



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1004227-0 B1



(22) Data do Depósito: 03/11/2010

(45) Data de Concessão: 06/04/2021

(54) Título: CONJUNTO DE BOMBA SUBMERGÍVEL ELÉTRICA, MÉTODO E SISTEMA PARA BOMBEAR FLUIDO A PARTIR DE UM FURO DE POÇO

(51) Int.Cl.: F01D 1/18.

(30) Prioridade Unionista: 09/09/2010 US 12/878,850.

(73) Titular(es): BAKER HUGHES INCORPORATED.

(72) Inventor(es): KETANKUMAR K. SHETH; BROWN LYLE WILSON.

(57) Resumo: BOMBA CENTRÍFUGA COM FUIROS DE COMPENSAÇÃO DE EMPUXO NO DIFUSOR Uma bomba centrífuga tem impulsores e difusores alternados. Um ou mais furos de ventilação se estendem através de uma ou mais aletas de um ou mais difusores. Em uma condição de empuxo ascendente, o fluido de produção de alta pressão a partir de um impulsor superior é capaz de passar através de um ou mais furos de ventilação, e desse modo exercer força sobre o impulsor precedente. A força exercida sobre o impulsor precedente compensa a força de empuxo ascendente atuando contra o impulsor precedente.

**CONJUNTO DE BOMBA SUBMERGÍVEL ELÉTRICA, MÉTODO E SISTEMA
PARA BOMBEAR FLUIDO A PARTIR DE UM FURO DE POÇO**

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Referência Remissiva a Pedido Correlato

5 Esse pedido reivindica prioridade para o Pedido Provisional 61/240.901, depositado em 9 de setembro de 2009, aqui incorporado mediante referência.

Campo da Invenção

10 A presente invenção se refere a um equipamento e método para fabricação de uma bomba centrífuga que alivia os efeitos do empuxo ascendente. Mais especificamente, a invenção se refere a uma bomba centrífuga submersível tendo uma ou mais passagens através de uma ou mais aletas difusoras para comunicar pressão e assim reduzir os efeitos
15 da força de empuxo ascendente.

Descrição da Técnica Relacionada

20 Bombas centrífugas podem incluir uma série de impulsores e difusores alternados. Os impulsores podem girar em conjunto, por exemplo, pelo fato de serem conectados a um eixo comum. O fluido entra na base de cada impulsor e se desloca radialmente no sentido para fora através de uma passagem definida pelas aletas dentro do impulsor. A força centrífuga a partir da rotação do impulsor acelera o fluido através das passagens de
25 impulsor. O fluido sai do impulsor e entra no difusor.

30 Cada difusor é estacionário em relação ao impulsor adjacente. O fluido se desloca através de passagens de difusor, que são passagens definidas pelas aletas dentro do difusor. À medida que o fluido se desloca através do difusor, a velocidade do fluido diminui à medida que

aumenta a sua pressão. O fluido sai do difusor para entrar em um impulsor subsequente.

Forças de empuxo ascendente e de empuxo descendente podem atuar sobre cada impulsor durante operação. As forças de empuxo ascendente, sendo aquelas que atuam na direção do fluxo de fluido, podem ocorrer a partir da pressão do fluido abaixo do impulsor. As forças de empuxo descendente podem ocorrer a partir da pressão de recalque do fluido acima do impulsor. Em algumas condições de operação, as forças de empuxo ascendente podem exceder as forças de empuxo descendentes, desse modo fazendo com que o impulsor se desloque axialmente em uma direção a jusante. As condições de operação podem ser, por exemplo, quando existir pouca pressão de recalque. A pressão de recalque pode ser baixa ao se dar partida primeiramente na bomba ou em uma condição de fluxo máximo. É desejável reduzir as forças de empuxo ascendentes durante os momentos quando a força de empuxo ascendente exceder a força de empuxo descendente.

Sumário da Invenção

Uma bomba centrífuga é usada para bombear fluido. Ela pode ser usada, por exemplo, para bombear o fluido a partir de um furo de poço. Em uma modalidade, a bomba inclui um alojamento de bomba e um primeiro e um segundo difusor localizados dentro do alojamento de bomba, cada difusor tendo uma pluralidade de passagens de difusor definidas por uma pluralidade de aletas. A bomba também pode incluir impulsores localizados adjacentes ao difusor ou radialmente dentro de cada difusor. Uma superfície superior de um difusor, e uma superfície inferior; de um impulsor

adjacente; podem definir um recesso anular entre o difusor e o impulsor. Similarmente, um espaço vazio pode ser definido por uma superfície inferior de um difusor e uma superfície superior de um impulsor adjacente. Durante a
5 operação, a pressão dentro do recesso anular pode aumentar, contribuindo para uma condição de empuxo ascendente.

Em uma modalidade, uma passagem de ventilação passa através do difusor para prover comunicação entre o recesso anular e o espaço vazio. A passagem de ventilação, por
10 exemplo, pode passar através de uma aleta do difusor e, assim, não obstruir o fluxo dentro da passagem difusora. Em uma condição de empuxo ascendente, à medida que a pressão aumenta no recesso anular sob o impulsor, o fluido pode passar através da passagem de ventilação do difusor
15 precedente para dentro do espaço vazio abaixo do difusor. A passagem de fluido pode reduzir a pressão no recesso anular e, assim, reduzir a pressão atuando contra o lado inferior do primeiro impulsor. A passagem de fluido também pode aumentar a pressão no espaço vazio e, assim, aumentar a
20 força atuando contra o topo do impulsor precedente. A força de empuxo ascendente, assim, é reduzida ou deslocada para ambos os impulsores em qualquer lado do difusor tendo a passagem de ventilação. Em algumas modalidades, uma vedação giratória pode estar localizada entre a superfície inferior
25 do difusor e a superfície superior do impulsor para conter fluido dentro do espaço vazio.

Breve Descrição dos Desenhos

Para que a forma na qual as características, aspectos e vantagens mencionados acima da invenção, assim como
30 outros que se tornarão evidentes, seja realizada e possa

ser entendida em detalhe, descrição mais específica da invenção resumida brevemente acima pode ser obtida mediante referência às suas modalidades que são ilustradas nos desenhos que formam uma parte desse relatório descritivo.

5 Deve-se observar, contudo, que os desenhos anexos ilustram apenas modalidades preferidas da invenção e, portanto, não devem ser considerados como limitadores do escopo da invenção, uma vez que a invenção pode admitir outras modalidades igualmente efetivas.

10 A Figura 1 é uma vista lateral de um conjunto de bomba submersível elétrica construída de acordo com a invenção e em um furo de poço.

A Figura 2 é uma vista seccional parcial da bomba submersível elétrica da Figura 1.

15 A Figura 3 é uma vista superior de um difusor da bomba submersível elétrica da Figura 1.

A Figura 4 é uma vista seccional lateral do difusor da Figura 3.

A Figura 5 é uma modalidade alternativa da bomba
20 submersível elétrica da Figura 1.

A Figura 6 é uma vista detalhada seccional lateral de uma vedação cônica da modalidade alternativa da bomba submersível elétrica da Figura 5.

A Figura 7 é outra modalidade alternativa da bomba
25 submersível elétrica da Figura 5.

A Figura 8 é uma vista seccional parcial de um impulsor do conjunto de bomba submersível da Figura 1.

Descrição Detalhada das Modalidades Exemplares

Com referência à Figura 1, uma modalidade exemplar de
30 uma bomba submersível elétrica ("ESP") 100 é mostrada

localizada no furo de poço 102. Revestimento pode ser usado no furo de poço 102. ESP 100 compreende o conjunto de bomba 104, seção de vedação 106, e motor 108. ESP 100 pode ser suspensa a partir da tubulação 110 no furo de poço 102, em
5 que ela é submersa no fluido de furo de poço. O fluido de furo de poço é puxado para dentro da entrada de bomba 102 na bomba 104 e então bombeado para a superfície através da tubulação 110. O fluido de furo de poço pode ser qualquer tipo de fluido incluindo, por exemplo, fluido de produto
10 tal como óleo, fluido de acionamento de água natural, ou fluido de acionamento injetado.

O motor 108 pode ser qualquer tipo de motor incluindo, por exemplo, um motor elétrico. A seção de vedação 106 tem um alojamento, um eixo de seção de vedação (não mostrado),
15 e dispositivo para equalizar a pressão (não mostrado) do lubrificante no motor 108 com o fluido hidrostático no poço 102. O motor 108 tem um eixo (não mostrado) que se conecta ao eixo de seção de vedação. O eixo de seção de vedação passa através da seção de vedação 106 para a base do
20 conjunto de bomba 104. Com referência à Figura 2, uma modalidade exemplar do conjunto de bomba 104 da Figura 1 é mostrada com um alojamento de bomba externo 114, impulsos 116, e difusores 120 localizados dentro do alojamento de bomba 114.

25 Com referência à Figura 2, o alojamento de bomba 114 é um membro tubular que forma um exterior do conjunto de bomba 104. O alojamento 114 pode ser feito de metal, plástico, ou qualquer outro material adequadamente rígido. O alojamento de bomba 114 pode conter e proteger os
30 componentes do conjunto de bomba 104.

Com a finalidade de clareza na descrição de uma modalidade de uma bomba centrífuga com furos de compensação de empuxo ascendente, algumas referências se referem a "superior" e "inferior", como se a ESP 100 estivesse em uma
5 posição substancialmente vertical. Essas referências de posição são apenas para descrição, e não devem ser consideradas como limitando a invenção a uma aplicação em que a bomba submersível elétrica 100 está em uma orientação vertical. Na realidade, a ESP 100 pode estar em uma
10 orientação horizontal ou em qualquer outra orientação.

Difusores 120 podem estar localizados estacionariamente dentro do alojamento de bomba 114. Um ou mais difusores 120 podem ter um modelo diferente do que um ou mais difusores diferentes 120 ou podem ter um modelo
15 substancialmente semelhante. Os difusores 120 podem ser de modelos de voluta, radial, de fluxo misto, ou axial. Cada difusor 120 tem uma superfície externa geralmente curva e um diâmetro externo dimensionado para ajuste dentro do diâmetro interno do alojamento de bomba 114. O difusor 120
20 tem um furo central 124 definido pelo seu diâmetro interno. O diâmetro externo do difusor 120 é definido pela parede lateral de difusor 126. Cada difusor 120 contém uma pluralidade de passagens 128 que se estendem através do difusor 120. Em uma modalidade (não mostrada), em que um
25 alojamento de bomba 114 não é usado, uma pilha de difusores 120 pode ser conectada mediante, por exemplo, parafusos para criar um corpo de bomba. Nessa modalidade, a parede lateral de difusor 26 pode ser a superfície exterior do conjunto de bomba 104.

30 Com referência à Figura 3, cada passagem 128 é

definida por aletas 130 que se estendem helicoidalmente no sentido para fora. O difusor 120 pode ser de um tipo de fluxo radial, conforme mostrado, com as passagens se estendendo no sentido para fora em um plano radial ou um tipo de fluxo misto (não mostrado), com as passagens se estendendo axialmente e radialmente. As passagens 128 geralmente fluem a partir de uma localização radial externa 132 próximo à porção inferior, ou base, do difusor 120 e então se deslocam no sentido para dentro, mais próximo ao centro do difusor 120, quando a passagem 128 se desloca ao longo da extensão axial do difusor 120. Em algumas modalidades, a área em seção transversal das passagens 128 também tende a aumentar à medida que a passagem 128 se desloca a partir da base do difusor 120 para o topo do difusor 120. Desse modo, o fluido entrando na passagem 128 próximo à periferia do difusor 120 em alta velocidade é reduzido a uma velocidade inferior, mas pressão superior, à medida que o fluido se desloca radialmente, ou ambos, axialmente e radialmente, através da passagem 128. As aletas 130 formam as paredes laterais das passagens 128.

Com referência de volta à Figura 2, a cobertura superior 134 define o topo da passagem 128. A cobertura inferior de difusor 136 define a parte inferior da passagem 128. A superfície inferior da cobertura inferior de difusor 136 pode ter ranhura anular 138 para engatar a arruela de empuxo ascendente 140, a qual poderia ser, por exemplo, uma arruela de mancal de empuxo. A cobertura superior 134 do difusor pode ter arruela de olhal 142 para engatar o impulsor 116. O perfil da cobertura superior 134 pode criar um recesso anular 144 em relação à parede lateral de

difusor 126 e arruela de olhal 142. O recesso anular 144 é um espaço vazio que pode ser preenchido com fluido durante operação.

Com referência à Figura 4, o furo de ventilação 150 é
5 mostrado formado através da cobertura inferior de difusor 136. Em algumas modalidades, o furo de ventilação 150 é uma passagem através da aleta difusora 130. Nessas modalidades, o furo de ventilação 150 tem abertura superior 152 através da cobertura superior 134 e abertura inferior 154 através da
10 cobertura inferior de difusor 136, cada uma delas conectada pela passagem 156. Em algumas modalidades, o furo de ventilação 150 inclui um tubo 158. Nessas modalidades, a abertura superior 152 está em comunicação com o tubo 158. O tubo 158 passa através de uma porção da cobertura inferior de
15 difusor 136, ou está em comunicação com a passagem 160 que passa através da cobertura inferior de difusor 136. O tubo 158 pode ocupar uma porção da passagem 128.

Cada abertura 152, 154 pode ser arredondada, quadrada, elíptica, ou de qualquer outro formato. Além disso, a
20 abertura superior 152 e abertura inferior 154 não precisam ter o mesmo formato. A seção transversal da passagem 156, tubo 158, e passagem 160 pode ser arredondada, elíptica, ou de qualquer outro formato. As dimensões globais do furo de ventilação 150 podem ser de qualquer tamanho. Nas
25 modalidades em que o furo de ventilação 150 é uma passagem através da aleta 130, o tamanho do furo de ventilação 150 pode ser limitado pelas dimensões da aleta 130 através das quais passa o furo de ventilação 150. Modalidades usando o tubo 158 não são assim limitadas, uma vez que o diâmetro
30 externo do tubo 158 pode ser maior do que a largura da

passagem 128.

Pode ser usado qualquer número de furos de ventilação 150. Algumas modalidades podem ter apenas um furo de ventilação 150 através de cada difusor 120. Outras 5 modalidades podem ter múltiplos furos de ventilação 150 igualmente espaçados em torno do difusor 120 ou espaçados desigualmente em torno do difusor 120. Na realidade, algumas modalidades podem ter um ou mais furos de ventilação 150 através de cada aleta 130. Os furos de 10 ventilação 150 podem ser espaçados a qualquer distância entre o furo 124 e a localização radial externa 132. Em algumas modalidades, a localização radial do furo de ventilação 150 pode ser diferente da localização radial de um furo de ventilação adjacente 150. O número, tamanho e 15 localização dos furos de ventilação 150 podem ser calculados para permitir que uma quantidade predeterminada de fluido passe através da coberta inferior de difusor 136 em uma determinada pressão.

Com referência de volta à Figura 2, as passagens 128 20 podem se abrir para a entrada de difusor 162, localizada próximo à coberta inferior de difusor 136, para receber o fluido a partir do impulsor 116. No exemplo da Figura 2, as passagens de difusor 128 terminam na saída de difusor 164. A saída de difusor 164 pode ser uma ranhura anular definida 25 pelas porções superiores de diâmetro interno das aletas de difusor 130.

A coberta inferior de difusor 136 da parede lateral de difusor 126 pode ter um membro de travamento inferior voltado no sentido para baixo 166, tal como um ressalto ou 30 rabeta, para receber um membro de travamento superior

correspondente 168 na extremidade superior de um difusor adjacente 120.

A parede lateral superior 170 do difusor 120 é um membro cilíndrico que tem um diâmetro interno maior do que o diâmetro externo maior do impulsor 116. O diâmetro interno da parede lateral superior 170 estreita no ponto de interface de impulsor 176. O diâmetro interno do ponto de interface de impulsor 176 é aproximadamente idêntico, ou ligeiramente maior do que o diâmetro externo do impulsor 116.

Com referência ainda à Figura 2, o impulsor 116 é um elemento de bomba giratório que utiliza força centrífuga para acelerar os fluidos. O impulsor 116 tem um furo central definido pelo diâmetro interno do cubo de impulsor 178. O eixo 180 passa através do furo central dos impulsores 116. Os impulsores 116 podem engatar o eixo 180 mediante qualquer meio incluindo, por exemplo, estrias (não mostradas) ou ranhuras (não mostradas) que fazem com que os impulsores 116 girem com o eixo. Uma extremidade do eixo 180 pode engatar o eixo (não mostrado) da seção de vedação 106 (Figura 1) ou de outro modo ser acoplada ao eixo (não mostrado) do motor 108. Em algumas modalidades, dois ou mais conjuntos de bomba 104 podem ser usados e assim o eixo 180 pode ser acoplado a um eixo (não mostrado) de um conjunto de bomba adjacente (não mostrado).

Aletas impulsoras 182 podem ser fixadas ou formadas integralmente com o cubo de impulsor 178. As aletas 182 podem se estender radialmente a partir do cubo de impulsor 178 e podem ser perpendiculares ao eixo 180, ou podem se estender em um ângulo. Em algumas modalidades, as aletas

182 são curvas à medida que elas se estendem a partir do cubo de impulsor 178. As passagens 184 são formadas entre as superfícies das aletas 182.

A cobertura inferior 186 forma uma borda externa do impulsor 116 e pode ser fixada a, ou se unir a uma borda das aletas 182. Em algumas modalidades, a cobertura inferior 186 é fixada ao cubo de impulsor 178, seja diretamente ou por intermédio de aletas 182. Em algumas modalidades, o cubo de impulsor 178, aletas 182, e cobertura inferior 186 são todos fundidos ou fabricados como uma única peça de material.

A borda de impulsor 188 é uma superfície em uma porção de diâmetro externo do impulsor 116. Em uma modalidade exemplar, a borda externa 188 é a porção mais externa da cobertura inferior 186. A borda externa 188 não precisa ser a porção mais externa do impulsor 116. O diâmetro da borda 188 é ligeiramente menor do que o diâmetro interno do ponto de interface de impulsor 176.

A cobertura inferior 186 pode ter uma virola inferior 190 para engatar a arruela de olhal de impulsor 142 no difusor 120. A virola inferior 190 pode ser formada na superfície inferior da cobertura inferior 186. A cobertura inferior 186 define a entrada de impulsor 192 a partir de baixo do impulsor 116 para dentro das passagens 184 formadas entre as aletas 182.

A cobertura superior de impulsor 194 está localizada na extremidade oposta das aletas 182 a partir da cobertura inferior 186. A cobertura superior de impulsor 194 pode ser fixada ou se unir às aletas 182. A cobertura superior de impulsor 194 define geralmente um limite superior das

passagens 184 entre as aletas 182. A cobertura superior 94 pode ter uma superfície de vedação 196 para vedar contra a arruela de empuxo ascendente 140 do difusor 120. A arruela de empuxo descendente 197 pode estar localizada entre uma
5 superfície voltada no sentido para baixo do impulsor 116 e uma superfície voltada no sentido para cima do difusor 120.

O espaço vazio 198 é um espaço limitado na parte inferior pela cobertura superior de impulsor 194 e na parte superior pela cobertura inferior de difusor 136. A arruela de
10 empuxo ascendente 142 ou uma porção do cubo de impulsor 178 pode formar um limite em um lado do espaço vazio 198. Com referência à Figura 5, em algumas modalidades, a vedação giratória 200 pode formar um limite em um lado do espaço vazio 198. A vedação giratória 200 é uma vedação para reter
15 o fluido e pressão no espaço vazio 198. A virola de vedação estacionária de cobertura 202 (Figura 6) pode ser fixada na, ou ser formada com a superfície inferior da cobertura inferior de difusor 136. Similarmente, a virola de vedação giratória de impulsor 204 (Figura 6) pode ser uma vedação
20 formada com ou fixada à cobertura superior de impulsor 194. Em algumas modalidades, uma ranhura de vedação giratória 205 está localizada na cobertura inferior de difusor 136 (conforme mostrado na Figura 7) ou na cobertura superior de impulsor 194 (não mostrada). Nessas modalidades, a virola
25 de vedação giratória 202 ou 204 encaixa na ranhura de vedação giratória 205 para manter a pressão no espaço vazio 198. Outras configurações de vedação giratória 200 podem ser usadas. Em algumas modalidades, a vedação giratória 200 não é usada com espaço vazio 198.

30 Dentro de um único alojamento de bomba, um ou mais da

pluralidade de impulsores 116 pode ter um modelo diferente de um ou mais dos outros impulsores, tal como, por exemplo, aletas impulsoras tendo um passo diferente.

Vários impulsores 116 podem ser instalados no eixo 180. Vários difusores 120 são instalados, alternadamente, entre os impulsores 116. O conjunto tendo o eixo 180, impulsores 116, e difusores 120 é instalado no alojamento de bomba 114.

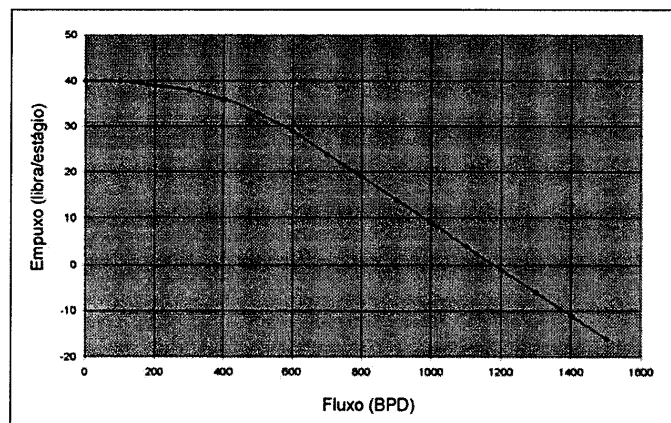
Com referência à Figura 8, duas forças axiais atuam tipicamente sobre o impulsor 116 durante a operação - força de empuxo descendente 206 e força de empuxo ascendente 208. A força de empuxo descendente 206 é definida como uma força sobre os impulsores 116 atuando contra a direção de fluxo, desse modo impelindo os impulsores 116 em uma direção no sentido para cima (para longe da tubulação de descarga 110 (Figura 1)). A força de empuxo ascendente 208 é definida como a força atuando sobre os impulsores 116 na mesma direção que a direção de fluxo, desse modo impelindo os impulsores em uma direção a jusante (em direção à tubulação de descarga 110 (Figura 1)). As forças de empuxo ascendente 208 ocorrem, por exemplo, quando o fluido de descarga a partir do primeiro impulsor 16' (Figura 2) exerce força contra o impulsor a jusante 116. A baixa pressão de recalque, tal como durante uma taxa de fluxo elevada, pode causar forças de empuxo ascendente significativas sobre o impulsor 116.

Forças de empuxo descendentes 206 ocorrem, por exemplo, quando a pressão de recalque exerce força sobre os impulsores 116, desse modo impelindo os impulsores 116 em uma direção oposta à direção de fluxo (isto é, para longe

da tubulação 110). Pressão de recalque superior, tal como em uma condição sem fluxo, pode exercer a maior quantidade de fluxo de empuxo descendente 206 sobre os impulsores.

As características de empuxo variam dependendo do modelo de estágio. Em uma modalidade exemplar, as características de empuxo atuando sobre o impulsor 116 podem variar de empuxo descendente de aproximadamente 40 libras por estágio quando o fluxo é zero até empuxo ascendente de aproximadamente 15 libras por estágio quando o fluxo se aproxima de aproximadamente 1.500 barris por dia. Um exemplo das características de empuxo é mostrado na Tabela A. Outros modelos de impulsor e bomba podem ter diferentes características de empuxo e fluxo.

Tabela A



Sob condições de operação normal, a força de empuxo descendente 206 excede a força de empuxo ascendente 208, desse modo impelindo os impulsores em uma direção à montante (isto é, em direção ao motor 108), em relação ao fluxo ("condições de empuxo descendente"). Em algumas circunstâncias, a força de empuxo ascendente 208 pode exceder a força de empuxo descendente 206. Essa "condição

de empuxo ascendente" pode ocorrer durante a partida, antes de a bomba desenvolver pressão de recalque, ou durante uma condição de fluxo máximo quando há pouca ou nenhuma pressão de recalque.

5 Com referência outra vez à Figura 2, em operação, o fluido entra no impulsor na entrada de impulsor 192. O eixo 180 gira, fazendo com que o impulsor 116 gire, enquanto os difusores 120 permanecem estacionários em relação ao alojamento de bomba 114. O fluido do furo de poço entrando
10 na entrada de bomba 112 (Figura 1) é puxado através da entrada de impulsor 192 e para dentro da passagem 184 do impulsor 116. A rotação do impulsor 116 acelera o fluido para fora da passagem 184 para dentro da passagem difusora 128. Na passagem difusora 128, a velocidade do fluido é
15 diminuída e a pressão é aumentada. O fluido sai da passagem difusora 128, passando através da abertura definida pela cobertura inferior 186 quando ele entra no próximo impulsor 116. O fluido de furo de poço continua a passar através de cada difusor subsequente 120 e impulsor 116 até atingir a
20 tubulação 110, em que ele é propelido para cima através da tubulação 110.

O fluido pode girar em uma pluralidade de locais dentro do alojamento de bomba 114. No recesso 144, por exemplo, o fluido pode girar abaixo da cobertura inferior
25 186. O fluido, estando localizado entre o impulsor giratório 116 e o difusor estacionário 120, pode girar em aproximadamente metade da velocidade rotacional do impulsor 116. Similarmente, o fluido no espaço vazio 198 pode girar entre a cobertura superior de impulsor 194 e a cobertura
30 inferior de difusor 136. Como o fluido no recesso anular

144, o fluido no espaço vazio 198 pode girar em aproximadamente metade da velocidade rotacional do impulsor 116.

Em uma bomba de múltiplos estágios, exemplar, cada estágio (impulsor 116 e difusor 120) aumenta a pressão do fluido à medida que o fluido se desloca através do estágio. Como exemplo, suponha que cada estágio aumenta a pressão de fluido em (10 psi) 68,9 kPa. Se a pressão na entrada de impulsor 192' para de 50 psi (344,7 kPa), então a pressão na próxima entrada de impulsor 192 pode ser de 60 psi (413,6 kPa). A pressão de fluido na saída de impulsor 110' pode ser de aproximadamente 58 psi (399,9 kPa) (399,9 kPa). A pressão de fluido no recesso anular 144' e no espaço vario 198', sendo de aproximadamente, e em comunicação, com a entrada de impulsor 210' também pode ser de aproximadamente 58 psi (399,9 kPa) ou ligeiramente diferente de 58 psi (399,9 kPa).

Nesse exemplo, a pressão no próximo estado aumenta em aproximadamente (10 psi) 68,9 kPa, fazendo assim com que a pressão na saída de impulsor 210 seja de aproximadamente 68 psi (468,8 kPa). O fluido no recesso anular 144 e no espaço vazio 198 também terá uma pressão de aproximadamente 68 psi (468,8 kPa).

Um ou mais furos de ventilação 152 funcionam para comunicar a pressão do recesso anular 144 para o espaço vazio 198'. A comunicação de fluido, e pressão, reduz a pressão no recesso 144. A redução de pressão no recesso 144 reduz o efeito de empuxo ascendente sobre o impulsor 116. Além disso, o aumento de pressão no espaço vazio 198' atua contra a coberta superior de impulsor 194' do impulsor

116', aumentando assim a força de empuxo descendente atuando sobre o impulsor 116'.

Devido ao perfil de afilamento da parede lateral de difusor 126, em que o diâmetro interno da parede lateral de difusor 126 se torna menor no ponto de interface de impulsor 176, condições de empuxo descendente podem diminuir a folga entre a borda 188 do impulsor 116 e o diâmetro interno do difusor 120. Durante empuxo ascendente, contudo, o impulsor 116 é impelido para cima e para longe do difusor 116, desse modo causando um espaço livre maior entre o impulsor 116 e o difusor 120 no ponto de interface de impulsor 176. A folga pode permitir que uma porção maior da descarga a partir do impulsor 116 passe para dentro do recesso anular 144 entre o impulsor 116 e o difusor 120 abaixo do impulsor 116. O fluido adicional no recesso 144 pode contribuir adicionalmente par a condição de empuxo ascendente.

Fluido em alta pressão no recesso anular 144 pode passar através do furo de ventilação 150 e sair abaixo do difusor 120. A pressão no recesso anular 144 é geralmente superior à pressão de fluido na descarga do impulsor precedente 116' porque o fluido no recesso anular 144 foi acelerado pelo impulsor 116. Desse modo o fluido é capaz de passar a partir da área de pressão superior, dentro do recesso anular 144, para a área de pressão inferior (espaço vazio 198'), abaixo do difusor 120. O movimento do fluido resulta em menos pressão atuando contra o lado inferior do impulsor 116. Adicionalmente, quando o fluido passa através do furo de ventilação 150 para dentro do espaço vazio 198', a pressão superior empurra o impulsor 116' no sentido para

baixo. Uma condição de empuxo ascendente maior resulta em uma maior quantidade de fluxo passando para dentro do recesso anular 144, e assim uma quantidade maior de fluido e pressão está disponível para atuar contra o impulsor
5 precedente 116'. Desse modo a pressão e o fluxo através do furo de ventilação 150 atuam para compensar as forças de empuxo ascendente atuando sobre o impulsor 116'.

Quando cada impulsor 116 é impelido no sentido para baixo, a folga entre o impulsor 116 e o difusor 120 é
10 diminuída, reduzindo assim o fluxo, e a pressão, a partir do impulsor 116 para o recesso anular 144. Assim, quando deixa de existir a condição de empuxo ascendente, o fluxo e a pressão através do furo de ventilação 105 estão em um mínimo e, portanto, a força atuando sobre o impulsor 116',
15 a qual não é mais necessária, é grandemente reduzida ou eliminada.

Embora a invenção tenha sido mostrada ou descrita em apenas alguma de suas formas, deve ser evidente para aqueles versados na técnica que ela não é assim limitada,
20 mas está sujeita a diversas alterações sem se afastar do escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Conjunto de bomba submersível elétrica **caracterizada** por compreender:

uma bomba centrífuga tendo um eixo longitudinal;

5 um motor operacionalmente acoplado à bomba para acionar a bomba;

a bomba tendo uma pluralidade de estágios, cada um dos estágios compreendendo um impulsor e um difusor;

o impulsor tendo uma entrada central centrada no eixo;

10 o difusor tendo uma superfície inferior, uma superfície superior, e uma pluralidade de passagens do difusor entre as superfícies inferior e superior e estendendo-se em direção ao eixo desde uma entrada do difusor até uma saída do difusor centrada no eixo e
15 assentada com a entrada do impulsor; e

uma passagem de ventilação estendendo-se através do difusor, da superfície inferior para a superfície superior, a passagem de ventilação sendo espaçada radialmente para fora da saída do difusor e abaixo do impulsor.

20 2. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** por compreender ainda um recesso anular definido por uma superfície superior do difusor e uma superfície inferior do impulsor, o recesso anular estando radialmente para fora da saída do difusor, e em que a
25 passagem de ventilação se estende para o recesso anular.

3. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de a passagem de ventilação estar isolada das passagens do difusor.

4. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1,
30 **caracterizada** por compreender ainda uma superfície

cilíndrica anular na superfície inferior do difusor que se assenta com uma superfície cilíndrica em uma superfície superior de um próximo impulsor inferior, e em que a passagem de ventilação é espaçada radialmente para dentro da superfície cilíndrica do difusor.

5 5. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de a entrada do impulsor compreender uma ranhura anular que se estende para baixo do impulsor para a saída do difusor, e em que a ventilação está radialmente para fora da ranhura.

6. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de que as passagens do difusor são definidas pelas aletas do difusor que se estendem entre as superfícies superior e inferior do difusor, e em que a 15 passagem de ventilação compreende um orifício que se estende através de uma ou mais passagens do difusor.

7. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de que a passagem de ventilação compreende uma luva passando através de pelo menos uma 20 passagem difusora no difusor, a passagem de ventilação sendo vedada a partir da dita pelo menos uma passagem difusora.

8. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de que a passagem de ventilação tem 25 um eixo espaçado radialmente para fora do eixo da bomba.

9. Conjunto de bomba, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** por compreender ainda uma superfície anular de empuxo descendente no difusor engatado com uma superfície anular de empuxo descendente no impulsor voltada 30 para baixo, e em que a passagem de ventilação está

radialmente para fora das superfícies de empuxo descendente do difusor e no impulsor.

10. Método para bombear fluido a partir de um furo de poço **caracterizado** por compreender:

5 prover uma bomba submergível no furo de poço compreendendo:

 um alojamento de bomba tendo um eixo longitudinal,
 uma pluralidade de estágios dentro do compartimento da bomba, cada um dos estágios compreendendo:

10 um difusor e um impulsor, o difusor tendo uma saída concêntrica assentando-se com uma entrada do impulsor; e

 uma passagem de ventilação que se estende axialmente através de um difusor, de uma superfície superior para uma superfície inferior do difusor, a passagem de ventilação
15 sendo espaçada radialmente para fora da saída do difusor, o método compreendendo:

 girar o impulsor de cada um dos estágios para forçar o fluido no furo de poço através de passagens dos difusores de cada um dos estágios; e comunicar a pressão do fluido do
20 furo de poço através da passagem de ventilação da superfície superior para um vazio na superfície inferior do difusor.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** por compreender ainda criar um recesso anular
25 entre a superfície inferior do impulsor e a superfície superior do difusor; e fluir uma porção do fluido a partir do recesso anular, através da passagem de ventilação, para o espaço vazio, em que a pressão no recesso anular é maior do que a pressão no espaço vazio, e em que o fluxo de uma
30 porção do fluido através da passagem de ventilação diminui

a pressão no recesso anular.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que diminuir a pressão no recesso reduz uma força de empuxo ascendente na superfície inferior do impulsor.

13. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** por compreender ainda prover uma vedação anular entre a superfície inferior do difusor e uma superfície do impulsor de um próximo estágio inferior, a vedação anular estando radialmente para fora da passagem de ventilação, assim retendo fluido dentro do espaço vazio.

14. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que a comunicação da pressão do fluido do poço através da passagem de ventilação aumenta a pressão no espaço vazio.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que o aumento da pressão no espaço vazio aumenta uma força de empuxo descendente no impulsor do próximo estágio inferior.

16. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que girar o impulsor de cada um dos estágios faz com que o impulsor se desloque axialmente a partir de uma primeira posição para uma segunda posição, a segunda posição permitindo que mais fluido entre no recesso anular através de uma folga definida pelo impulsor e pelo difusor do que a primeira posição.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que a pressão de comunicação através da passagem de ventilação reduz um diferencial de pressão entre o recesso anular e o espaço vazio em uma taxa

maior na segunda posição do que na primeira posição.

18. Sistema de bomba submergível elétrica para bombear fluido a partir de um furo de poço, o sistema **caracterizado** por compreender:

5 Uma bomba compreendendo:

um alojamento de bomba tendo um eixo longitudinal;

primeiro e segundo impulsores coaxialmente empilhados dentro do alojamento de bomba;

10 um difusor coaxialmente entre os impulsores, o difusor tendo uma saída cercada por uma superfície de empuxo descendente do difusor, o primeiro impulsor tendo uma entrada cercada por uma superfície de empuxo descendente do impulsor que engata rotativamente superfície
15 de empuxo descendente do difusor;

uma passagem de ventilação que se estende axialmente através do difusor, de uma superfície inferior para uma superfície superior do difusor, radialmente para fora das superfícies de empuxo descendente do difusor e do
20 impulsor, em que o sistema compreende ainda:

uma seção de vedação conectada à bomba;

um motor conectado à seção de vedação; e

um eixo conectado operativamente ao motor e à bomba, o eixo passando através da seção de vedação e operável para
25 transferir o torque a partir do motor para os impulsores.

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** por compreender ainda um recesso anular definido por uma superfície superior do difusor e uma superfície inferior do primeiro impulsor e um espaço vazio
30 definido por uma superfície inferior do difusor e uma

superfície superior do segundo impulsor, pelo que a passagem de ventilação provê comunicação entre o recesso anular e o espaço vazio.

20. Sistema, de acordo com a reivindicação 18,
5 **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda:

uma superfície cilíndrica anular difusora na superfície inferior do difusor;

uma superfície cilíndrica anular impulsora em uma superfície superior do segundo impulsor no engate rotativo
10 com a superfície; e em que

as superfícies cilíndricas difusora e impulsora estão localizadas radialmente para fora da passagem de ventilação diminui.

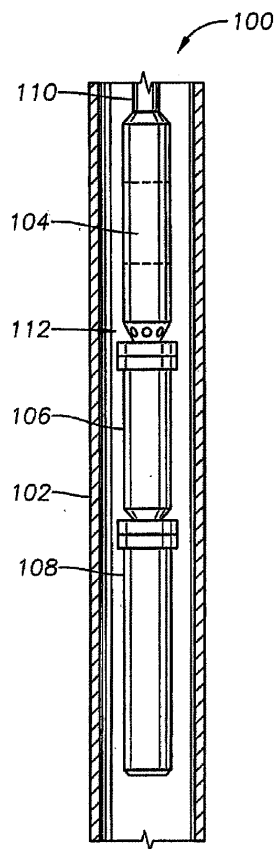


Fig. 1

Fig. 3

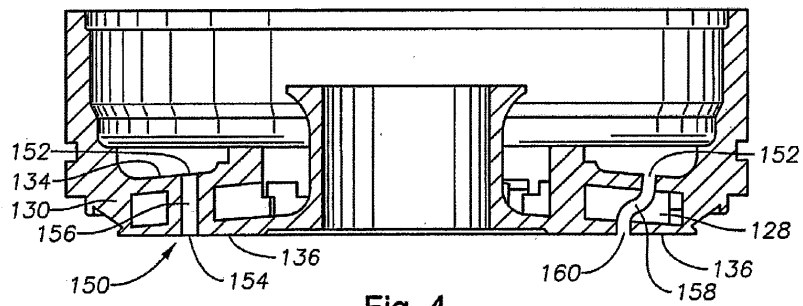
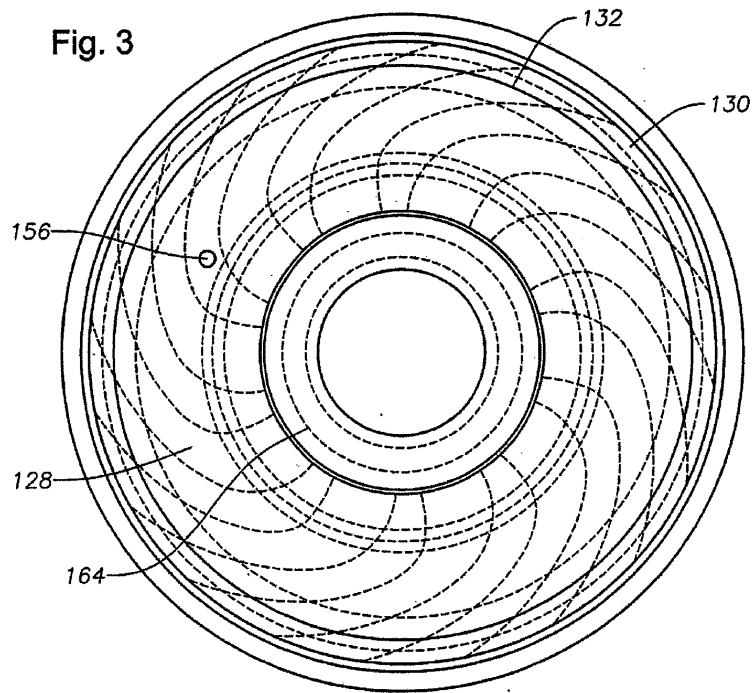


Fig. 4

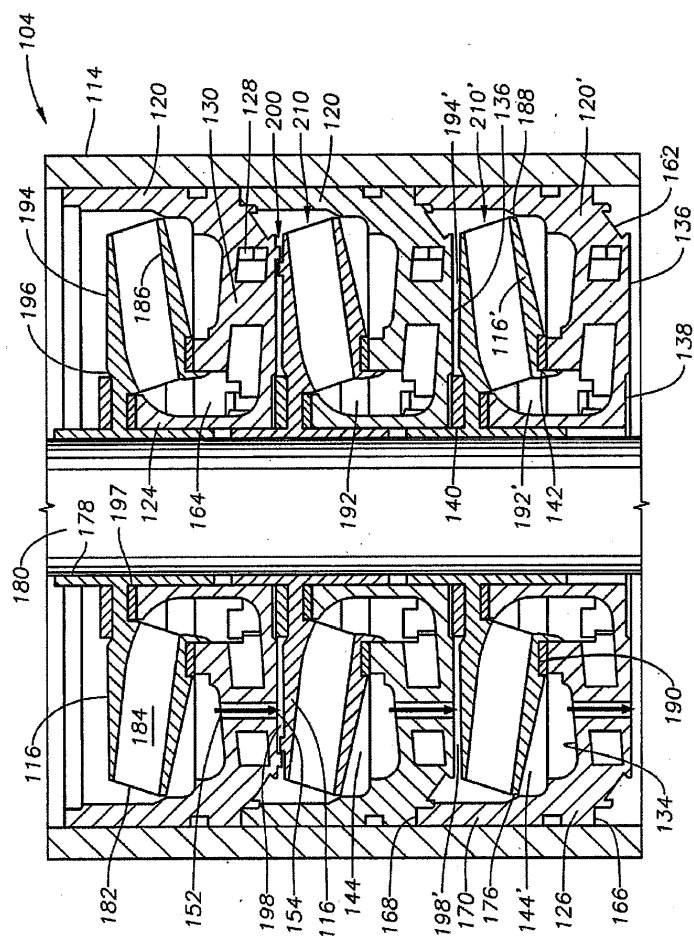


Fig. 5

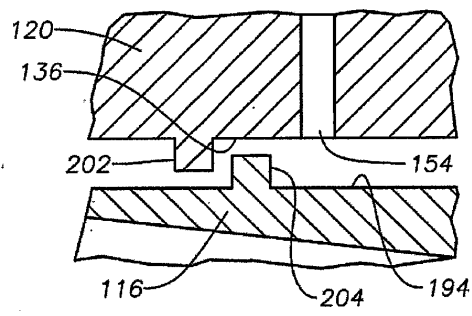


Fig. 6

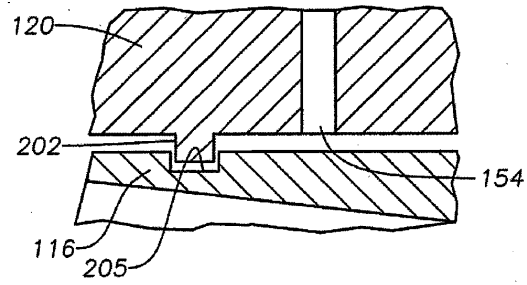


Fig. 7

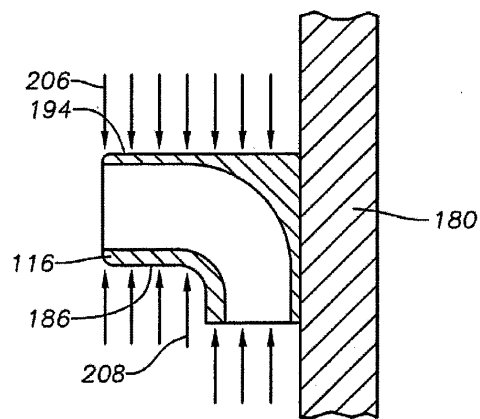


Fig. 8