



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

(21) BR 10 2012 002554-0 A2



(22) Data de Depósito: 03/02/2012

(43) Data da Publicação: 31/03/2015  
(RPI 2308)

(54) Título: TURBINA E BOMBA DE FLUIDO

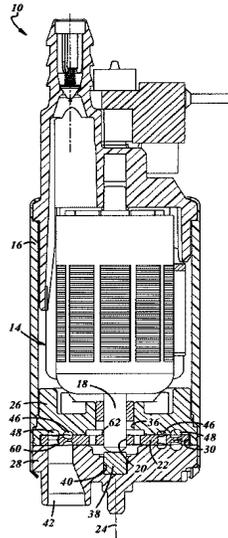
(51) Int.Cl.: F02M37/08; F04D13/06; F04D29/30;  
F04D5/00

(30) Prioridade Unionista: 27/01/2012 US 13/360,206,  
04/02/2011 US 61/439,793, 24/02/2011 US 61/446,331

(73) Titular(es): Ti Group Automotive Systems, L.L.C

(72) Inventor(es): Edward J. Talaski

(57) Resumo: PROPULSOR E BOMBA DE FLUIDO Uma bomba de fluido pode incluir um motor elétrico que tem um eixo de saída acionado para rotação em torno de um eixo geométrico e um conjunto de bomba acoplado ao eixo de saída do motor. O conjunto de bomba tem um primeiro tampão e um segundo tampão com pelo menos um canal de bombeamento definido entre o primeiro tampão e o segundo tampão, e um propulsor recebido entre o primeiro tampão e o segundo tampão. O propulsor é acionado para rotação pelo eixo de saída do motor e inclui uma pluralidade de palhetas em comunicação com pelo menos um canal de bombeamento. Cada palheta tem um segmento de raiz e um segmento de ponta e uma linha a partir de uma base do segmento de raiz até uma borda externa do segmento de ponta trilha uma linha se estendendo a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por um ângulo entre 0° e 30° em relação à direção de rotação do propulsor.



**PROPULSOR E BOMBA DE FLUIDO****Referência a Pedidos Copendentes**

Este pedido reivindica o benefício dos Pedidos de Patente Provisória U.S. N° 61/439.793, depositado em 4 de fevereiro de 2011, 61/446.331, depositado em 24 de fevereiro de 2011, e Pedido de Patente Não Provisória U.S. N° 13/360.206, depositado em 27 de janeiro de 2012, os quais são incorporados aqui como referência em sua totalidade.

**10 Campo Técnico**

A presente exposição refere-se geralmente a bombas de combustível e, mais particularmente, a uma bomba de combustível do tipo de turbina.

**Antecedentes**

15 As bombas acionadas a motor elétrico podem ser usadas para o bombeamento de vários líquidos. Em algumas aplicações, como em veículos automotivos, as bombas acionadas a motor elétrico são usadas para o bombeamento de combustível a partir de um tanque de combustível para um motor a combustão. Em aplicações como esta, as bombas de 20 combustível do tipo de turbina tendo um propulsor com uma pluralidade de palhetas podem ser usadas.

**Sumário**

Uma bomba de combustível pode incluir um motor 25 elétrico tendo um eixo de saída acionado para rotação em torno de um eixo geométrico e um conjunto de bomba acoplado ao eixo de saída do motor. O conjunto de bomba tem um primeiro tampão e um segundo tampão com pelo menos um canal de bombeamento definido entre o primeiro tampão e o segundo 30 tampão, e um propulsor recebido entre o primeiro tampão e o

segundo tampão. O propulsor é acionado para rotação pelo eixo de saída do motor e inclui uma pluralidade de palhetas em comunicação com pelo menos um canal de bombeamento. Cada palheta tem um segmento de raiz e um segmento de ponta e uma linha a partir de uma base do segmento de raiz até uma borda externa do segmento de ponta trilha uma linha que se estende a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por um ângulo entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$  em relação à direção de rotação do propulsor.

Um propulsor para uma bomba de fluido inclui um cubo que tem uma abertura adaptada para receber um eixo que aciona o propulsor para rotação, um aro médio espaçado radialmente a partir do cubo e um aro externo espaçado radialmente do aro médio, e arranjos interno e externo de palhetas. O arranjo interno de palhetas está localizado radialmente para fora do cubo e para dentro do aro médio. O arranjo externo de palhetas está localizado radialmente para fora do aro médio. Cada palheta no arranjo interno e no arranjo externo tem uma face de ataque e uma face de fuga espaçada circunferencialmente atrás da face de ataque em relação à direção pretendida de rotação do propulsor. Cada palheta tem um segmento de raiz e um segmento de ponta se estendendo em geral radialmente para fora a partir do segmento de raiz, e cada palheta é orientada de modo que uma linha a partir de uma base do componente tibial até uma borda externa do segmento de ponta trilhe uma linha que se estende a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por um ângulo entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$  em relação à direção de rotação do propulsor.

Um método de fabricação de um propulsor inclui a

formação de um propulsor tendo uma pluralidade de palhetas e adaptado para ser rodado em torno de um eixo geométrico, formando um corpo que define uma parede lateral radialmente externa de uma cavidade de propulsor na qual o propulsor roda, e a usinagem de uma face axial do propulsor e do corpo enquanto o propulsor é disposto radialmente para dentro da parede lateral, para a provisão de uma espessura axial similar de ambos a parede lateral e o propulsor.

#### Breve Descrição dos Desenhos

10 A descrição detalhada a seguir de modalidades de exemplo e do melhor modo será estabelecida com referência aos desenhos associados, nos quais:

a figura 1 é uma vista em corte de uma bomba de fluido de exemplo mostrando porções de um motor elétrico e um conjunto de bombeamento da bomba de fluido;

a figura 2 é uma vista em corte de um conjunto de bombeamento da resistividade mostrando os tampões superior e inferior e um propulsor;

a figura 3 é uma vista de topo do tampão superior;

20 a figura 4 é uma vista lateral do tampão superior;

a figura 5 é uma vista em corte do tampão superior;

a figura 6 é uma vista inferior do tampão superior mostrando uma superfície inferior do tampão superior;

25 a figura 7 é uma vista de topo do tampão inferior mostrando uma superfície superior do tampão inferior;

a figura 8 é uma vista lateral do tampão inferior;

a figura 9 é uma vista em corte do tampão inferior;

30 a figura 10 é uma vista em corte fragmentada de uma porção do tampão inferior mostrando passagens de ventilação formadas ali;

a figura 11 é uma vista em perspectiva do propulsor;

a figura 12 é uma vista de topo do propulsor;

a figura 13 é uma vista em corte do propulsor tomada ao longo da linha 13-13 na figura 12;

5 a figura 14 é uma vista em corte fragmentada aumentada tomada ao longo da linha 14-14 na figura 12;

a figura 15 é uma vista em corte fragmentada aumentada tomada ao longo da linha 15-15 na figura 12;

10 a figura 16 é uma vista fragmentada aumentada de uma porção do propulsor;

a figura 17 é uma vista fragmentada aumentada de um propulsor modificado;

a figura 18 é uma vista em corte fragmentada aumentada do propulsor montado nos tampões superior e inferior; e

15 a figura 19 é uma vista em corte fragmentada de uma bomba de combustível alternativa incluindo um anel radialmente circundando pelo menos uma porção do propulsor.

#### **Descrição Detalhada de Modalidades Presentemente Preferidas**

Com referência, em maiores detalhes, aos desenhos, a  
20 figura 1 ilustra uma bomba de líquido 10 que tem um conjunto de bomba do tipo de turbina ou propulsor 12 que pode ser acionado por um motor elétrico 14. A bomba 10 pode ser usada para o bombeamento de qualquer líquido adequado, incluindo, e para fins do restante desta descrição,  
25 combustíveis automotivos. Neste exemplo, a bomba 10 pode ser utilizada em um sistema de combustível automotivo para suprimento de combustível sob pressão para o motor do veículo. O combustível pode ser de qualquer tipo adequado, e a bomba 10 pode ser adaptada para uso em um assim  
30 denominado "veículo de combustível flex" que pode usar

gasolina padrão, bem como combustíveis alternativos, como um combustível E85 à base de etanol.

O motor 14 e os componentes associados podem ser de construção convencional, e podem ser encerrados, pelo menos em parte, por um alojamento externo ou uma luva 16. O conjunto de bomba 12 também pode ser encerrado, pelo menos em parte, pela luva 16 com um eixo de saída 18 do motor 14 recebido em uma abertura central 20 de um propulsor 22 para acionamento de forma rotativa do propulsor 22 em torno de um eixo geométrico 24 de rotação.

Conforme mostrado nas figuras 1 e 2, o conjunto de bomba 12 pode incluir um primeiro tampão ou inferior 28 e um segundo tampão ou superior 26 mantidos em conjunto e geralmente circulados pela luva 16. Uma cavidade de propulsor 30 na qual o propulsor 22 é recebido pode ser definida entre uma superfície inferior 32 e de um tampão superior 26 e uma superfície superior 34 de um tampão inferior 28. A superfície inferior 32 e a superfície superior 34 podem ser geralmente chatas ou planas, e podem se estender perpendicularmente ao eixo geométrico 24 de rotação. O eixo de saída de motor 18 pode se estender através de uma passagem central 36 no tampão superior 26, ser acoplado a e se projetar através da abertura 20 no propulsor 22 com uma extremidade do eixo 18 suportada por um mancal 38 localizado em um orifício cego 40 no tampão inferior 28.

Um ou mais canais de bombeamento de combustível 46, 48 (figura 1) são definidos na cavidade de propulsor 30. Os canais de bombeamento 46, 48 podem ser definidos por e entre o propulsor 22 e os tampões superior e inferior 26,

28. Os canais de bombeamento 46, 48 podem se comunicar com e esse estender entre uma passagem de entrada 42 e uma passagem de saída 44, de modo que o combustível entre nos canais de bombeamento 46, 48 a partir da passagem de entrada 42 e o combustível seja descarregado a partir dos canais de bombeamento 46, 48 através da passagem de saída 44. Na implementação mostrada, dois canais de bombeamento são providos, com um canal de bombeamento interno 46 disposto radialmente para fora ou um canal de bombeamento externo 48. O tampão inferior 28 (figuras 1, 2, 7 a 9) pode definir toda ou parte da passagem de entrada 42 através da qual um combustível flui a partir de um reservatório de fluido ou tanque de combustível (não mostrado) para os canais de bombeamento 46, 48. O tampão superior 26 (figuras 1 a 6) pode definir toda ou parte da passagem de saída 44 através da qual um fluido pressurizado é descarregado a partir dos canais de bombeamento 46, 48.

O canal de bombeamento interno 46 pode ser definido em parte por ranhuras opostas, com uma ranhura 50 (figuras 5 e 6) formada na superfície inferior 32 do tampão superior 26 e a outra ranhura 52 (figuras 7 e 9) formada na superfície superior 34 do tampão inferior 28. O canal de bombeamento externo 48 também pode ser definido em parte por ranhuras opostas, com uma ranhura 54 (figuras 5 e 6) formada na superfície inferior 32 do tampão superior 26 e a outra ranhura 56 (figuras 7 e 9) formada em uma superfície superior 34 do tampão inferior 28. As ranhuras 50 a 56 podem ser todas conformadas e dimensionadas de forma simétrica, ou elas poderiam ser conformadas e/ou dimensionadas de forma não simétrica. Por exemplo, as

ranhuras 50, 52 definindo parte do canal de bombeamento interno 46 poderiam geralmente ser as mesmas nos tampões superior e inferior 26, 28, mas diferentes das ranhuras 54, 56 definindo parte do canal de bombeamento externo 48.

5 Conforme mostrado na figura 10, percursos de ventilação 59 podem ser providos para um ou ambos os canais de bombeamento 46, 48 para se permitir que o vapor escape ou seja expelido a partir dos canais.

Conforme mostrado nas figuras 2 e 7, a passagem de  
10 entrada 42 pode levar a uma porção de entrada 58 dos canais de bombeamento 46, 48 com a porção de entrada do canal de bombeamento externo 48 mostrada. Na porção de entrada 58, a profundidade do canal de bombeamento 48 pode mudar de uma profundidade maior adjacente à passagem de entrada 42 para  
15 uma profundidade menor a jusante da mesma. A redução na área de fluxo a jusante da passagem de entrada 42 facilita o aumento da pressão e da velocidade do combustível, conforme ele fluir através desta região do conjunto de bomba 12. Em pelo menos algumas implementações, a porção de  
20 entrada pode ser disposta em um ângulo  $\theta$  (figura 2) entre em torno de  $0^\circ$  e  $30^\circ$ . Em uma aplicação presentemente preferida, o ângulo  $\theta$  está entre  $13^\circ$  e  $14^\circ$ .

O canal de bombeamento externo 48, conforme mostrado nas figuras 5, 6, 7 e 9 pode ter uma área de seção  
25 transversal que é maior do que aquela do canal de bombeamento interno 46. O canal de bombeamento interno 46 pode operar a uma velocidade tangencial mais baixa e um coeficiente de pressão mais alto do que o canal de bombeamento externo 48 (devido ao raio menor e ao  
30 comprimento circunferencial mais curto do canal de

bombeamento interno). De modo a reduzir um vazamento e/ou retorno de fluxo no canal interno 46, bem como para maximizar o fluxo de saída, uma área de seção transversal menor pode ser usada para o canal de bombeamento interno 46, se comparado com o canal de bombeamento externo 48.

Os canais de bombeamento 46, 48 podem se estender circunferencialmente ou por uma extensão angular de menos de  $360^\circ$  e, em certas aplicações, em torno de  $300$  a  $350^\circ$  em torno do eixo geométrico de rotação. Isto provê uma porção circunferencial dos tampões superior e inferior 26, 28 sem quaisquer ranhuras, e onde há uma folga axial limitada entre a superfície superior 34 do tampão inferior 28 e a face inferior de propulsor 60, e a superfície inferior 32 do tampão superior 26 e a face superior 62 do propulsor 22. Esta porção circunferencial sem ranhuras pode ser denominada uma porção de separação ou divisória 65 e é pretendida para isolamento da extremidade de entrada de pressão mais baixa dos canais de bombeamento 46, 48 da extremidade de saída de pressão mais alta dos canais de bombeamento. Adicionalmente, pode não haver geralmente nenhuma, ou haver apenas uma quantidade limitada, de comunicação de fluido cruzada entre os canais de bombeamento interno e externo 46, 48. Uma comunicação de fluido cruzada limitada entre os canais de bombeamento 46, 48 pode ser desejável, para a provisão de um lubrificante ou um mancal de fluido entre o propulsor rodando 22 e os tampões estacionários 26, 28.

Conforme mostrado na figura 2, em pelo menos uma implementação, uma borda radialmente para dentro da entrada 42 na face 34 do corpo inferior 28 (mostrado no ponto X)

pode ser radialmente alinhado com uma borda radialmente interna da entrada na face 32 do corpo superior 26 (mostrado no ponto Y). Isto é, uma linha conectando o ponto X e o ponto Y pode ser paralela ao eixo geométrico de rotação. Ainda, a borda radialmente para dentro da saída 44 na face 34 do corpo inferior 28 (mostrado no ponto W) pode ser circunferencialmente deslocada da borda radialmente para dentro da saída 44 na face 32 do corpo superior 26 (mostrado no ponto Z) entre em torno de  $0^\circ$  e  $20^\circ$ , com um deslocamento presentemente preferido em uma aplicação sendo de em torno de  $4^\circ$ . Ainda, os pontos X e Y podem ser circunferencialmente deslocados do ponto Z por em torno de  $10^\circ$  a  $25^\circ$ , com um deslocamento presentemente preferido em uma aplicação sendo de em torno de  $23^\circ$ . Estes ângulos podem ser medidos entre linhas que sejam paralelas ao eixo geométrico de rotação e se estendam através dos pontos citados.

Os canais de bombeamento 46, 48 também podem ser definidos, em parte, pelo propulsor 22. Conforme mostrado nas figuras 1 e 11 a 16, o propulsor 22 pode ser um componente geralmente em formato de cisto que tem uma face superior geralmente plana 62 recebida adjacente à superfície inferior 32 do tampão superior 26, e uma face inferior geralmente plana 60 recebida adjacente à superfície superior 34 do tampão inferior 28. O propulsor 22 pode incluir uma pluralidade de palhetas 64a, b, cada uma radialmente espaçada do eixo geométrico de rotação 24 e alinhada em um canal de bombeamento 46 ou 48. Na implementação mostrada, onde os canais de bombeamento interno e externo são providos, o propulsor inclui um

arranjo interno 66 de palhetas 64a que são rodadas através do canal de bombeamento interno 46 e um arranjo externo 68 de palhetas 64b que são rodadas em torno do canal de bombeamento externo 48.

5 Um cubo circular 70 do propulsor 22 pode ser provido radialmente para dentro do arranjo interno 66 de palhetas e um orifício de encaixe ou orifício não circular 20 pode ser provido para o recebimento do eixo de saída de motor 18, de modo que o eixo e o propulsor rodem em conjunto em torno do

10 eixo geométrico 24. Um aro médio 72 pode ser definido radialmente entre os arranjos de palheta interno e externo 66, 68, e um aro externo 74 pode ser provido ou formado radialmente para fora do arranjo de palheta externo 68. Para evitar ou minimizar um fluxo de combustível entre os

15 canais de bombeamento interno e externo 46, 48, e para evitar ou reduzir um vazamento de combustível em geral, a face superior 62 e a face inferior 60 do propulsor 22 podem ser dispostas em grande proximidade com e, talvez, em uma relação de vedação de fluido com a superfície inferior 32

20 do tampão superior 26 e a superfície superior 34 do tampão inferior 28, respectivamente. Receptáculos de palheta 76a, b podem ser formados entre cada par de palhetas adjacentes 64a, b no propulsor 22, e entre o aro médio 72 e o aro externo 74. No exemplo mostrado nos desenhos, os

25 receptáculos de palheta 76a, b de ambos os arranjos de palheta interno e externo 66, 68 são abertos em ambas as suas faces axiais superior e inferior, de modo que os receptáculos de palheta 76a, b estejam em comunicação de fluido com as ranhuras superior e inferior 50 a 56. Os

30 arranjos de palheta interno e externo 66, 68

respectivamente propõem o combustível através dos canais de bombeamento interno e externo que se estendem radialmente 46, 48, conforme o propulsor 22 é acionado para rotação.

5 Com referência, agora, às figuras 11 a 16, o arranjo de palheta interno 66 inclui numerosas palhetas 64a que se projetam em geral radialmente para fora, cada uma, a partir do cubo interno 70 para o aro médio 72. O arranjo de palheta externo 68 inclui numerosas palhetas 64b que se  
10 projetam em geral radialmente para fora do aro médio 72 até o aro externo 74. Assim, o aro médio 72 separa o arranjo de palheta interno 66 do arranjo de palheta externo 68. As palhetas 64a, b de ambos os arranjos de palheta interno e externo 66, 68 e o aro médio 72 e o aro externo 74 podem se  
15 estender axialmente pela mesma distância geralmente denotada pela dimensão "a" nas figuras 14 e 15. Cada palheta 64a, b pode ter uma espessura circunferencial desejada denotada pela dimensão "b" nas figuras 14 e 15. O formato, a orientação e o espaçamento entre as palhetas 64a  
20 do arranjo de palheta interno 66 podem ser diferentes daqueles para as palhetas 64b do arranjo de palheta externo 68, ou o arranjo das palhetas 64a, 64b em ambos os arranjos de palheta pode ser o mesmo. No exemplo mostrado nos  
25 desenhos, o formato e a orientação das palhetas 64a, b é o mesmo nos arranjos de palheta interno e externo 66, 68, embora o arranjo interno 66 seja menor radialmente e circunferencialmente do que o arranjo externo 68 e, preferencialmente, tenha menos palhetas do que o arranjo externo.

30 Voltando-nos, agora, para a figura 16, é mostrada uma

vista aumentada de parte dos arranjos de palheta interno e externo 66, 68. A descrição a seguir é dirigida primariamente para o arranjo de palheta externo 68, mas se aplica também ao arranjo de palheta interno 66, a menos que declarado de outra forma. Na implementação mostrada, o propulsor 22 é rodado no sentido anti-horário, conforme visto na figura 16, e, conforme indicado pela seta 80, pelo motor para levar combustível através da entrada 42 e descarregar o combustível sob pressão através da saída 44.

5 Cada palheta 64b tem uma face de ataque 82 e uma face de fuga 84 que é disposta circunferencialmente atrás da face de ataque, em relação à direção de rotação. Se desejado, o formato das faces de ataque e de fuga 82, 84 pode ser a mesma, ou quase isso, de modo que as palhetas 64b tenham uma espessura circunferencial geralmente uniforme. Conforme

15 mostrado na figura 15, cada palheta 64b pode ser geralmente em formato de V na seção transversal com extremidades adjacentes a cada face axial 60, 62 do propulsor 22 levando (isto é, inclinadas para frente em relação à direção de rotação) a um ponto médio axial 86 da palheta. A figura 14

20 mostra uma vista similar de algumas palhetas 64a a partir do arranjo de palheta interno 66. Desta forma, as palhetas 64a, b podem ser definidas como tendo uma metade superior que se estende axialmente a partir da face superior 62 do propulsor 22 até o ponto médio 86 e uma metade inferior que se estende axialmente a partir do ponto médio 86 até a face inferior 60 do propulsor 22. O ponto médio axial 86 de cada palheta 64b trilha a porção de cada palheta adjacente à face superior 62 do propulsor 22. E o ponto médio axial 86

25 de cada palheta 64b trilha a porção da palheta adjacente à

30

face inferior 60 do propulsor 22. Isto provê uma palheta geralmente côncava nas vistas em seção transversal das figuras 14 e 15. Preferencialmente, em uma seção transversal, a face dianteira de ambas as metades superior e inferior das palhetas 64a, b também é côncava, e a face traseira de cada metade é convexa.

Nas figuras 14 e 15, as metades superior e inferior das palhetas 64b convergem no ponto médio 86 e podem definir uma transição relativamente aguda e o formato em V, conforme discutido acima. O ângulo  $\beta$  definido entre as metades superior e inferior em cada palheta pode estar entre  $60^\circ$  e  $130^\circ$ . Um propulsor modificado 22' é mostrado na figura 17, em que a face de ataque 82' de cada palheta 64b' tem uma região arqueada ou arredondada 88 na área do ponto médio axial 86' de cada palheta, provendo mais de um formato em U naquela área, ao invés de um formato em V afiado. O raio pode ser de 90% menor a 50% maior do que o espaçamento máximo em qualquer direção (nominalmente denotado pela dimensão "c", a qual poderia estar em outras posições e ângulos em outros projetos) entre (1) a face de ataque 82' de uma palheta e (2) a face de fuga 84' da palheta adjacente, ao longo do comprimento axial das palhetas. Assim, a título de um exemplo não limitativo, se o comprimento mínimo ou a distância do receptáculo de palheta 76b' for de 1 mm, então, o raio estaria entre 0,1 mm e 1,5 mm.

Conforme mostrado na figura 2, um ângulo  $\psi$  é formado entre a porção de entrada 58 de um canal de bombeamento 46 ou 48 e a metade inferior de uma palheta associada 64a ou 64b. De preferência, mas não necessariamente, o ângulo  $\psi$  é

maior do que  $109^\circ$  para ambos os canais de bombeamento 46 e 48 e as palhetas associadas 64a e 64b. Em pelo menos algumas implementações, o ângulo  $\psi$  para o canal de bombeamento interno 46 e as palhetas internas 64a está entre  $110^\circ$  e  $120^\circ$ , e pode ser de em torno de  $114^\circ$ . Em pelo menos algumas implementações, o ângulo  $\psi$  para o canal de bombeamento externo 48 e as palhetas externas 64b está entre  $110^\circ$  e  $125^\circ$ , e pode ser de em torno de  $121$  a  $122^\circ$ .

Com referência, novamente, à figura 16, cada palheta 64b inclui um segmento de raiz 90 que se estende para fora a partir do aro médio 72 (o segmento de raiz 90 das palhetas 64a no arranjo interno 66 se estende para fora a partir do cubo 70, ao invés do aro médio 72). O segmento de raiz 90 pode ser linear ou quase linear, se desejado, e pode ter entre em torno de 10% e 50% do comprimento radial da palheta 64b. O segmento de raiz 90 pode se estender em um ângulo  $\alpha$  até uma linha radial 92 se estendendo a partir do eixo geométrico de rotação 24 através de um ponto A na face de fuga 84 da palheta na extremidade radialmente para dentro do segmento de raiz 90. O ângulo  $\alpha$  pode ter entre em torno de  $-20^\circ$  e  $10^\circ$ , e é mostrado entre a linha radial 92 e uma linha 93 que se estende ao longo do segmento de raiz 90 na face de fuga 84 da palheta 64b. Um ângulo menor do que zero indica que o segmento de raiz 90 (e, daí, a linha 93) é inclinado para trás, se comparado com a linha radial 92 e em relação à direção de rotação 80. Um ângulo maior do que zero indica que o segmento de raiz 90 é inclinado para frente, se comparado à linha radial 92 e em relação à direção de rotação. Em uma modalidade presentemente preferida,  $\alpha$  é de em torno de  $-3^\circ$ , o que significa que o

segmento de raiz 90 é retardado ou inclinado para trás da linha radial 92.

Cada palheta 64b também inclui um segmento de ponta 96 que se estende a partir da extremidade radialmente externa do segmento de raiz 90 até o aro externo 74 (o segmento de ponta 96 das palhetas 64a no arranjo interno 66 se estende para o aro médio 72, ao invés do aro externo 74). Conforme mostrado nos desenhos, o segmento de ponta 96 é ligeiramente curvado, de modo que seja convexo (quando visto em uma direção paralela ao eixo geométrico de rotação 24) com respeito à direção de rotação 80. Um ângulo  $\delta$  é formado entre a linha radial 92 e uma linha 98 que se estende a partir de um ponto A no aro médio 72 da face de fuga 84 da palheta (isto é, a base do segmento de raiz 90) até um ponto C no aro externo 74 na face de fuga 84 da palheta (isto é, a extremidade do segmento de ponta 96). O ângulo  $\delta$  pode estar entre em torno de  $0^\circ$  e  $-30^\circ$ , onde zero grau coincide com a linha radial 92 e ângulos de menos de zero grau indicam que a linha 98 trilha a linha radial 92 em relação à direção de rotação 80. Em uma modalidade presentemente preferida, o ângulo  $\delta$  é de em torno de  $-12^\circ$ , o que significa que a palheta 64b é retardada ou inclinada para trás da linha radial 92. A orientação da palheta 64b também pode ser descrita com referência a uma linha 100 que se estende a partir do ponto D no ponto médio radial 86 da palheta 64b até o ponto C. A linha 100 pode formar um ângulo  $\epsilon$  com a linha radial 92, e este ângulo  $\epsilon$  pode variar entre em torno de  $5^\circ$  e  $45^\circ$ . Se desejado, o segmento de ponta 96 pode ter uma curvatura geralmente uniforme que pode ser definida por um raio imaginário na faixa entre 2

mm e 30 mm. Em pelo menos uma implementação, nenhuma porção da palheta 64b se estende para frente de ou leva à linha radial 92, em relação à direção de rotação do propulsor. E o segmento de ponta 96 da palheta pode se estender mais para trás da linha radial 92 do que o segmento de raiz 90.

Conforme mostrado nas figuras 16 e 18, uma nervura ou divisória 100 se estende circunferencialmente entre as palhetas adjacentes com uma ponta 102 axialmente centralizada entre as faces 60, 62 do propulsor. A nervura 100 pode se estender radialmente para fora, e pode se estender entre em torno de  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{1}{2}$  da extensão radial de suas palhetas associadas. Conforme mostrado na figura 18, de preferência, não necessariamente, cada ranhura na seção transversal tem uma seção reta 104, uma primeira seção curvada 106, uma seção reta de fundo 108, uma segunda seção curvada 110 e uma seção reta 112. Cada seção reta 104, 112 pode ser perpendicular à face adjacente do propulsor 22 e a seção reta 108 pode ser paralela a uma face adjacente do propulsor. As seções curvadas 106 e 110 podem ter raios do mesmo comprimento com centros diferentes e se mesclam suavemente nas seções retas adjacentes em ambas as extremidades de cada seção curvada.

Conforme mostrado na figura 18, a extensão axial E de cada palheta interna 64a até a extensão axial F de seu canal de bombeamento 46 pode ter (mas não é requerido que tenha) a relação de  $F/E < 0,6$ . A extensão axial G de cada palheta externa 64b até a extensão axial H de seu canal de bombeamento 48 pode ter a relação de  $H/G > 0,76$ . Preferencialmente, mas não necessariamente, em um plano contendo o eixo geométrico de propulsor 24, a relação da

área  $A_2$  de um canal de bomba 46 ou 48 incluindo a área de uma palheta associada 64a ou 64b excluindo a área de sua nervura 100 é  $A_2/A_1 < 1,0$ . Em pelo menos algumas implementações, para o canal interno 46 e as palhetas 5 internas 64a,  $A_2/A_1 \leq 0,7$ , e para o canal externo 48 e as palhetas externas 64b,  $A_2/A_1 \leq 0,9$ .

Em operação, uma rotação do propulsor 22 faz com que o combustível flua para o conjunto de bomba 12 através da passagem de entrada de combustível 42, a qual se comunica 10 com os canais de bombeamento interno e externo 46, 48. O propulsor rodando 22 move o combustível a partir da entrada 42 em direção à saída 44 dos canais de bombeamento de combustível e aumenta a pressão do combustível ao longo do caminho. Uma vez que o combustível atinja a extremidade 15 anular dos canais de bombeamento 46, 48, o fluido agora pressurizado sai do conjunto de bomba 12 através da passagem de saída de combustível 44. Devido ao fato de a pressão de fluido aumentar entre a entrada e a saída do conjunto de bomba 12, uma orientação das palhetas 64a, b de 20 modo que elas sejam inclinadas para trás (isto é, elas trilhem a linha radial 92, conforme discutido acima) melhora a circulação do fluido nos receptáculos de palheta 76a, b e nos canais de bombeamento 46, 48, porque a pressão mais alta a montante de um receptáculo de palheta 76a, 76b 25 ajuda a mover o fluido radialmente para fora, uma vez que a pressão de fluido no segmento de ponta 96 pode ser ligeiramente mais baixa do que a pressão de fluido no segmento de raiz 90, quando o segmento de ponta 96 trilhar o segmento de raiz 90. Se o segmento de ponta 96 fosse 30 avançado para frente do segmento de raiz 90, então, a

pressão no segmento de ponta localizado radialmente para fora seria maior do que a pressão no segmento de raiz, e isto tenderia a inibir uma circulação e um fluxo para fora do fluido em pelo menos algumas implementações.

5           Ainda, uma orientação do segmento de raiz 90 em um ângulo diferente do segmento de ponta 96 e, geralmente, em um ângulo de fuga menor do que o segmento de ponta, ajuda a mover o fluido na região de entrada de pressão mais baixa dos canais de bombeamento 46, 48. Acredita-se que os  
10           segmentos de raiz orientados mais radialmente 90 tendam a elevar o fluido axialmente e melhorem o fluxo e a circulação do fluido nas regiões de entrada. Isto tende a melhorar a performance do conjunto de bomba 12 em situações em que o fluido está quente e um fluxo ruim ou turbulento  
15           poderia levar a uma formação de vapor ou a outras condições ineficientes.

          Portanto, em um sentido, pode ser considerado que o segmento de raiz é projetado para melhorar uma performance de fluido à pressão baixa e quente, e o segmento de ponta é  
20           projetado para uma performance melhorada de pressão mais alta. Com estas características de performance, o propulsor e o conjunto de bomba são bem adequados para uso em vários fluidos, incluindo combustíveis voláteis, tais como  
          gasolinas sem chumbo e combustíveis à base de etanol, tais  
25           como os que são atualmente usados em veículos automotivos.

          Conforme mostrado nas figuras 1 a 6, um ou ambos os tampões superior e inferior podem ter um flange integral localizado radialmente para fora e que se estende de forma  
          circunferencial e axial 35 (mostrado no tampão superior 26  
30           nesta implementação) definindo uma parede lateral ou

fronteira da cavidade de propulsor que pode ser formada em uma peça com o tampão. Alternativamente, um anel em separado 150 pode ser disposto entre os tampões superior e inferior 26', 28' e circundando o propulsor 22', conforme 5 mostrado na figura 19 (a figura 19 mostra uma bomba diferente com um propulsor de estilo diferente em relação às outras modalidades discutidas acima. O propulsor da figura 19 tem apenas um arranjo de palhetas, embora outros arranjos de palheta possam ser providos. A figura 19 é 10 provida principalmente por sua descrição do anel 150.). Com qualquer um dentre o anel separado 150 ou o flange integral 35, o propulsor 22, 22', 22'' pode ser usinado, enquanto na posição em relação ao anel ou flange, de modo que uma face do propulsor e o anel ou flange sejam usinados ao mesmo 15 tempo. As formas representativas de como isto pode ser realizado incluem a inserção do propulsor no anel e a usinagem deles juntos como um conjunto (talvez com um diferencial de espessura predeterminado provido para isso em um gabarito ou uma matriz em que as partes são recebidas 20 para usinagem), ou colocando-se um conjunto de propulsor e de anel em porções separadas de um gabarito ou uma matriz e usinando-os geralmente ao mesmo tempo, embora não montados em conjunto. Obviamente, múltiplos conjuntos de propulsores e guias poderiam ser usinados em um momento, 25 preferencialmente com pares de propulsores e anéis mantidos em conjunto através de quaisquer etapas de processamento e montagem adicionais que possam ocorrer.

Quando usinados ao mesmo tempo, as espessuras axiais destes componentes podem ser cuidadosamente controladas e 30 as tolerâncias ou variações de parte a parte em ambos os

componentes podem ser reduzidas ou eliminadas para a  
provisão de um produto final com tolerâncias mais  
firmemente controladas. Em pelo menos algumas  
implementações, a diferença de espessura axial entre o  
5 propulsor e o anel ou flange é de em torno de 10 microns ou  
menos. As tolerâncias apertadas e uma variação reduzida de  
bomba para bomba em uma rodada de produção ajudam a  
controlar o volume de canais de bombeamento em relação à  
espessura axial do propulsor, e mantêm uma folga desejada  
10 entre as faces de propulsor e as superfícies adjacentes dos  
tampões superior e inferior. Isto pode ajudar a melhorar a  
consistência entre bombas e manter uma performance ou  
eficiência desejada através de uma rodada de produção ou  
rodadas de bombas de fluido.

15 A descrição precedente é de modalidades de exemplo  
preferidas da bomba de fluido; as invenções discutidas aqui  
não estão limitadas às modalidades específicas mostradas.  
Várias mudanças e modificações tornar-se-ão evidentes para  
aqueles versados na técnica, e se pretende que todas essas  
20 mudanças e modificações estejam no escopo e no espírito da  
presente invenção, conforme definido nas reivindicações a  
seguir. Por exemplo, embora os desenhos mostrem um canal  
duplo, uma bomba de fluido de estágio único, o propulsor e  
outros componentes podem ser utilizados em outros arranjos  
25 de bomba, incluindo arranjos de um canal único ou de mais  
de dois canais, bem como bombas de estágio múltiplo.  
Também, onde as palhetas 64a, b têm uma espessura  
circunferencial geralmente uniforme ao longo de suas  
extensões radiais, os ângulos discutidos com respeito a  
30 linhas desenhadas em relação à face de fuga das palhetas

também poderiam ser discutidos e aplicados com respeito às linhas desenhadas em relação à face de ataque das palhetas.

Embora as formas da invenção aqui mostrada constituam as modalidades presentemente preferidas, muitas outras são  
5 possíveis. Não se pretende aqui mencionar todas as formas equivalentes possíveis ou ramificações da invenção. É entendido que os termos usados aqui são meramente descritos, ao invés de limitativos, e que várias mudanças podem ser feitas, sem que se desvie do espírito ou do  
10 escopo da invenção.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Bomba de fluido, caracterizada pelo fato de que compreende:

um motor elétrico que tem um eixo de saída acionado para rotação em torno de um eixo geométrico;

um conjunto de bomba acoplado ao eixo de saída do motor e tendo:

um primeiro tampão e um segundo tampão com pelo menos um canal de bombeamento definido entre o primeiro tampão e o segundo tampão, e

um propulsor recebido entre o primeiro tampão e o segundo tampão, em que o propulsor é acionado para rotação pelo eixo de saída do motor e o propulsor inclui uma pluralidade de palhetas em comunicação com pelo menos um referido canal de bombeamento, cada palheta tendo um segmento de raiz e um segmento de ponta e uma linha a partir de uma base do segmento de raiz até uma borda externa do segmento de ponta trilha uma linha que se estende a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por um ângulo entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$  em relação à direção de rotação do propulsor.

2. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o segmento de raiz se estende por entre 10% e 50% do comprimento radial de cada palheta e uma linha se estendendo a partir da base do segmento de raiz até a extremidade externa do segmento de raiz ser inclinada em relação a uma linha que se estende a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por entre  $-20^\circ$  e  $10^\circ$ .

3. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizada pelo fato de que cada palheta é orientada de modo que uma linha se estendendo a partir de um ponto médio radial da palheta até uma borda radialmente externa da palheta seja inclinada em relação a uma linha se estendendo a partir do eixo geométrico de rotação até o ponto médio radial da palheta por entre 5° e 45°.

4. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que cada palheta tem uma porção superior que se estende a partir de uma face superior do propulsor até um ponto médio axial da palheta e uma porção inferior se estendendo a partir do ponto médio axial da palheta até uma face inferior do propulsor, e uma transição da porção superior até a porção inferior ao longo de uma face de ataque da palheta ser arredondada provendo uma face de ataque geralmente em formato de U da palheta na seção transversal.

5. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o raio é entre 90% menor do que e 50% maior do que o espaçamento mínimo em qualquer direção entre a face de ataque de uma palheta e uma face de fuga de uma palheta adjacente, ao longo do comprimento axial das palhetas.

6. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o primeiro tampão de extremidade inclui uma passagem de entrada através da qual um combustível é admitido para o canal de bombeamento e uma porção de entrada do canal de bombeamento, onde a porção de entrada é disposta em um ângulo entre 0 e 30 graus.

7. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que a porção de entrada é

disposta em um ângulo entre 13 e 14 graus.

8. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que também inclui uma passagem de saída a partir da qual um combustível é descarregado a partir do canal de bombeamento, e a borda radialmente para dentro da passagem externa na face do primeiro tampão ser circunferencialmente deslocada da borda radialmente para dentro da passagem externa na face do segundo tampão entre 0 e 20 graus, onde o ângulo é medido pelas linhas que são paralelas a um eixo geométrico de rotação do propulsor.

9. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que a borda radialmente para dentro da passagem de saída na face do primeiro tampão é circunferencialmente deslocada da borda radialmente para dentro da passagem externa na face do segundo tampão por entre 3 e 5 graus, onde o ângulo é medido por linhas que são paralelas ao eixo geométrico de rotação do propulsor.

10. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que uma borda radialmente para dentro da passagem interna na face do primeiro tampão e a borda radialmente para dentro da passagem de entrada na face do segundo tampão são circunferencialmente deslocadas da borda radialmente para dentro da passagem externa na face do segundo tampão por entre 10 e 25 graus.

11. Bomba de fluido, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o primeiro tampão de extremidade inclui uma passagem de entrada através da qual um combustível é admitido no canal de bombeamento e a passagem de entrada estação rádio uma porção de entrada diretamente adjacente ao canal de bombeamento, e um ângulo

maior do que 109 graus é formado entre a porção de entrada de um canal de bombeamento e uma metade inferior de uma palheta disposta no canal de bombeamento.

5 12. Propulsor para uma bomba de fluido, caracterizado pelo fato de que compreende:

um cubo que tem uma abertura adaptada para receber um eixo que aciona o propulsor para rotação, um aro médio espaçado radialmente do cubo e um aro externo espaçado radialmente do aro médio;

10 um arranjo interno de palhetas localizado radialmente para fora do cubo e para dentro do aro médio; e

um arranjo externo de palhetas localizadas radialmente para fora do aro médio, em que cada palheta no arranjo interno e no arranjo externo tem uma face de ataque e uma face de fuga espaçada circunferencialmente atrás da face de ataque em relação à direção pretendida de rotação do propulsor cada palheta tem um segmento de raiz e um segmento de ponta se estendendo em geral radialmente para fora do segmento de raiz, e cada palheta é orientada de modo que uma linha a partir de uma base do segmento de raiz até uma borda externa do segmento de ponta trilhe uma linha que se estende a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por um ângulo entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$ , em relação à direção de rotação do propulsor.

25 13. Propulsor, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que cada palheta é orientada de modo que uma linha se estendendo a partir de um ponto médio radial da palheta até uma borda radialmente externa da palheta seja inclinada em relação a uma linha se estendendo a partir do eixo geométrico de rotação até o ponto médio

30

radial da palheta entre  $5^\circ$  e  $45^\circ$ .

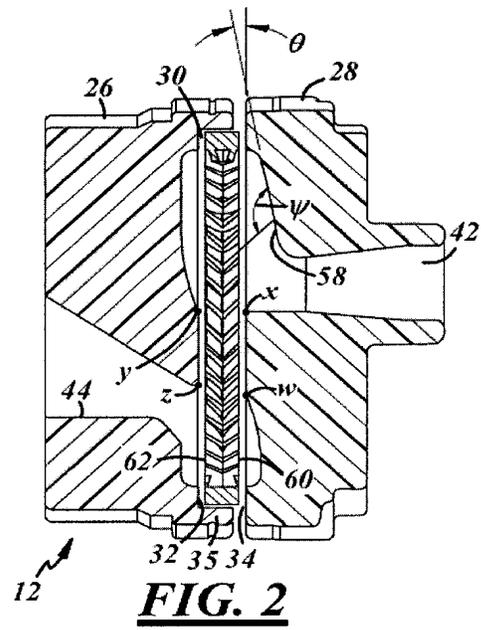
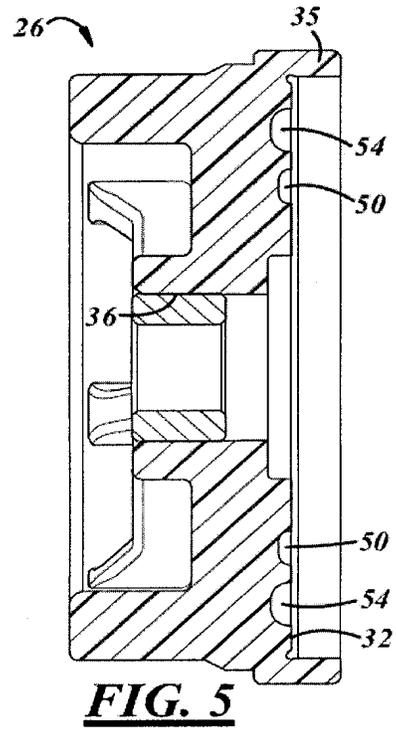
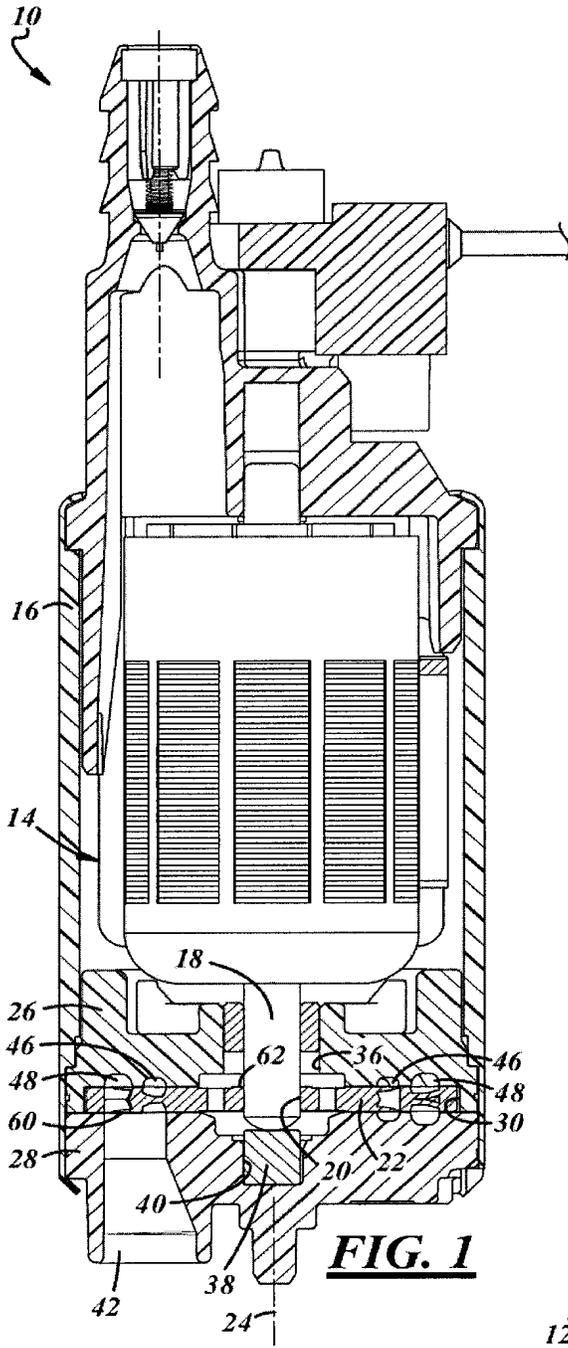
14. Propulsor, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que cada palheta um segmento de raiz e um segmento de ponta, e o segmento de raiz se estende por entre 10% e 50% do comprimento radial de cada palheta e uma linha se estendendo a partir da base do segmento de raiz até a extremidade externa do segmento de raiz ser inclinada em relação a uma linha que se estende a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por entre  $-20^\circ$  e  $10^\circ$ , em relação à direção de rotação do propulsor.

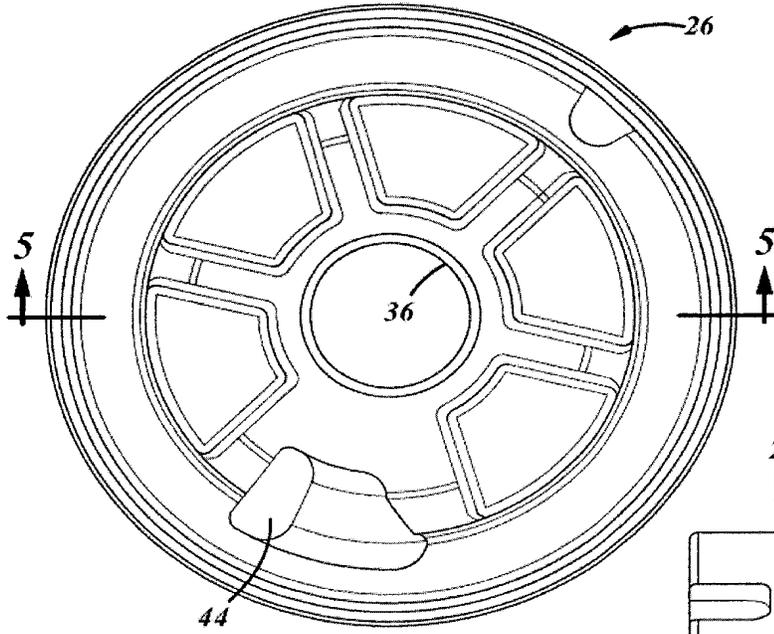
15. Propulsor, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que cada palheta tem uma porção superior que se estende a partir de uma face superior do propulsor até um ponto médio axial da palheta e uma porção inferior se estendendo a partir do ponto médio axial da palheta até uma face inferior do propulsor, e uma transição da porção superior até a porção inferior ao longo de uma face de ataque da palheta ser arredondada provendo uma face de ataque geralmente em formato de U da palheta na seção transversal, pelo fato de o raio ser entre 90% menor do que e 50% maior do que o espaçamento mínimo em qualquer direção entre a face de ataque de uma palheta e uma face de fuga de uma palheta adjacente, ao longo do comprimento axial das palhetas.

16. Propulsor, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o ângulo é maior do que 10 graus.

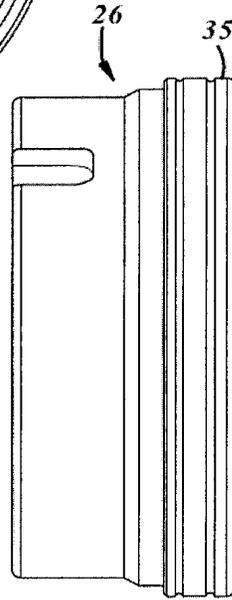
17. Propulsor, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que uma face axial do propulsor

é usinada ao mesmo tempo em que uma parede lateral de um corpo usado com o propulsor para a provisão de uma espessura axial similar da parede lateral e do propulsor, onde o corpo é um dentre um anel anular que é formado separadamente dos primeiro e segundo tampões ou um flange anular que é formado em uma peça com os primeiro e segundo tampões.

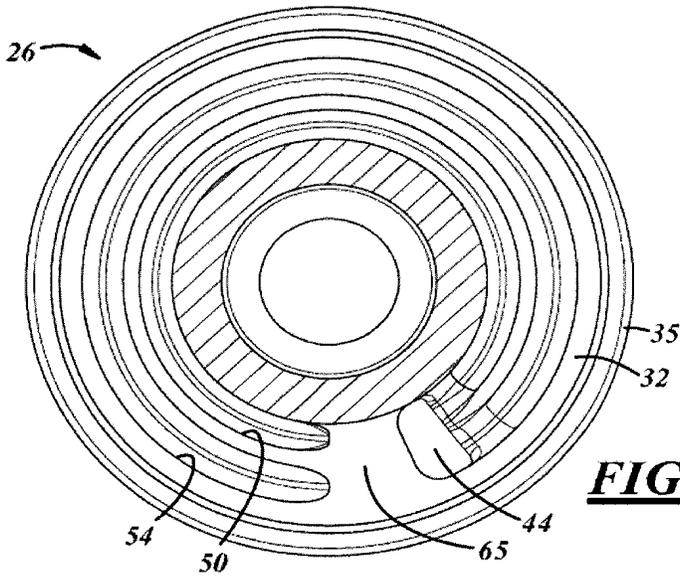




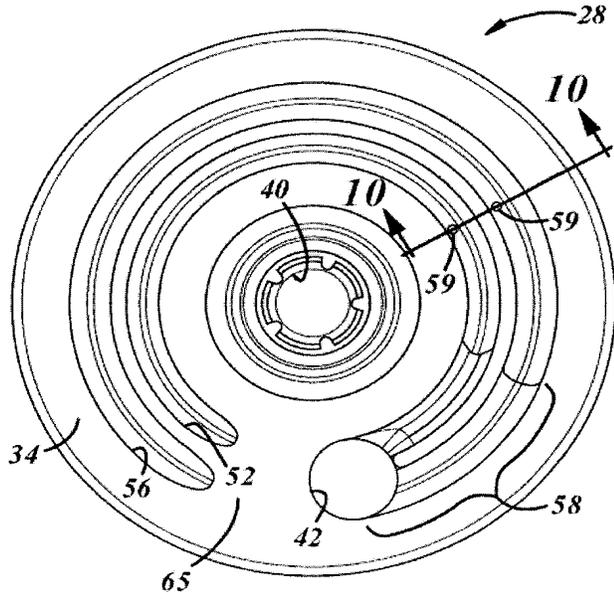
**FIG. 3**



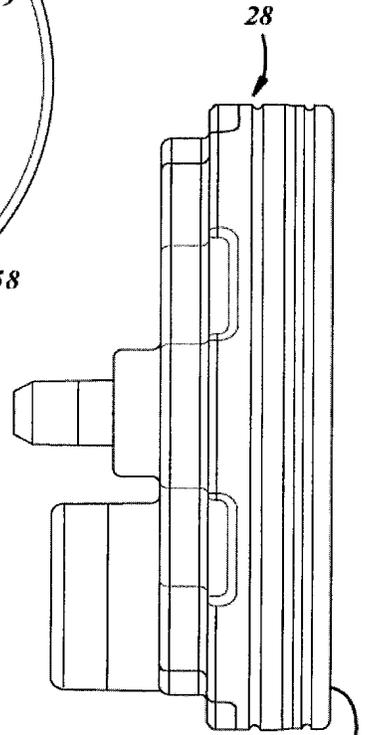
**FIG. 4**



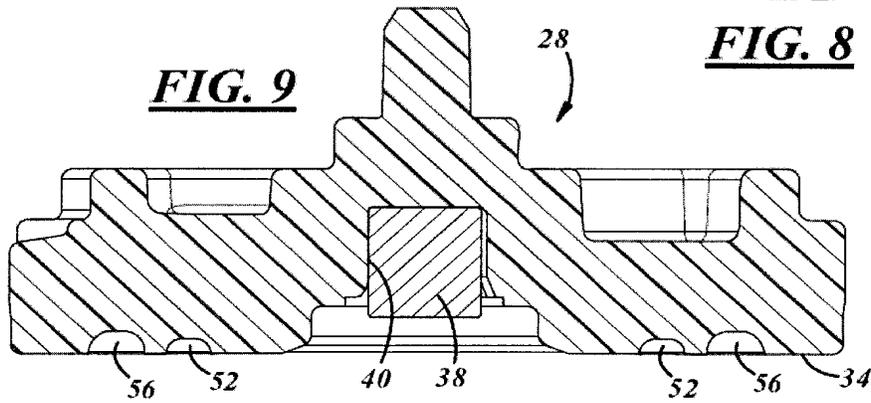
**FIG. 6**



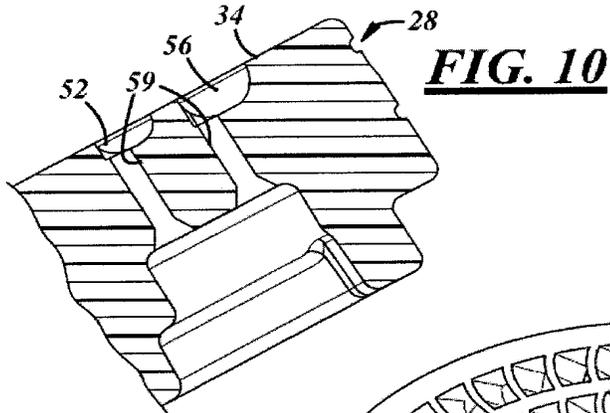
**FIG. 7**



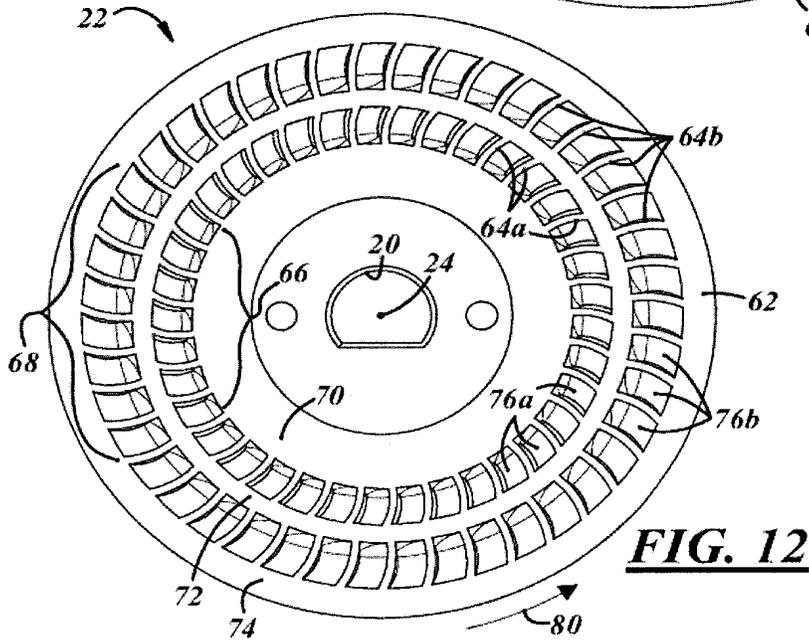
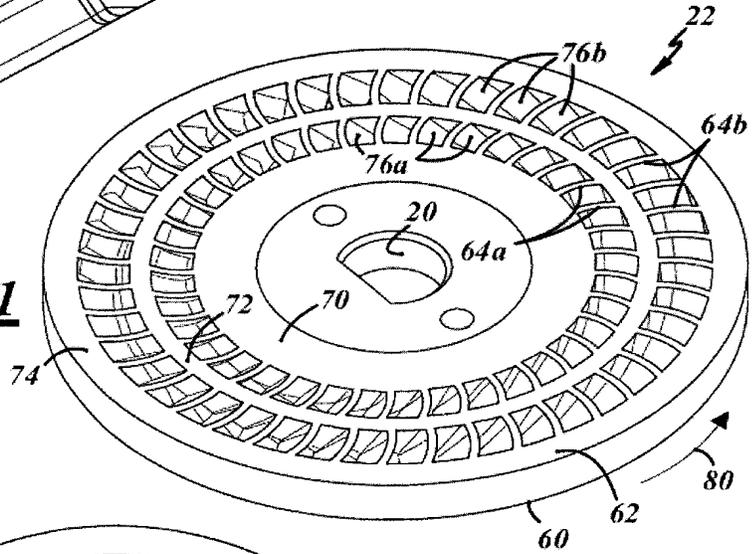
**FIG. 8**

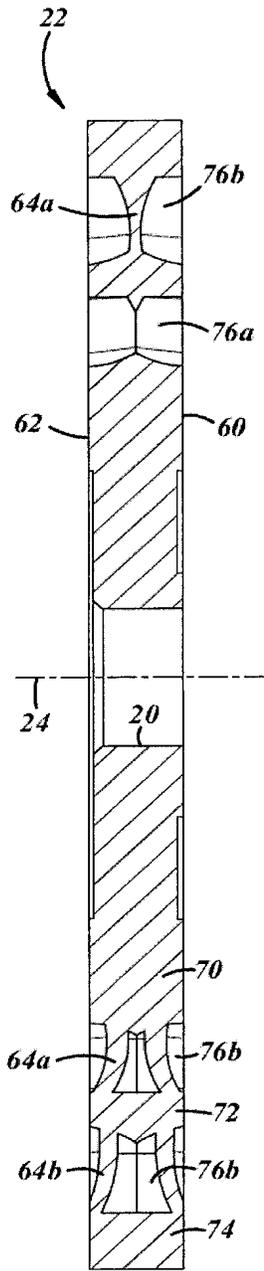


**FIG. 9**

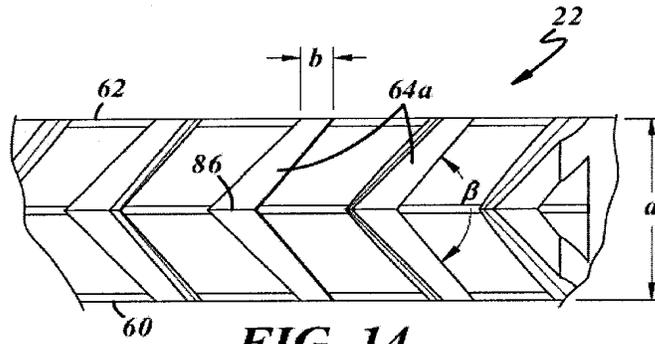


**FIG. 11**

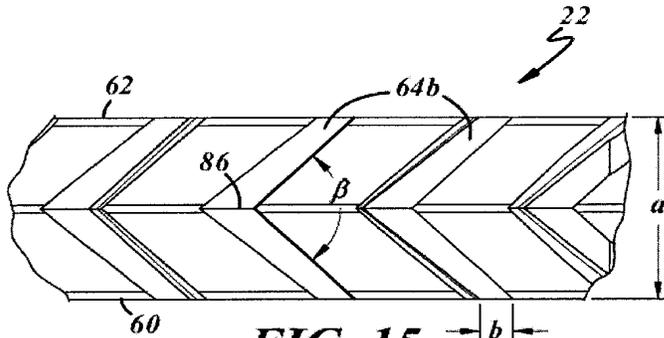




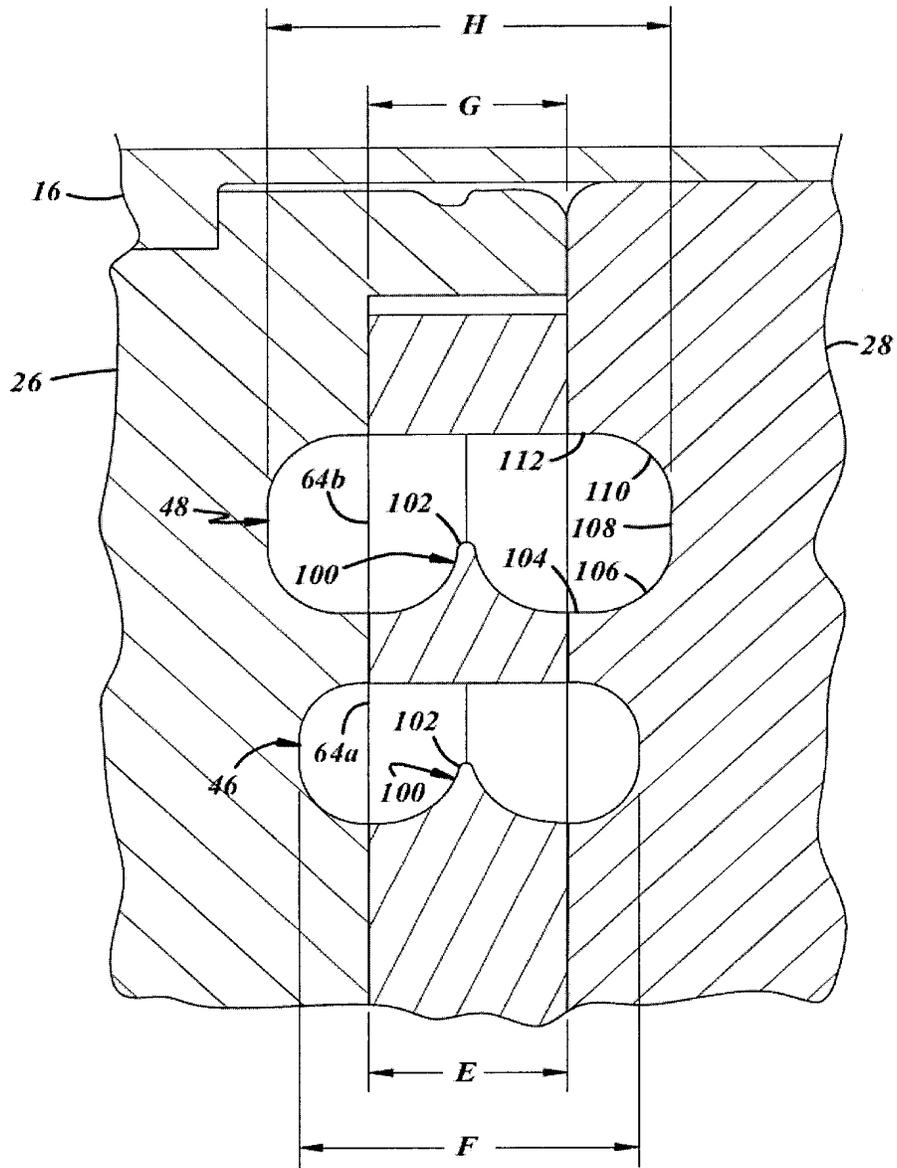
**FIG. 13**



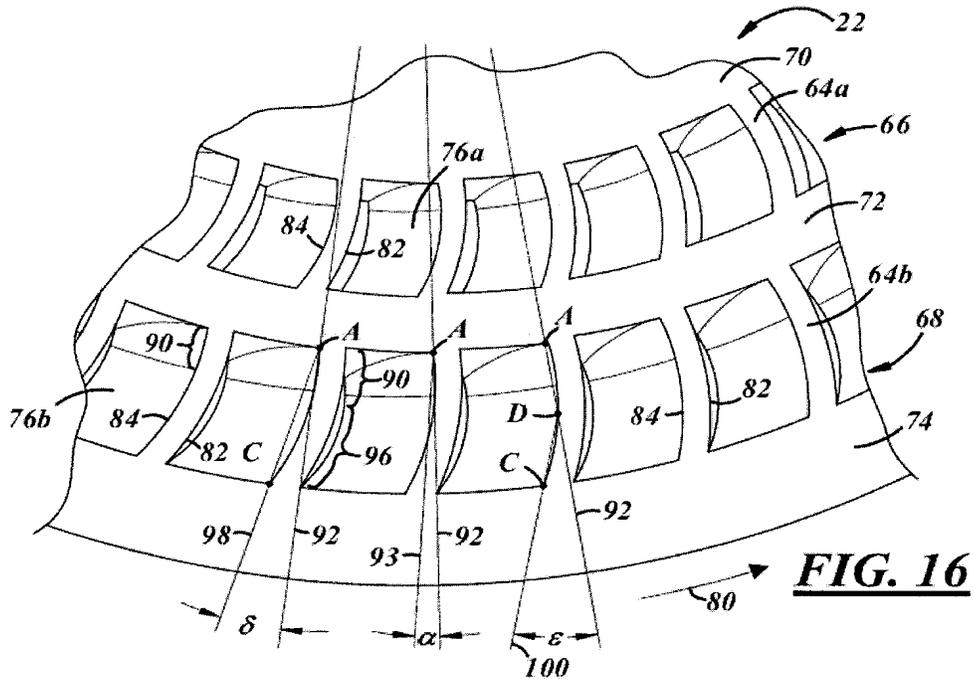
**FIG. 14**



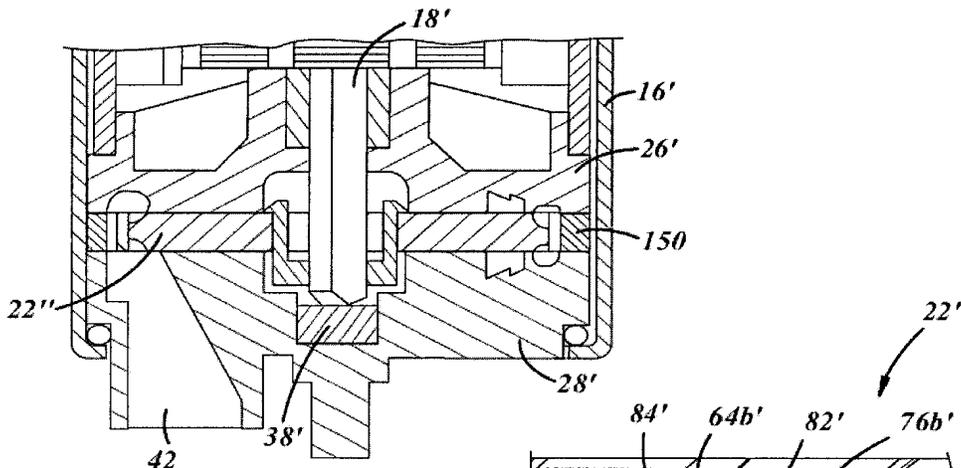
**FIG. 15**



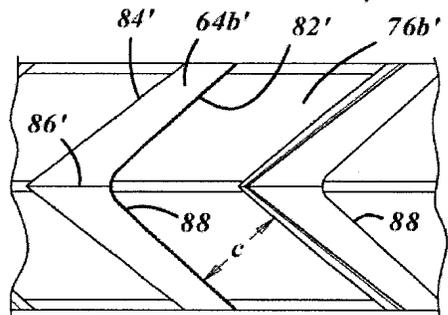
**FIG. 18**



**FIG. 16**



**FIG. 19**



**FIG. 17**

## RESUMO

## PROPULSOR E BOMBA DE FLUIDO

Uma bomba de fluido pode incluir um motor elétrico que tem um eixo de saída acionado para rotação em torno de um eixo geométrico e um conjunto de bomba acoplado ao eixo de saída do motor. O conjunto de bomba tem um primeiro tampão e um segundo tampão com pelo menos um canal de bombeamento definido entre o primeiro tampão e o segundo tampão, e um propulsor recebido entre o primeiro tampão e o segundo tampão. O propulsor é acionado para rotação pelo eixo de saída do motor e inclui uma pluralidade de palhetas em comunicação com pelo menos um canal de bombeamento. Cada palheta tem um segmento de raiz e um segmento de ponta e uma linha a partir de uma base do segmento de raiz até uma borda externa do segmento de ponta trilha uma linha se estendendo a partir do eixo geométrico de rotação até a base do segmento de raiz por um ângulo entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$  em relação à direção de rotação do propulsor.