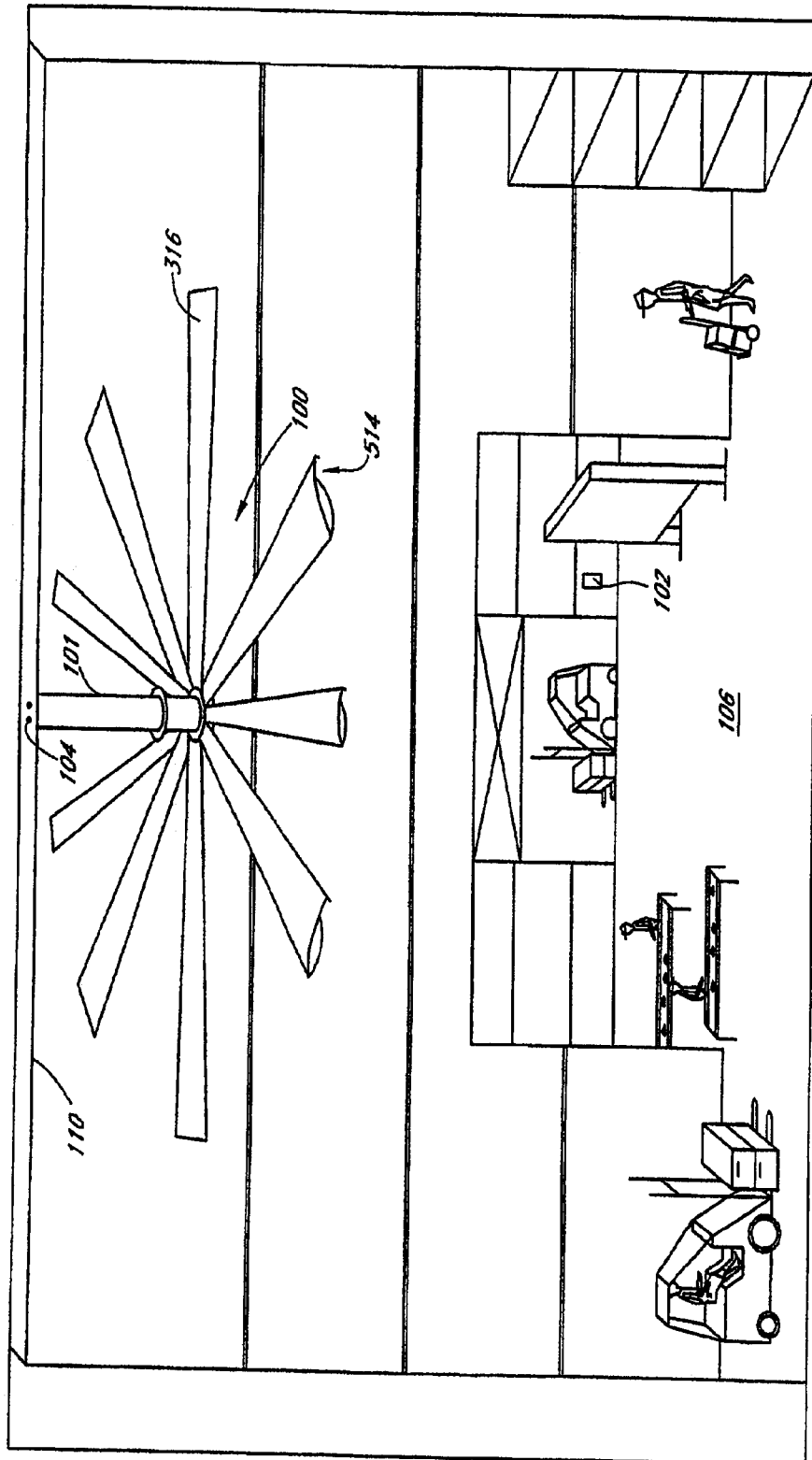


Fig. 1

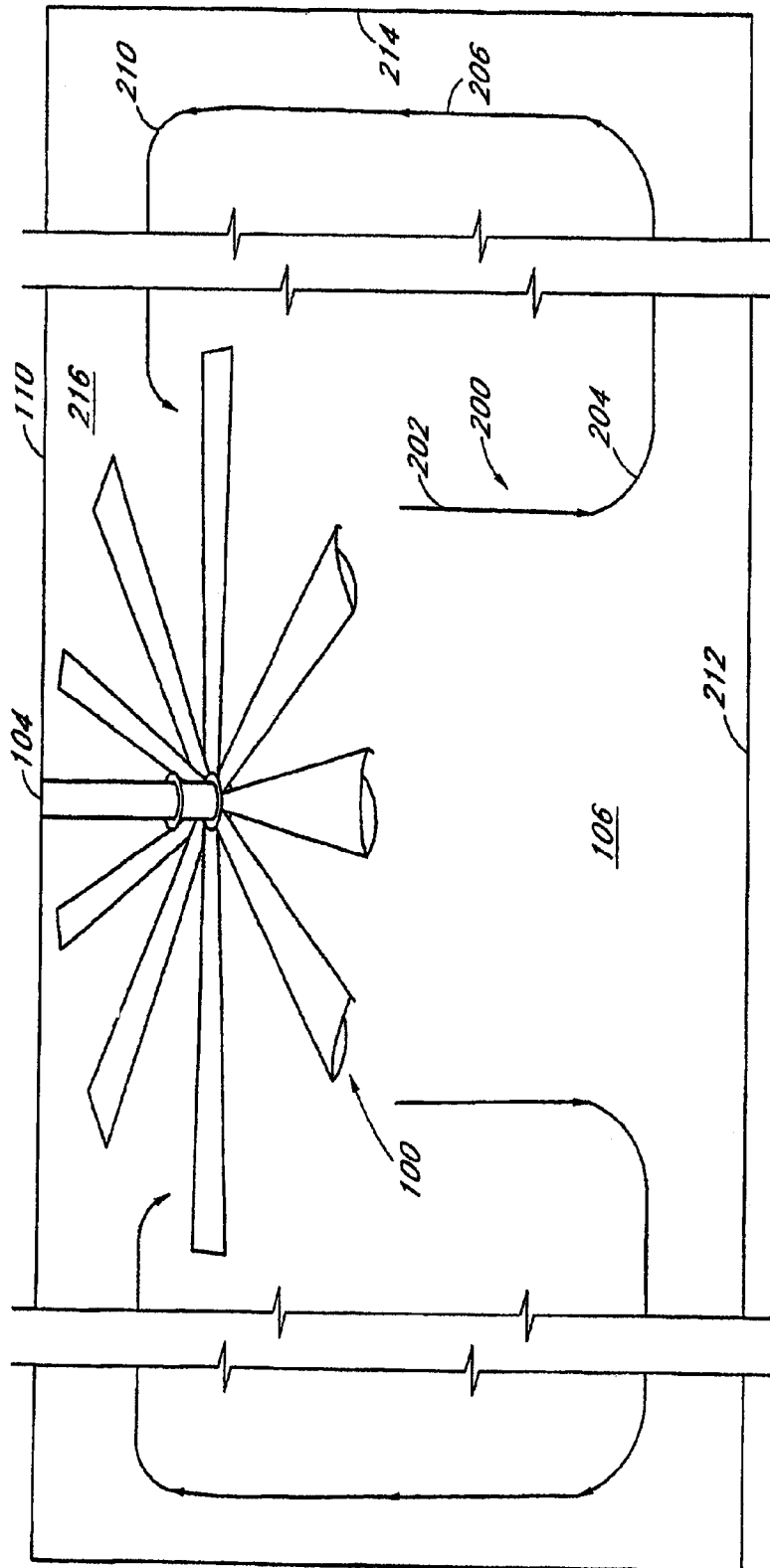


Fig. 2

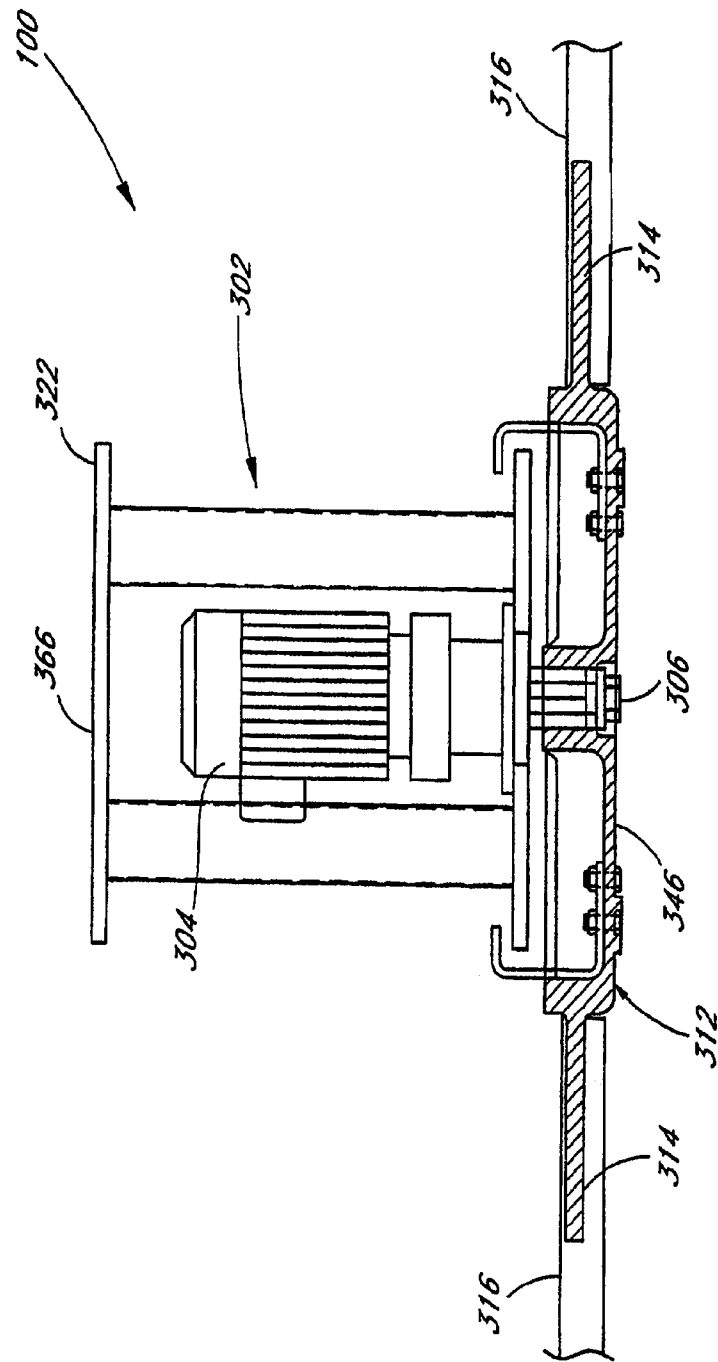


Fig. 3

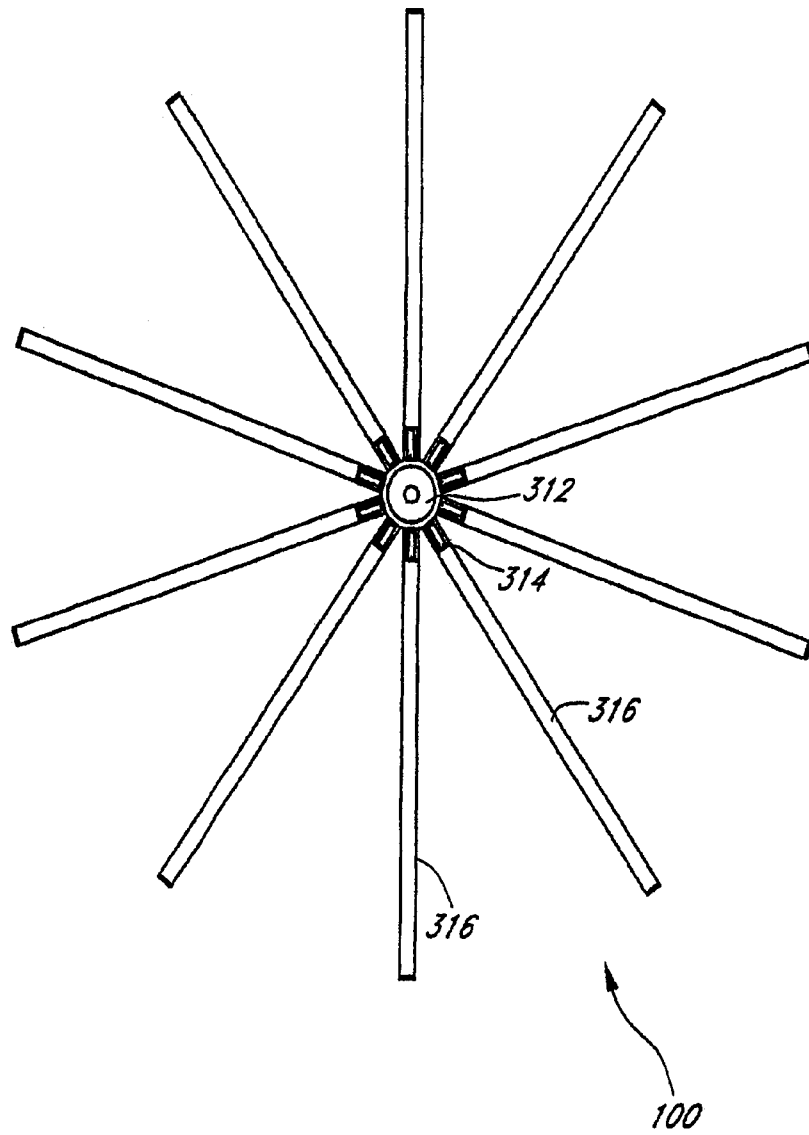


Fig. 4

5/7

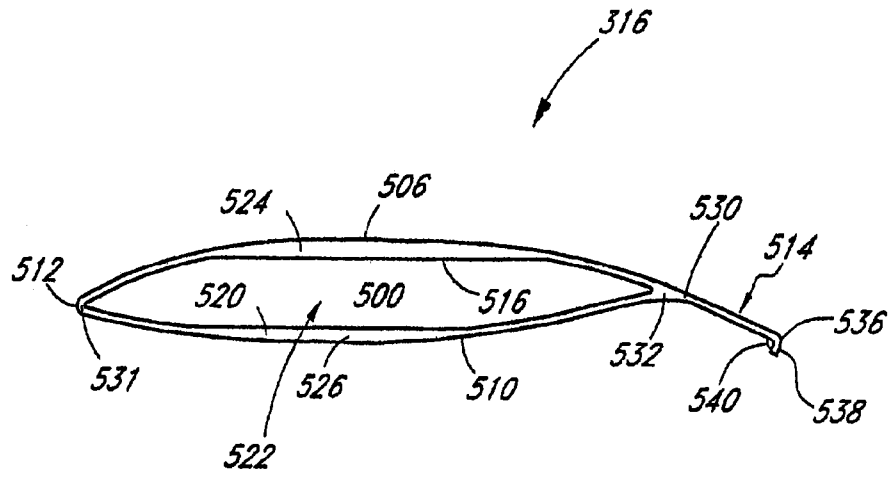


Fig. 5

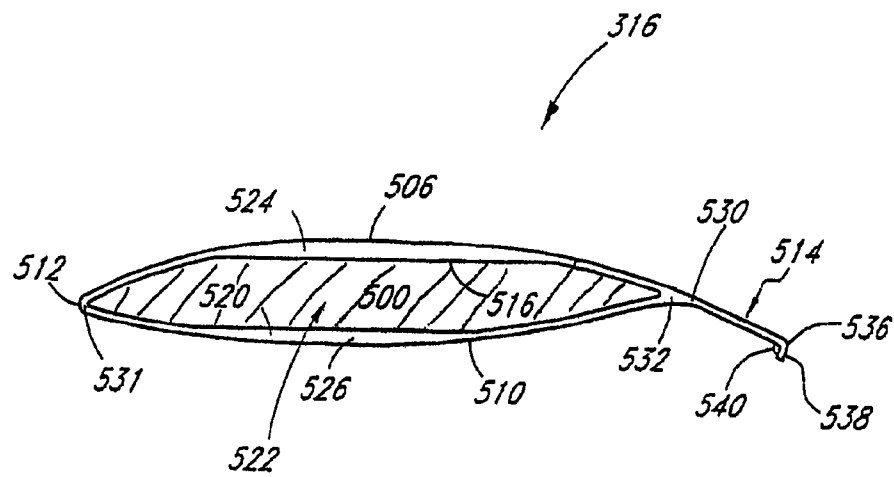


Fig. 5A

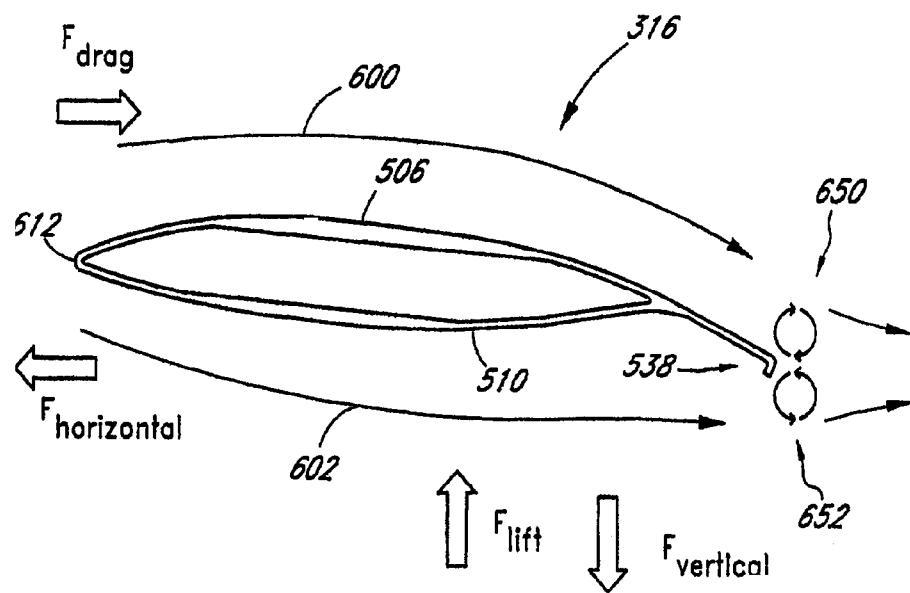


Fig. 6

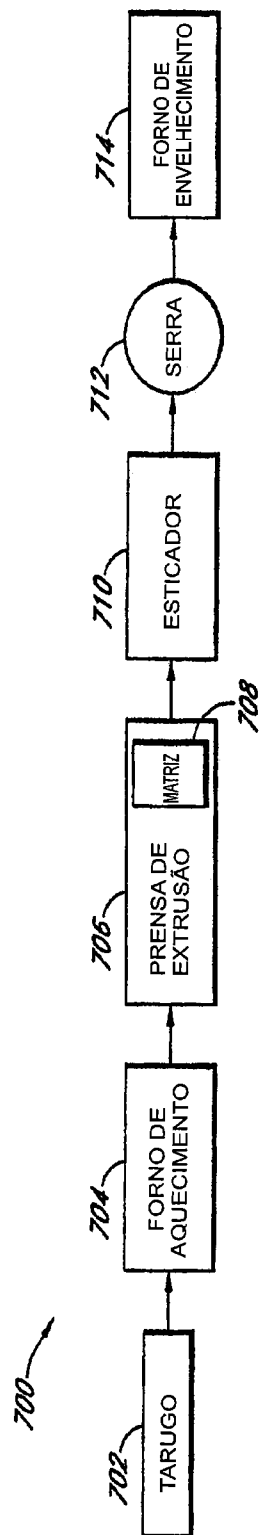


Fig. 7A

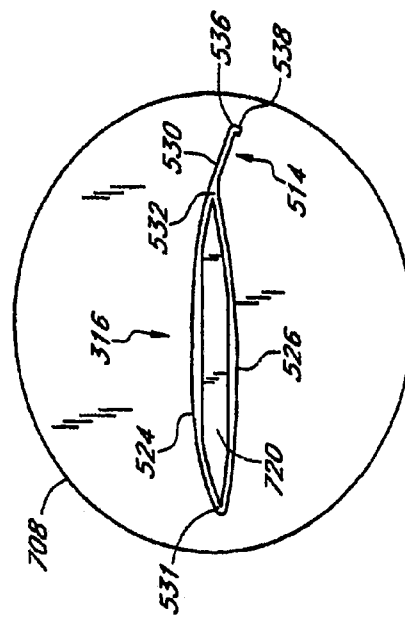


Fig. 7B

RESUMO

Patente de Invenção: **"PÁ DE VENTILADOR PARA UM CONJUNTO DE VENTILADOR E MÉTODO DE FORMAÇÃO DE UMA PÁ DE VENTILADOR"**.

5 A presente invenção refere-se a um dispositivo circulatório que compreende um ventilador com grande diâmetro tendo pás do ventilador (316) reforçadas com um formato de aerofólio afunilado. As pás do ventilador podem ser formadas usando um método de fabricação de extrusão, em que cada pá do ventilador (316) pode compreender um bordo de fuga (514) reforçado com um flange (538) que se estende descendentemente. O benefício de formar cada pá de ventilador (316) com um bordo de fuga reforçado (514) de acordo com a presente invenção, é a obtenção de características estruturais melhoradas tal que o bordo de fuga de cada pá de ventilador pode ser maior para assim melhorar o desempenho aerodinâmico. Além disso, o bordo de fuga reforçado (514) resiste ao rasgamento que pode ocorrer durante a extrusão pela adição da região com flange dobrado (538) a pelo menos uma extremidade distal do bordo de fuga (514). Por exemplo, a porção dobrada (538) do bordo de fuga tende a orientar rigidamente o material extrudado em uma posição estabilizada mais imediatamente durante a formação. Além disso, a porção dobrada (538) proporciona maior resistência ao proporcionar forças de suporte em duas dimensões que são relativamente paralelas e perpendiculares ao seu comprimento de modo a neutralizar os efeitos adversos de forças de pressão que agem sobre o bordo de fuga (514) da pá de ventilador durante a extrusão