



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

**(11) PI 0909600-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 27/05/2009**

**(45) Data de Concessão: 17/12/2019**

---

**(54) Título:** ROTOR ESPECIFICAMENTE ADAPTADO PARA SER MONTADO DENTRO DE UMA CÂMARA DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA

**(51) Int.Cl.:** F04D 29/22; F04D 7/04; F04D 29/24.

**(30) Prioridade Unionista:** 16/03/2009 AU 2009901137; 27/05/2008 AU 2008902665.

**(73) Titular(es):** WEIR MINERALS AUSTRALIA LIMITED.

**(72) Inventor(es):** KEVIN EDWARD BURGESS; WEN-JIE LIU; LUIS MOSCOSO LAVAGNA.

**(86) Pedido PCT:** PCT AU2009000662 de 27/05/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/143570 de 03/12/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 25/11/2010

**(57) Resumo:** "ROTOR PARA USO EM UMA BOMBA CENTRÍFUGA E MÉTODO DE INSTALAÇÃO DE UM ROTOR EM UMA BOMBA CENTRIFUGA", um rotor, para uso em uma bomba centrífuga, sendo que a bomba inclui um invólucro de bomba com uma câmara, uma entrada para levar o material a ser bombeado à câmara e uma saída para descarga de material da câmara, sendo o rotor montado para rotação dentro da câmara quando usado em volta de um eixo de rotação; o rotor inclui uma mortalha frontal, uma mortalha traseira e uma pluralidade de pás de bombeamento entre elas, sendo que cada pá de bombeamento tem uma vanguarda na região de uma entrada de um rotor e um flanco, em que a mortalha frontal tem uma face interna arqueada na região da entrada do rotor, sendo que a face interna arqueada tem um raio de curvatura (Rs) na faixa de 0,05 a 0,16 do diâmetro externo do rotor (D2); a mortalha traseira inclui uma face principal interna e um bico com um perfil curvo com um ápice de bico na região do eixo central que se estende rumo à mortalha frontal, havendo uma região de transição curva entre a face principal interna e o bico; Fr (...).

## ROTOR ESPECIFICAMENTE ADAPTADO PARA SER MONTADO DENTRO DE UMA CÂMARA DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA

### Campo Técnico

[0001] A presente divulgação diz respeito, de maneira geral, a bombas centrífugas, e, mais particularmente, ainda que não exclusivamente, a bombas para operar materiais abrasivos como, por exemplo, lama/chorume e similares.

### Antecedentes da Invenção

[0002] Bombas centrífugas para chorume, as quais podem tipicamente compreender metal sólido ou revestimentos elastoméricos e/ou invólucros que resistem ao desgaste, são amplamente empregadas na indústria da mineração. Normalmente, quanto maior a densidade do chorume, ou maior ou mais sólida a partícula de chorume, maiores serão as taxas de desgaste e a redução da vida útil da bomba.

[0003] Bombas centrífugas para chorume são amplamente usadas em usinas de processamento de minerais do início do processo no qual o chorume está bastante espesso com elevadas taxas de desgaste associado (por exemplo, durante fresagem), até o final do processo quando o chorume está muito mais fino/delgado, e, as taxas de desgaste, bastante reduzidas (por exemplo, quando são produzidos resíduos de flotação). Como um exemplo, bombas de chorume tendo uma função de alimentação com particulado mais espesso podem ter uma vida útil de peças diminuída pelo desgaste, que varia entre semanas ou meses, em comparação com aquelas bombas no fim do processo que podem ter peças desgastadas, com duração variando de um a dois anos em operação.

[0004] O desgaste em bombas centrífugas para chorume que são usadas para lidar com chorumes particulados espessos é tipicamente pior na entrada do rotor, porque os sólidos têm que passar por um ângulo reto (do fluxo axial no tubo da entrada até fluxo radial no rotor da bomba) e, ao fazê-lo, o tamanho e inércia das partículas resultam em mais impactos e num movimento deslizante contra as paredes do rotor e a borda anterior das hélices da turbina do rotor.

[0005] O desgaste do rotor ocorre principalmente nas hélices da turbina e nos defletores frontal e traseiro na entrada do rotor. O alto índice de desgaste nessas regiões também pode influenciar o desgaste no revestimento frontal da bomba. A pequena lacuna que existe entre o rotor giratório e o revestimento frontal estacionário (por vezes chamada de bucha de passagem) também terá um efeito sobre a vida útil e o desempenho das peças desgastadas da bomba. Tal lacuna é normalmente muito pequena, mas tipicamente aumenta devido ao desgaste na parte frontal do rotor, no defletor do rotor, ou devido ao desgaste tanto no rotor como no revestimento frontal.

[0006] Um jeito de reduzir o fluxo que escapa da região do invólucro em alta pressão da bomba (através da lacuna entre a parte frontal do rotor e o revestimento frontal para dentro da entrada da bomba) é incorporando-se um ressalto elevado e angulado no revestimento frontal estacionário na entrada do rotor. O rotor tem um perfil para encaixar neste ressalto. Enquanto que o fluxo por meio da lacuna pode ser reduzido pelo uso de hélices de expulsão na parte frontal do rotor, o fluxo por meio da lacuna também poderá ser eficientemente minimizado por meio da projeção e manutenção dessa lacuna estreita.

[0007] Algumas bombas, mas não todas, podem ter meios para manter a lacuna entre o rotor e o revestimento frontal o menor possível, sem causar o desgaste excessivo por fricção. Uma pequena lacuna normalmente melhora a vida útil do revestimento frontal, porém o desgaste na entrada do rotor ainda ocorre e não é diminuído.

[0008] O alto índice de desgaste na entrada do rotor relaciona-se com o grau de turbulência no fluxo, à medida que esse muda de direção axial para radial. A geometria de um rotor e hélices de bombeamento insatisfatoriamente projetada pode aumentar dramaticamente a quantidade de turbulência e, como uma consequência, desgaste.

[0009] Os vários aspectos revelados aqui podem ser aplicáveis a todas as bombas centrífugas para chorume e particularmente àquelas que sofrem com

altas taxas de desgaste na entrada do rotor ou àquelas que são empregadas em aplicações com chorume em altas temperaturas.

[00010] Documento US 5.797.724 revela um rotor de bomba centrífuga para chorume com as características técnicas do preâmbulo do pleito principal.

#### Resumo da Divulgação

[00011] Em um primeiro aspecto, são divulgadas concretizações de um rotor para uso em uma bomba centrífuga, a bomba incluindo um invólucro da bomba com uma câmara nele, uma entrada para fornecimento de material a ser bombeado para a câmara e uma saída para descarregar o material da câmara, o rotor sendo montado para rotação dentro da câmara, quando em uso em torno de um eixo de rotação, o rotor incluindo um defletor frontal, um defletor traseiro e uma pluralidade de hélices de bombeamento entre eles, cada uma das hélices de bombeamento com uma borda anterior na região de uma entrada do rotor e uma borda traseira, em que o defletor frontal possui uma face arqueada interna na região da entrada do rotor, a face arqueada interna com um raio de curvatura ( $R_s$ ) na faixa de 0,05 a 0,16 do diâmetro externo do rotor ( $D_2$ ), o referido defletor traseiro incluindo uma face interna principal e um bico com um perfil curvo, com uma ponta do bico na região do eixo central que se estende em direção ao defletor frontal, havendo uma região de transição curvada entre a face interna principal e o bico, onde  $F_r$  é o raio de curvatura da região de transição, a razão  $F_r/D_2$  sendo de 0,32 a 0,65.

[00012] Em um segundo aspecto, são divulgadas concretizações de um rotor para uso em uma bomba centrífuga, a bomba incluindo um invólucro da bomba com uma câmara nele, uma entrada para fornecimento de material a ser bombeado para a câmara e uma saída para descarregar o material da câmara, o rotor sendo montado para rotação dentro da câmara, quando em uso em torno de um eixo de rotação, o rotor incluindo um defletor frontal, um defletor traseiro e uma pluralidade de hélices de bombeamento entre eles, cada uma das hélices de bombeamento com uma borda anterior na região de uma entrada do rotor e

uma borda traseira, em que o defletor frontal possui uma face arqueada interna na região da entrada do rotor, a face arqueada interna com um raio de curvatura ( $R_s$ ) na faixa de 0,05 a 0,16 do diâmetro externo do rotor ( $D_2$ ), o referido defletor traseiro incluindo uma face interna principal e um bico com um perfil curvo, com uma ponta do bico na região do eixo central que se estende em direção ao defletor frontal, havendo uma região de transição curvada entre a face interna principal e o bico, onde  $I_{nr}$  é o raio de curvatura do perfil curvo do bico, a razão  $I_{nr}/D_2$  sendo de 0,17 a 0,22.

[00013] Em um terceiro aspecto, são divulgadas concretizações de um rotor para uso em uma bomba centrífuga, a bomba incluindo um invólucro da bomba com uma câmara nele, uma entrada para fornecimento de material a ser bombeado para a câmara e uma saída para descarregar o material da câmara, o rotor sendo montado para rotação dentro da câmara, quando em uso em torno de um eixo de rotação, o rotor incluindo um defletor frontal, um defletor traseiro e uma pluralidade de hélices de bombeamento entre eles, com passagens entre hélices de bombeamento adjacentes, cada hélice de bombeamento tendo uma borda anterior na região de uma entrada do rotor e uma borda traseira, em que o defletor frontal possui uma face arqueada interna na região da entrada do rotor, a face interna com um raio de curvatura ( $R_s$ ) na faixa de 0,05 a 0,16 do diâmetro externo do rotor ( $D_2$ ) e em que uma ou mais das passagens têm uma ou mais hélices guia de descarga associadas a isso, a ou cada hélice guia de descarga estando localizada em uma face principal de pelo menos um dos defletores.

[00014] Num quarto aspecto, são divulgadas concretizações de um rotor para uso em uma bomba centrífuga, a bomba incluindo um invólucro da bomba com uma câmara nele, uma entrada para fornecimento de material a ser bombeado para a câmara e uma saída para descarregar o material da câmara, o rotor sendo montado para rotação dentro da câmara, quando em uso em torno de um eixo de rotação, dito rotor incluindo um defletor frontal, um defletor traseiro e uma pluralidade de hélices de bombeamento entre eles, cada hélice de bombeamento

com uma borda anterior na região de uma entrada do rotor e uma borda traseira, com uma porção principal entre elas, em que cada hélice de bombeamento possui uma borda anterior da hélice com um raio  $R_v$  na faixa de 0,18 a 0,19 da porção principal da espessura  $T_v$  da hélice de bombeamento.

[00015] Num quinto aspecto, são divulgadas concretizações de um rotor que inclui: um defletor frontal e um defletor traseiro, o defletor traseiro incluindo uma face traseira e uma face interna principal, com uma borda periférica externa e um eixo central, uma pluralidade de hélices de bombeamento se projetando da face interna principal do defletor traseiro para o defletor frontal, as hélices de bombeamento estando dispostas em relação espaçada na face interna principal, proporcionando uma passagem de descarga entre as hélices de bombeamento adjacentes, cada hélice de bombeamento incluindo uma porção de borda anterior na região do eixo central e uma porção de borda traseira na região da borda periférica, dito defletor traseiro incluindo ainda um bico com um perfil curvo, com uma ponta do bico na região do eixo central que se estende em direção ao defletor frontal, havendo uma região de transição curvada entre a face interna principal e o bico, onde  $I_{nr}$  é o raio de curvatura do perfil curvo do bico e  $D_2$  é o diâmetro do rotor, a razão  $I_{nr}/D_2$  sendo de 0,02 a 0,50, em que uma ou mais das passagens têm associados a isso uma ou mais hélices guia de descarga, a ou cada hélice guia de descarga estando localizada em uma face principal de pelo menos um dos defletores.

[00016] Num sexto aspecto, são divulgadas concretizações de um rotor que inclui: um defletor frontal e um defletor traseiro, o defletor traseiro incluindo uma face traseira e uma face interna principal com uma borda periférica externa e um eixo central, uma pluralidade de hélices de bombeamento se projetando da face interna principal do defletor traseiro para o defletor frontal, as hélices de bombeamento estando dispostas em relação espaçada na face interna principal, proporcionando uma passagem de descarga entre as hélices de bombeamento adjacentes, cada hélice de bombeamento incluindo uma porção de borda anterior

na região do eixo central e uma porção de borda traseira na região da borda periférica, dito defletor traseiro incluindo ainda um bico com um perfil curvo, com uma ponta do bico na região do eixo central que se estende em direção ao defletor frontal, havendo uma região de transição curvada entre a face interna principal e o bico, onde  $I_{\text{bico}}$  é a distância de um plano contendo a face interna principal do defletor traseiro até a ponta do bico, em ângulos retos para o eixo central e  $B_2$  sendo a largura da hélice de bombeamento, e a razão  $I_{\text{bico}}/B_2$  sendo de 0,25 a 0,75, em que uma ou mais das passagens têm associadas a isso uma ou mais hélices guia de descarga, a ou cada hélice guia de descarga estando localizada em uma face principal de pelo menos um dos defletores.

[00017] Num sétimo aspecto, são divulgadas concretizações de um rotor que inclui: um defletor frontal e um defletor traseiro, o defletor traseiro incluindo uma face traseira e uma face interna principal com uma borda periférica externa e um eixo central, uma pluralidade de hélices de bombeamento se projetando da face interna principal do defletor traseiro para o defletor frontal, as hélices de bombeamento estando dispostas em relação espaçada na face interna principal, proporcionando uma passagem de descarga entre as hélices de bombeamento adjacentes, cada hélice de bombeamento incluindo uma porção de borda anterior na região do eixo central e uma porção de borda traseira na região da borda periférica, dito defletor traseiro incluindo ainda um bico com um perfil curvo, com uma ponta do bico na região do eixo central que se estende em direção ao defletor frontal, havendo uma região de transição curvada entre a face interna principal e o bico, onde  $F_r$  é o raio de curvatura da região de transição e  $D_2$  é o diâmetro do rotor, e a razão  $F_r/D_2$  sendo de 0,20 a 0,75, em que uma ou mais das passagens têm associados a isso uma ou mais hélices guia de descarga, a ou cada hélice guia de descarga estando localizada em uma face principal de pelo menos um dos defletores.

[00018] Em algumas concretizações, a face interna pode ter um raio de curvatura  $R_S$  na faixa de 0,08 a 0,15 do diâmetro externo do rotor  $D_2$ .

- [00019] Em algumas concretizações, a face interna pode ter um raio de curvatura  $R_S$  na faixa de 0,11 a 0,14 do diâmetro externo do rotor  $D_2$ .
- [00020] Em algumas concretizações, a face interna pode ter um raio de curvatura  $R_S$  na faixa de 0,12 a 0,14 do diâmetro externo do rotor  $D_2$ .
- [00021] Em algumas concretizações, a razão  $F_1/D_2$  pode ser de 0,32 a 0,65.
- [00022] Em algumas concretizações, a razão  $F_1/D_2$  pode ser de 0,41 a 0,52.
- [00023] Em algumas concretizações, a razão  $I_{nr}/D_2$  pode ser de 0,10 a 0,33.
- [00024] Em algumas concretizações, a razão  $I_{nr}/D_2$  pode ser de 0,17 a 0,22.
- [00025] Em algumas concretizações,  $I_{bico}$  é a distância de um plano que contém a face interna principal do defletor traseiro à ponta do bico em ângulos retos para o eixo central, e  $B_2$  é a largura da hélice de bombeamento, e a razão  $I_{bico}/B_2$  pode ser de 0,25 a 0,75.
- [00026] Em algumas concretizações, a razão  $I_{bico}/B_2$  pode ser de 0,4 a 0,65.
- [00027] Em algumas concretizações, a razão  $I_{bico}/B_2$  pode ser de 0,48 a 0,56.
- [00028] Em algumas concretizações, a ou cada hélice de bombeamento pode ter uma porção principal entre as porções de borda anterior e traseira nas mesmas, o comprimento de transição afunilado da porção da borda anterior da hélice e uma borda anterior com um raio  $R_v$  na faixa de 0,09 a 0,45 da espessura  $T_v$  de uma porção principal da hélice.
- [00029] Em algumas concretizações, a borda anterior da hélice pode ser reta, mas, de preferência, perfilada, para melhor controlar o ângulo de entrada, que pode variar entre os defletores traseiro e frontal para obter turbulência e redemoinho menores, na medida em que o fluxo entra na passagem do rotor.

Tal região de transição do raio da borda anterior até a espessura total da hélice pode ser uma transição linear ou gradual do raio na borda anterior ( $R_v$ ) para a espessura da porção principal ( $T_v$ ). Numa concretização, cada hélice pode ter um comprimento de transição  $L_t$  entre a borda anterior e a espessura da porção principal, estando o comprimento de transição na faixa de  $0,5 T_v$  a  $3 T_v$ , isto é, o comprimento de transição varia de 0,5 a 3 vezes a espessura da hélice.

[00030] Em algumas concretizações, a borda anterior da hélice pode ter um raio  $R_v$  na faixa de 0,125 a 0,31 da espessura  $T_v$  da porção principal.

[00031] Em algumas concretizações, a borda anterior da hélice pode ter um raio  $R_v$  na faixa de 0,18 a 0,19 da espessura  $T_v$  da porção principal.

[00032] Em algumas concretizações, a espessura  $T_v$  da porção principal pode estar na faixa de 0,03 a 0,11 do diâmetro externo do rotor  $D_2$ .

[00033] Em algumas concretizações, a espessura  $T_v$  daquela hélice de bombeamento da porção principal pode estar na faixa de 0,055 a 0,10 daquele diâmetro externo do rotor  $D_2$ .

[00034] Em algumas concretizações, cada uma das hélices pode ter um comprimento de transição  $L_t$  entre a borda anterior e espessura total da hélice, o comprimento de transição estando na faixa de  $0,5 T_v$  a  $3 T_v$ .

[00035] Em algumas concretizações, espessura da porção principal pode ser substancialmente constante ao longo de todo o seu comprimento.

[00036] Em algumas concretizações, cada hélice de bombeamento pode ter uma borda anterior da hélice com um raio  $R_v$  na faixa de 0,09 a 0,45 da espessura  $T_v$  da porção principal.

[00037] Em algumas concretizações, a borda anterior da hélice pode ter um raio  $R_v$  na faixa de 0,125 a 0,31 da espessura  $T_v$  da porção principal.

[00038] Em algumas concretizações, a borda anterior da hélice pode ter um raio  $R_v$  na faixa de 0,18 a 0,19 da espessura  $T_v$  da porção principal.

[00039] Em algumas concretizações, espessura  $T_v$  da porção principal de cada hélice pode estar na faixa de 0,03 a 0,11 do diâmetro externo  $D_2$  do rotor.

[00040] Em algumas concretizações, espessura  $T_v$  da porção principal de cada hélice pode estar na faixa de 0,055 a 0,10 do diâmetro externo  $D_2$  do rotor.

[00041] Em algumas concretizações, cada uma das hélices pode ter um comprimento de transição  $L_t$  entre a borda anterior e espessura total da hélice, o comprimento de transição estando na faixa de  $0,5 T_v$  a  $3 T_v$ .

[00042] Em algumas concretizações, uma ou mais passagens podem ter uma ou mais hélices guia de descarga a elas associadas, a ou cada hélice guia de descarga localizada na face principal de pelo menos um dos ou de cada um dos defletores.

[00043] Em algumas concretizações, a ou cada hélice guia de descarga pode ser uma projeção da face principal do defletor com o qual está associada e que se estende para dentro de uma respectiva passagem.

[00044] Em algumas concretizações, a ou cada hélice guia de descarga pode ser alongada.

[00045] Em algumas concretizações, a ou cada hélice guia de descarga pode ter uma extremidade externa adjacente à borda periférica do defletor, tal hélice guia de descarga estendendo-se para o seu interior e terminando em uma extremidade interior que é intermediária ao eixo central e à borda periférica do defletor com o qual está associada.

[00046] Em algumas concretizações, são proporcionados aqueles dois referidos defletores, e um ou mais dos defletores pode(m) ter uma hélice guia de descarga que se projeta a partir de uma face principal sua.

[00047] Em algumas concretizações, a ou cada uma das hélices guia de descarga pode ter uma altura que é de 5 a 50 por cento da largura da hélice de bombeamento.

[00048] Em algumas concretizações, a ou cada uma das hélices guia de descarga geralmente pode ter a mesma forma e largura das hélices principais de bombeamento quando são visualizadas em uma seção em corte transversal horizontal.

[00049] Em algumas concretizações, cada hélice guia de descarga pode ser de uma altura afunilada.

[00050] Em algumas concretizações, cada hélice guia de descarga pode ser de uma largura afunilada.

[00051] Em algumas concretizações, o ângulo da borda anterior da hélice de bombeamento  $A_1$  para o eixo central do rotor pode ser de  $20^\circ$  a  $35^\circ$ .

[00052] Em algumas concretizações, o diâmetro de entrada do rotor  $D_1$  pode estar na faixa de 0,25 a 0,75 do diâmetro externo  $D_2$  do rotor.

[00053] Em algumas concretizações, o diâmetro de entrada do rotor  $D_1$  pode estar na faixa de 0,25 a 0,5 do diâmetro externo  $D_2$  do rotor.

[00054] Em algumas concretizações, o diâmetro de entrada do rotor  $D_1$  pode estar na faixa de 0,40 a 0,75 do diâmetro externo  $D_2$  do rotor.

[00055] Num oitavo aspecto, são divulgadas concretizações combinadas de um rotor conforme descrito em qualquer uma das concretizações anteriores e um revestimento frontal, o revestimento frontal tendo um ressalto levantado que se estende por baixo de um ângulo ( $A_3$ ) até o eixo central do rotor na faixa de  $10^\circ$  a  $80^\circ$ .

[00056] Num nono aspecto, são divulgadas concretizações combinadas de um rotor conforme descrito em qualquer uma das concretizações anteriores e um revestimento frontal, o revestimento frontal com uma extremidade interna e uma extremidade externa, o diâmetro  $D_4$  da extremidade interna estando na faixa de 0,55 a 1,1 do diâmetro  $D_3$  da extremidade externa.

[00057] Num décimo aspecto, são divulgadas concretizações combinadas de um rotor conforme descrito em qualquer uma das concretizações anteriores e um revestimento frontal, que define um ângulo  $A_2$  entre as faces paralelas do rotor e o revestimento frontal, e um plano normal ao eixo de rotação que está na faixa de  $0^\circ$  a  $20^\circ$ .

[00058] Num décimo primeiro aspecto, são divulgadas concretizações de um método de retroajustar um rotor para uma bomba centrífuga, a dita bomba

incluindo um invólucro da bomba com uma câmara nele, uma entrada para o fornecimento de material a ser bombeado para a dita câmara e uma saída para descarregar o material da câmara, o rotor sendo montado para rotação dentro da câmara, quando em uso em torno de um eixo de rotação, o rotor sendo como descrito em qualquer uma das concretizações anteriores, tal método incluindo conectar operativamente o rotor a um eixo de acionamento de um acionador que se estende para dentro da câmara.

[00059] Em algumas concretizações, um rotor ou uma combinação de rotor e revestimento pode incluir uma combinação de quaisquer dois ou mais dos aspectos de determinadas concretizações descritas acima.

[00060] Para minimizar a turbulência na região da entrada do dito rotor, o arranjo desejavelmente incorpora recursos para minimizar as características de cavitação sobre o desempenho da bomba. Isto significa que o projeto minimiza a diferença de nível de influxo (ou sucção) positiva líquida necessária (chamada normalmente de NPSH). Uma cavitação ocorre quando a pressão disponível no influxo da bomba é menor do que o requerido pela bomba, fazendo com que a água de chorume ‘ferva’, e bolsas de vapor, redemoinhos e turbulência sejam criados. O vapor e a turbulência provocarão danos a defletores e a hélices de entrada da bomba removendo-se o material e criando pequenos furos e bolsas pequenas de desgaste que podem aumentar de tamanho com o tempo.

[00061] As partículas de chorume que passam pela entrada podem ser defletidas de uma linha de curso estável pelo vapor e por fluxo turbulento, com isso acelerando a taxa de desgaste. Um fluxo turbulento cria tipos de padrões de fluxo de turbilhão ou espiral de pequena a larga escala. Quando as partículas são aprisionadas nesses fluxos em espiral, sua velocidade é bastante aumentada e, como regra geral, o desgaste nas peças da bomba tende a aumentar. Tal taxa de desgaste em bombas de chorume pode estar relacionada com a velocidade de partículas elevada à potência de dois ou de três, então, manter velocidades baixas de partículas é útil para minimizar o desgaste.

[00062] Algumas usinas de processamento de minerais (como usinas de produção de alumina) exigem temperaturas de operação elevadas para auxiliar no processo de extração mineral. Chorumes em alta temperatura exige bombas que tenham boas características de cavitação/amortecimento. Quanto menor a NPSH exigida pela bomba, mais capaz será a bomba de manter o seu melhor desempenho. Um projeto de rotor tendo características de baixa cavitação irá auxiliar tanto em minimizar o desgaste, quanto em minimizar o efeito sobre o desempenho da bomba, e, assim, o rendimento de usinas de processamento de minerais.

[00063] Uma das maneiras de se diminuir a turbulência no chorume de alimentação que entra na bomba é a de prover uma ligeira mudança de ângulo para o fluxo de chorume e suas partículas carregadas, conforme o chorume se move de uma direção de fluxo horizontal para uma direção de fluxo vertical. A entrada pode ser arredondada contornando-se a forma da passagem interna do rotor em conjunto com o revestimento frontal. Como resultado, arredondamento produz um fluxo mais estável e menos turbulência. A entrada do revestimento frontal também pode ser arredondada ou incorporar diâmetro de entrada menor ou um canal que também possa ajudar a suavizar o caminho do fluxo giratório do chorume.

[00064] Um outro meio de tornar o fluxo mais uniforme é incorporar um revestimento frontal angulado e uma face frontal angulada coincidente do rotor.

[00065] Taxas mais baixas de turbulência na região da entrada do rotor resultarão em menos desgaste geral. Vida útil é de importância primária para bombas em aplicações pesadas e difíceis com chorume e naquelas indústrias de processamento de minerais. Como descrito anteriormente, para obter desgaste menor na entrada do rotor, exige uma combinação de certas taxas dimensionais para produzir geometria específica de baixa turbulência. Os inventores revelaram surpreendentemente que essa geometria preferida é bastante independente da razão entre o diâmetro externo e o diâmetro de entrada do rotor (normalmente,

referenciada com a razão do rotor).

[00066] Foi concebido que as várias razões acima descritas, ou elas em combinação proveem uma geometria ideal para, em primeiro lugar, produzir um padrão de fluxo suave e para minimizar as perdas por choque na entrada para a passagem do rotor e, em segundo lugar, controlar a quantidade de turbulência por tanto tempo quanto possível pela passagem do rotor. As várias razões são importantes, pois elas controlam o fluxo de um direção axial dentro do rotor por meio de uma guinada de noventa graus para formar um fluxo radial, e também para a suavização do fluxo depois das bordas anteriores das hélices principais de bombeamento para cada uma das passagens de descarga do rotor (isto é, as passagens entre cada uma das hélices principais de bombeamento).

[00067] Em especial, tem-se que um rotor com as razões dimensionais de  $R_s/D_2$  na faixa de 0,05 a 0,16, e  $F_r/D_2$  de 0,32 a 0,65, oferecem os efeitos vantajosos acima descritos.

[00068] Em especial, tem-se que um rotor com as razões dimensionais de  $R_s/D_2$  na faixa de 0,05 a 0,16, e  $I_{nr}/D_2$  de 0,17 a 0,22, oferecem os efeitos vantajosos acima descritos.

[00069] Em especial, tem-se que um rotor com hélices de bombeamento com as razões dimensionais de  $R_v/T_v$  na faixa de 0,18 a 0,19 oferecem os efeitos vantajosos acima descritos.

[00070] Melhoria adicional também foi obtida pela provisão de hélices guia de descarga, conforme descritas acima. Acredita-se que as hélices guia de descarga controlem a turbulência devido a turbilhões no fluxo de material que está atravessando a passagem do rotor durante seu uso. Turbulência aumentada pode levar a aumento de desgaste do rotor e de superfícies volutas, bem como a aumento de perdas de energia, o que em última análise, exige a um operador entrar com mais energia para a bomba para alcançar uma produção desejada. Dependendo da posição selecionada de tais hélices guia de descarga, a região de turbulência imediatamente na frente da face de bombeamento das hélices de

bombeamento do rotor pode ficar substancialmente confinada. Como resultado, a intensidade (ou força) dos turbilhões é diminuída, pois eles não são deixados a crescer de maneira irrestrita. Um resultado benéfico adicional foi que o fluxo mais suave ao longo da passagem do rotor reduziu a turbulência, e, com isso, também reduziu o desgaste devido a partículas no fluxo de chorume.

[00071] As melhorias no desempenho incluíram o fato de que a pressão gerada pela bomba causou menos depressão em fluxos mais elevados (isto é, menos perda de energia com fluxo – observando que rotores tradicionais têm uma perda característica mais pronunciada com um mesmo número de hélices principais de bombeamento); que a eficiência aumentou de 7 a 8% em termos absolutos; que a característica de cavitação da bomba reduziu e permaneceu mais plana, nitidamente para fluxos mais elevados (rotores convencionais têm uma característica mais pronunciada), e que a vida útil do rotor aumentou em 50% em relação com um design (projeto) tradicional do rotor.

[00072] Sob protocolos de design (projeto) tradicionais, atuais, sempre foi considerado que um parâmetro de desempenho pudesse ser aumentado, mas em detrimento de outro, por exemplo, eficiência superior e menor vida útil ao desgaste. A presente invenção desmentiu esta visão ao obter desempenho 100% melhor para todos os parâmetros.

[00073] Como resultado de um desempenho 100% melhor, o rotor pode ser fabricado utilizando materiais “padrão”, sem a necessidade de materiais de ligas especiais que seriam, de outro modo, necessários para resolver problemas localizados de elevado desgaste.

[00074] Trabalhos ou ensaios experimentais têm demonstrado que estes parâmetros de projeto e a especificação de determinadas razões dimensionais podem produzir desgastes do rotor relativamente baixos ou substancialmente ideais, especialmente ao redor do olhal (região de entrada) do rotor.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[00075] Não obstante quaisquer outras formas que possam se enquadrar

no escopo do aparelho, e método como divulgado no Resumo, concretizações específicas do método e do aparelho serão agora descritas, a título de exemplo, e com referência a ilustrações que o acompanham, em que:

Figura 1 ilustra uma elevação lateral exemplar, esquemática, em seção transversal parcial de uma bomba que incorpora um rotor e combinação de um rotor e um revestimento, de acordo com uma concretização;

Figura 1A ilustra uma vista detalhada de uma porção do rotor da Figura 1;

Figura 2 ilustra uma visão superior exemplar, esquemática, em seção transversal de uma hélice de bombeamento do rotor, de acordo com uma outra concretização; e

Figuras 3 a 12 ilustram vistas exemplares totais e parcialmente em seção de um rotor e revestimento de entrada, com algumas vistas exibindo a combinação de rotor e revestimento de entrada, de acordo com determinadas concretizações;

Figura 13A ilustra uma elevação lateral exemplar, esquemática, em seção transversal de uma combinação de rotor e de revestimento, de acordo com uma concretização mostrando as várias regiões de entrada do revestimento (1), defletor frontal (2) do rotor, saída (3) do defletor frontal do rotor e bico (4) do defletor traseiro do rotor; e

Figura 13B ilustra uma elevação lateral exemplar, esquemática, em seção transversal de uma combinação de rotor e de revestimento, de acordo com uma concretização na qual os pontos de dados são produzidos pelo ajuste de curva e de modelagem de regressão linear para mostrar o perfil interno das diversas regiões mostradas na Figura 13A.

#### Descrição Detalhada de Concretizações Específicas

[00076] Referindo-se a Figuras 1 e 1A, é ilustrada uma bomba exemplar 10, de acordo com certas concretizações, incluindo um invólucro da bomba 12, um revestimento traseiro 14, um revestimento frontal 30, e uma saída da bomba

18. Uma câmara interna 20 é adaptada para receber um rotor 40 para rotação em torno de um eixo de rotação X-X.

[00077] O revestimento frontal 30 inclui uma seção de entrega na forma cilíndrica 32 por meio da qual chorume entra na câmara da bomba 20. A seção de entrega 32 tem uma passagem 33 nela com uma primeira extremidade ultra-periférica 34 operativamente conectável a uma tubulação de alimentação (não mostrada) e uma segunda extremidade interior 35 adjacentes à câmara 20. Tal revestimento frontal 30 inclui adicionalmente uma seção de parede lateral 15, que casa com o invólucro da bomba 12 para formar e encerrar a câmara 20, a seção da parede lateral 15 tendo uma face interna 37. A segunda extremidade 35 do revestimento frontal 30 possui um ressalto levantado 38 nela, que está disposto para casar com o rotor 40.

[00078] O rotor 40 inclui um cubo 41, a partir do qual uma pluralidade de hélices de bombeamento circunferencialmente espaçadas 42 se estendem. Um bico ou parte do olhal 47 estende-se para frente a partir do cubo na direção da passagem 33 no revestimento frontal. As hélices de bombeamento 42 incluem uma borda anterior 43 localizada na região da entrada do rotor 48 e uma borda traseira 44 localizada na região da saída 49 do rotor. Tal rotor inclui ainda um defletor frontal 50 e um defletor traseiro 51, ditas hélices 42 ficando dispostas entre eles.

[00079] Na concretização particular de um rotor parcial 10A exibido na Figura 2, uma hélice de bombeamento exemplar 42 somente é mostrada, a qual se estende entre as faces principais internas opostas daqueles defletores 50, 51. Normalmente, um rotor 10A como este possui uma pluralidade de tais hélices de bombeamento espaçadas uniformemente ao redor da área entre os defletores 50, 51, por exemplo, três, quatro ou cinco hélices de bombeamento são usuais em bombas de chorume. Neste desenho, somente uma hélice de bombeamento foi mostrada por conveniência para ilustrar as características. Como mostrado na Figura 2, a hélice de bombeamento exemplar 42 é geralmente arqueada em

seção transversal e inclui uma borda anterior interna 43 e uma borda traseira externa 44 e faces laterais opostas 45 e 46, tal face lateral 45 sendo um lado de bombeamento ou pressão. As hélices são normalmente referidas como hélices curvadas para trás quando vistas com o sentido de rotação. Sinais de referência que identificam as várias características descritas acima apenas foram indicados nas hélices 42 mostradas, por motivos de clareza. As principais dimensões e importantes dentre  $L_t$ ,  $R_v$  e  $T_v$  foram mostradas na figura e são definidas nesta especificação.

[00080] De acordo com certas concretizações, um rotor exemplar está ilustrado nas Figuras 3 a 12. Por conveniência, os mesmos sinais de referência já foram utilizados para identificar as mesmas partes descritas com referência às Figuras 1, 1A e 2. Na concretização particular mostrada nas Figuras 3 a 12, o rotor 40 tem uma pluralidade de hélices guia de descarga (ou palhetas). Tais hélices guia de descarga têm a forma de projeções alongadas, de topo achatado 55, que têm geralmente forma de salsicha na seção transversal. Tais projeções 55 se estendem respectivamente da face principal do defletor traseiro 51 e estão dispostas entre as duas hélices de bombeamento adjacentes 42. As projeções 55 têm uma respectiva extremidade externa 58, que está localizada adjacente à borda periférica externa do defletor 51, sobre a qual elas ficam dispostas. Tais hélices guia de descarga também têm uma extremidade interna 60, a qual fica localizada em qualquer lugar a meio caminho de uma respectiva passagem. As extremidades internas 60, das respectivas hélices guia de descarga 55, estão espaçadas a alguma distância do eixo central de rotação X-X do dito rotor 40. Tipicamente, embora não necessariamente, as hélices guia de descarga podem ser associadas a cada passagem.

[00081] Cada hélice guia de descarga, sob a forma de uma projeção 55, é mostrada nos desenhos com uma altura de cerca de 30 a 35% da largura da hélice de bombeamento 42, onde a largura da hélice de bombeamento é definida como a distância entre os mencionados defletores frontal e traseiro de tal rotor.

Em outras concretizações, a altura da hélice guia pode ser entre 5% e 50% da largura daquela hélice de bombeamento 42. Cada hélice guia tem, geralmente, altura constante ao longo de seu comprimento, embora em outras concretizações hélice guia possa ser afunilada em altura e também afunilada em largura. Como fica evidente a partir dos desenhos, hélices têm bordas periféricas chanfradas.

[00082] Na concretização mostrada nas Figuras 3 a 12, cada hélice guia de descarga pode ficar localizada mais próxima à face lateral de bombeamento ou pressão da hélice de bombeamento adjacente mais perto. O posicionamento de uma hélice guia de descarga mais próxima de uma hélice de bombeamento adjacente pode vantajosamente melhorar o desempenho daquela bomba. Essas concretizações são também divulgadas no pedido de patente internacional copendente do requerente PCT/AU2009/000661, intitulada “Rotor de Bomba de Lama”, que foi depositado no mesmo dia do presente pedido, cujo conteúdo é aqui incluído por meio de referência cruzada.

[00083] Ainda em outras concretizações, ditas hélices guia de descarga podem se estender por uma distância mais curta ou mais longa na passagem de descarga do que é mostrado nas concretizações das Figuras 3 a 12, dependendo do líquido ou fluido ou chorume a ser bombeado.

[00084] Ainda em outras concretizações, pode haver mais de uma hélice guia de descarga por face principal interna do defletor, ou em alguns exemplos nenhuma hélice guia de descarga em uma das faces principais internas opostas de quaisquer dos dois defletores que definem uma passagem de descarga.

[00085] Ainda em outras concretizações, ditas hélices guia de descarga podem ser de uma largura em seção transversal diferente das hélices principais de bombeamento, e podem não ser necessariamente alongadas, contanto que o efeito desejado sobre o fluxo de chorume na descarga do rotor seja atingido.

[00086] Acredita-se que hélices guia de descarga reduzirão o potencial para fluxos do tipo turbilhão a alta velocidade para formação em baixos fluxos. Isto reduz o potencial para partículas se desgastarem nos defletores frontal ou

traseiro, resultando, assim, em cavidades de desgaste em que os fluxos do tipo turbilhão poderiam se originar e se desenvolver. Tais hélices guia irão também reduzir a mistura das regiões de fluxo separadas na saída imediata do rotor para o padrão de fluxo rotativo em movimento na voluta. Percebe-se que as hélices guia de descarga suavizarão e reduzirão a turbulência do fluxo proveniente do rotor no invólucro da bomba ou na voluta.

[00087] Conforme mostrado nas Figuras 8 a 12, o rotor 10 inclui ainda hélices expelidoras, ou auxiliares, 67, 68, 69, sobre respectivas faces externas dos defletores. Algumas das hélices sobre o defletor traseiro 67, 68 têm larguras diferentes. Conforme ilustrado nas figuras, todas as hélices, incluindo as hélices guia de descarga, têm bordas chanfradas.

[00088] Figuras 1 e 2 dos desenhos identificam os parâmetros a seguir:

$D_1$ : diâmetro de entrada de rotor no ponto de interseção do defletor frontal e da borda anterior da hélice de bombeamento

$D_2$ : diâmetro externo de rotor que é o diâmetro externo das hélices de bombeamento que em certas concretizações exemplares é o mesmo do defletor traseiro do rotor

$D_3$ : primeiro diâmetro da extremidade do revestimento frontal

$D_4$ : segundo diâmetro da extremidade do revestimento frontal

$A_1$ : ângulo entre borda anterior da hélice e eixo de rotação central do rotor

$A_2$ : ângulo entre faces paralelas do rotor e revestimento frontal, e um plano normal ao eixo de rotação

$A_3$ : ângulo do ressalto levantado do revestimento frontal longe do eixo de rotação central do rotor

$R_S$ : raio de curvatura do defletor frontal do rotor no ponto onde o componente de influxo ou bucha de canal de passagem e o defletor frontal do rotor estão alinhados (isto é, onde o fluxo deixa a bucha de canal de passagem e entra no rotor)

$R_v$ : raio da borda anterior da hélice

$T_v$ : espessura da hélice daquela porção principal da hélice de bombeamento

$L_t$ : comprimento de transição da hélice

$B_2$ : largura da saída do rotor

$I_{nr}$ : raio de curvatura do perfil curvo do bico do rotor no cubo

$I_{bico}$ : distância de um plano contendo a face principal interna do defletor traseiro para a ponta do bico, em ângulos retos para o eixo central

$F_t$ : raio de curvatura da região de transição entre a face principal interna e o bico.

[00089] De preferência, um ou mais desses parâmetros possuem razões dimensionais nas seguintes faixas:

$$D_4 = 0,55 D_3 \text{ a } 1,1 D_3.$$

$$D_1 = 0,25 D_2 \text{ a } 0,75 D_2, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,25 D_2 \text{ a } 0,5 D_2, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,40 D_2 \text{ a } 0,75 D_2.$$

$$R_s = 0,05 D_2 \text{ a } 0,16 D_2, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,08 D_2 \text{ a } 0,15 D_2, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,11 D_2 \text{ a } 0,14 D_2.$$

$$R_v = 0,09 T_v \text{ a } 0,45 T_v, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,125 T_v \text{ a } 0,31 T_v, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,18 T_v \text{ a } 0,19 T_v.$$

$$T_v = 0,03 D_2 \text{ a } 0,11 D_2, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,055 D_2 \text{ a } 0,10 D_2.$$

$$L_t = 0,5 T_v \text{ a } 3 T_v.$$

$$B_2 = 0,08 D_2 \text{ a } 0,2 D_2.$$

$$I_{nr} = 0,02 D_2 \text{ a } 0,50 D_2, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,10 D_2 \text{ a } 0,33 D_2, \text{ mais de preferência}$$

$$= 0,17 D_2 \text{ a } 0,22 D_2.$$

$I_{bico}$  = 0,25  $B_2$  a 0,75  $B_2$ , mais de preferência  
 = 0,40  $B_2$  a 0,65  $B_2$ , mais de preferência  
 = 0,48  $B_2$  a 0,56  $B_2$ .

$F_r$  = 0,20  $D_2$  a 0,75  $D_2$ , mais de preferência  
 = 0,32  $D_2$  a 0,65  $D_2$ , mais de preferência  
 = 0,41  $D_2$  a 0,52  $D_2$ .

[00090] E têm ângulos nas faixas:

$A_2$  = 0 a 20°

$A_3$  = 10° a 80°

$A_1$  = 20° a 35°

### EXEMPLOS

[00091] Testes/ensaios comparativos foram conduzidos com uma bomba convencional e uma bomba de acordo com uma concretização exemplar. As diversas dimensões relevantes das duas bombas são definidas abaixo.

Rotor de Bomba Convencional	Novo Rotor de Bomba
$D_1$ = 203 mm	= 226 mm
$D_2$ = 511 mm	= 550 mm
$R_s$ = 156 mm	= 60 mm
$R_v$ = 2 mm	= 6 mm
$T_v$ = Varia (até, no máximo, 76 mm)	= 32 mm
$L_t$ = Nenhuma	= 67 mm
$B_2$ = 76 mm	= 72 mm
$F_r$ = 232 mm	= 228 mm
$I_{nr}$ = 95 mm	= 95 mm
$A_1$ = 0 (paralelo ao eixo de entrada)	= 25°
Revestimento Frontal	Revestimento Frontal
$A_2$ = 0 (perpendicular ao eixo de entrada)	= idem
$A_3$ = 60°	= 60°
$D_3$ = 203 mm	= 203 mm
$D_4$ = 200 mm	= 224 mm

[00092] Para o Novo Rotor de Bomba exemplar descrito acima, a razão  $R_s/D_2$  é 0,109; razão  $F_r/D_2$  é 0,415; razão  $I_{nr}/D_2$  é 0,173, e razão  $R_v/T_v$  é 0,188.

#### EXEMPLO 1

[00093] Tanto as bombas novas como convencionais foram executadas nas mesmas funções de fluxo e de velocidade numa mina de minério de ouro. A duração do rotor da bomba convencional foi 1.600 a 1.700 horas e a duração do revestimento frontal 700 a 900 horas. A duração do novo projeto do rotor e do revestimento frontal foram ambas 2.138 horas.

#### EXEMPLO 2

[00094] Ambas as bombas nova e convencional foram executadas numa mesma função de fluxo e velocidade numa mina de minério de ouro, que resulta num desgaste rápido devido a alto teor de areia de silício do chorume. Após três testes, o novo rotor e novo revestimento frontal exibiram consistentemente 1,4 a 1,6 vezes mais duração do que as peças metálicas convencionais do mesmo material.

[00095] O rotor convencional tipicamente falhava devido a um grande desgaste nas hélices da bomba e perfuração do defletor traseiro. O novo rotor apresentou muito pouco desse mesmo tipo de desgaste.

#### EXEMPLO 3

[00096] Ambas as bombas nova e convencional foram executadas numa mesma função de fluxo e de velocidade em uma refinaria de alumina, em uma função que era crítica para proporcionar alimentação adequada à unidade. Esta função foi executada em elevada temperatura e então favoreceu um projeto de rotor com baixas características de cavitação.

[00097] A duração média do rotor convencional e do revestimento frontal foi 4.875 horas com algum desgaste do rotor, mas tipicamente o revestimento frontal falhou por apresentar orifícios durante seu uso.

[00098] A duração do novo rotor e revestimento frontal foi em excesso de 6.000 horas e não houve a formação de orifícios.

#### EXEMPLO 4

[00099] Ambas a bomba nova e a bomba convencional foram executadas na mesma função de fluxo e de velocidade em uma refinaria de alumínio, em que escalonamento de tubo e tanque pode afetar a taxa de produção da bomba devido aos efeitos de cavitação.

[000100] Com base em tal experimento, foi calculado que o novo rotor e revestimento frontal permitiram um aumento adicional de 12,5% no rendimento enquanto ainda permanecendo não afetados pela cavitação.

#### Simulação Experimental

[000101] Experimentos computacionais foram realizados para definição de equações para os vários projetos de rotor aqui divulgados, usando software comercial. Esse software aplica métodos de regressão linear normalizada ou de ajuste em curva para definir um polinômio que descreve a curvatura das faces internas dos defletores do rotor para determinadas concretizações aqui descritas.

[000102] Cada concretização selecionada de um rotor quando é visto em seção transversal num plano desenhado por meio do eixo rotacional tem quatro regiões de perfis gerais que têm, cada qual, características de forma distintas, como ilustradas na Figura 13A. Figura 13B é o perfil das características de forma de um rotor específico que foi produzido pelo uso do polinômio. Ao longo do eixo X (o qual é uma linha que se estende do cubo do rotor através do centro do bico do rotor e é coaxial com o eixo X-X rotacional), dimensões reais do rotor são tomadas e divididas por  $B_2$  (a largura de saída do rotor) para produzir um valor normalizado  $X_n$ . Ao longo do eixo Y (o qual é uma linha que se estende em ângulos retos ao eixo rotacional X-X e no plano da face principal interna do defletor traseiro), dimensões reais do rotor são tomadas e divididas por  $0,5 \times D_2$  (metade do diâmetro externo do rotor) para produzir um valor normalizado  $Y_n$ . Os valores de  $X_n$  e  $Y_n$  são, então, regressados para calcular um polinômio para descrever o perfil da região (2) que é a face interna real na região da entrada do rotor, e o perfil da região (4) que é o perfil curvo da região de bico do rotor.

[000103] Numa concretização onde  $D_2$  é 550 mm e  $B_2$  é 72 mm, a região (2) do perfil é definida por:

$$y_n = -2,3890009903x_n^5 + 19,4786939775x_n^4 - 63,2754154980x_n^3 + 102,6199259524x_n^2 - 83,4315403428x + 27,7322233171.$$

[000104] Numa concretização onde  $D_2$  é 550 mm e  $B_2$  é 72mm, a região (4) do perfil é definida por:

$$y = -87,6924201323x_n^5 + 119,7707929717x_n^4 - 62,3921978066x_n^3 + 16,0543468684x_n^2 - 2,7669594052x + 0,5250083657.$$

[000105] Numa concretização onde  $D_2$  é 1560 mm e  $B_2$  é 190 mm, a região (2) do perfil é definida por:

$$y_n = -7,0660920862x_n^5 + 56,8379443295x_n^4 - 181,1145997000x_n^3 + 285,9370452104x_n^2 - 223,9802206897x + 70,2463717260$$

[000106] Numa concretização onde  $D_2$  é 1560 mm e  $B_2$  é 190 mm, a região (4) do perfil é definida por:

$$y_n = -52,6890959578x_n^5 + 79,4531495101x_n^4 - 45,7492175031x_n^3 + 13,0713205894x_n^2 - 2,5389732284x + 0,5439201928.$$

[000107] Numa concretização onde  $D_2$  é 712 mm e  $B_2$  é 82 mm, a região (2) do perfil é definida por:

$$y_n = -0,8710521204x_n^5 + 7,8018806610x_n^4 - 27,9106218350x_n^3 + 50,0122747105x_n^2 - 45,1312740213x + 16,9014790579.$$

[000108] Numa concretização onde  $D_2$  é 712 mm e  $B_2$  é 82 mm, a região (4) do perfil é definida por:

$$y_n = -66,6742503139x_n^5 + 103,3169809752x_n^4 - 60,6233286019x_n^3 + 17,0989215719x_n^2 - 2,9560300900x + 0,5424661895.$$

[000109] Numa concretização onde  $D_2$  é 776 mm e  $B_2$  é 98 mm, a região (2) do perfil é definida por:

$$y_n = -0,2556639974x_n^5 + 2,6009971578x_n^4 - 10,5476726720x_n^3 + 21,4251116716x_n^2 - 21,9586498788x + 9,5486465528.$$

[000110] Numa concretização onde  $D_2$  é 776 mm e  $B_2$  é 98 mm, a região

(4) do perfil é definida por:

$$y_n = -74,2097253182x_n^5 + 115,5559502836x_n^4 - 67,8953477381x_n^3 + 19,1100516593x_n^2 - 3,2725057764x + 0,5878323997.$$

[000111] Na descrição acima de determinadas concretizações exemplares, terminologia específica foi usada para fins de clareza. No entanto, a invenção não se destina a ser limitada aos termos específicos assim selecionados, e deve ser entendido que cada termo específico inclui todos os equivalentes técnicos que operam de uma maneira semelhante para executar um propósito técnico semelhante. Termos tais como “frontal” e “traseiro”, “acima” e “abaixo” e afins são usados como palavras de conveniência para oferecer pontos de referência, não devendo ser interpretados e construídos como termos limitantes.

[000112] A referência nessa especificação a qualquer publicação anterior (ou informação derivada da mesma), ou a qualquer matéria que seja conhecida, não é, e não deve ser considerada como um reconhecimento ou uma admissão ou qualquer forma de sugestão de que tal publicação anterior (ou informação derivada dela) ou matéria conhecida faça parte do conhecimento geral comum no campo de esforço ao qual a presente especificação se relaciona.

[000113] Por fim, deve-se entender que várias alterações, modificações, e/ou adições podem ser incorporadas às diversas construções e disposições de partes sem se afastar do escopo da invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Rotor (40) especificamente adaptado para ser montado dentro de uma câmara (20) de uma bomba centrífuga para rotacionar em torno de um eixo de rotação central x-x, o rotor (40) incluindo um defletor frontal (50), um defletor traseiro (51) e uma pluralidade de hélices de bombeamento (42) entre eles, cada hélice de bombeamento (42) tendo uma borda anterior (43) na região de uma entrada (48) do rotor e uma borda traseira, dito defletor frontal (50) com uma face arqueada interna na região da entrada (48) do rotor, dito defletor traseiro (51) incluindo uma face principal interna e um bico (47) tendo um perfil curvo com uma ponta do bico na região do eixo central que se estende em direção ao defletor frontal, caracterizado pelo fato de a face arqueada interna do defletor frontal (50) ter um raio de curvatura ( $R_s$ ) na faixa de 0,05 a 0,16 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor, havendo uma região de transição curvada entre tal face principal interna e tal bico (47) do defletor traseiro (51), em que  $F_r$  é o raio de curvatura da região de transição, a razão  $F_r/D_2$  sendo de 0,32 a 0,65.

2. Rotor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que  $I_{nr}$  é o raio de curvatura do perfil curvo do bico (47), a razão  $I_{nr}/D_2$  sendo de 0,10 a 0,33.

3. Rotor, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a razão  $I_{nr}/D_2$  é de 0,17 a 0,22.

4. Rotor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que há passagens entre hélices de bombeamento adjacentes (42) e em que uma ou mais das passagens têm uma ou mais hélices guia de descarga associadas a isso, a dita ou cada hélice guia de descarga estando localizada em uma face principal de pelo menos um dos defletores (50, 51).

5. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que cada hélice de bombeamento (42) possui uma borda anterior da hélice tendo um raio  $R_v$  na faixa de 0,18 a 0,19 da espessura da hélice de bombeamento  $T_v$  da sua porção principal.

6. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o raio de curvatura  $R_s$  está na faixa de 0,08 a 0,15 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor.

7. Rotor, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o raio de curvatura  $R_s$  está na faixa de 0,11 a 0,14 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor.

8. Rotor, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o raio de curvatura  $R_s$  está na faixa de 0,12 a 0,14 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor.

9. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a razão  $F_r/D_2$  é de 0,41 a 0,52.

10. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que  $I_{\text{bico}}$  é a distância de um plano que contém a face principal interna do defletor traseiro (51) até a ponta do bico em ângulos retos ao eixo central, e  $B_2$  é a largura da hélice de bombeamento, e a razão  $I_{\text{bico}}/B_2$  sendo de 0,25 a 0,75.

11. Rotor, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a razão  $I_{\text{bico}}/B_2$  é de 0,4 a 0,65.

12. Rotor, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a razão  $I_{\text{bico}}/B_2$  é de 0,48 a 0,56.

13. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que cada hélice de bombeamento (42) tem uma porção principal da hélice entre as porções da borda anterior (43) e da borda traseira (44) na mesma, aquela porção da borda anterior da hélice tendo um comprimento afunilado de transição ( $L_t$ ) e uma borda anterior com um raio  $R_v$  na faixa de 0,09 a 0,45 da espessura  $T_v$  de uma porção principal da hélice.

14. Rotor, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a borda anterior (43) da hélice tem um raio  $R_v$  na faixa de 0,125 a 0,31 da espessura  $T_v$  da porção principal da hélice.

15. Rotor, de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que a borda anterior (43) da hélice tem um raio  $R_v$  na faixa de 0,18 a 0,19 da espessura  $T_v$  da porção principal da hélice.

16. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 15, caracterizado pelo fato de que a espessura  $T_v$  da porção principal da hélice está na faixa de 0,03 a 0,11 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor.

17. Rotor, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a espessura da hélice de bombeamento  $T_v$  da porção principal da hélice está na faixa de 0,055 a 0,10 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor.

18. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 17, caracterizado pelo fato de que cada hélice de bombeamento (42) possui um comprimento de transição  $L_t$  entre a borda anterior e espessura total da hélice, estando o comprimento de transição na faixa de  $0,5 T_v$  a  $3 T_v$ .

19. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 18, caracterizado pelo fato de que a espessura da porção principal é constante ao longo de seu comprimento.

20. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que cada hélice de bombeamento (42) possui uma borda anterior da hélice com um raio  $R_v$  na faixa de 0,09 a 0,45 da espessura  $T_v$  da porção principal.

21. Rotor, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a borda anterior da hélice tem um raio  $R_v$  na faixa de 0,125 a 0,31 da espessura  $T_v$  da porção principal.

22. Rotor, de acordo com a reivindicação 20 ou 21, caracterizado pelo fato de que a borda anterior da hélice tem um raio  $R_v$  na faixa de 0,18 a 0,19 da espessura  $T_v$  da porção principal.

23. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 20 a 22, caracterizado pelo fato de que a espessura  $T_v$  da porção principal de cada hélice está na faixa de 0,03 a 0,11 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor.

24. Rotor, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que a espessura  $T_v$  da porção principal de cada hélice está na faixa de 0,055 a 0,10 do diâmetro externo ( $D_2$ ) do rotor.

25. Rotor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 20 a 24, caracterizado pelo fato de que cada hélice tem um comprimento de transição  $L_t$  entre a borda anterior e a espessura total da hélice, estando o comprimento de transição na faixa de  $0,5 T_v$  a  $3 T_v$ .



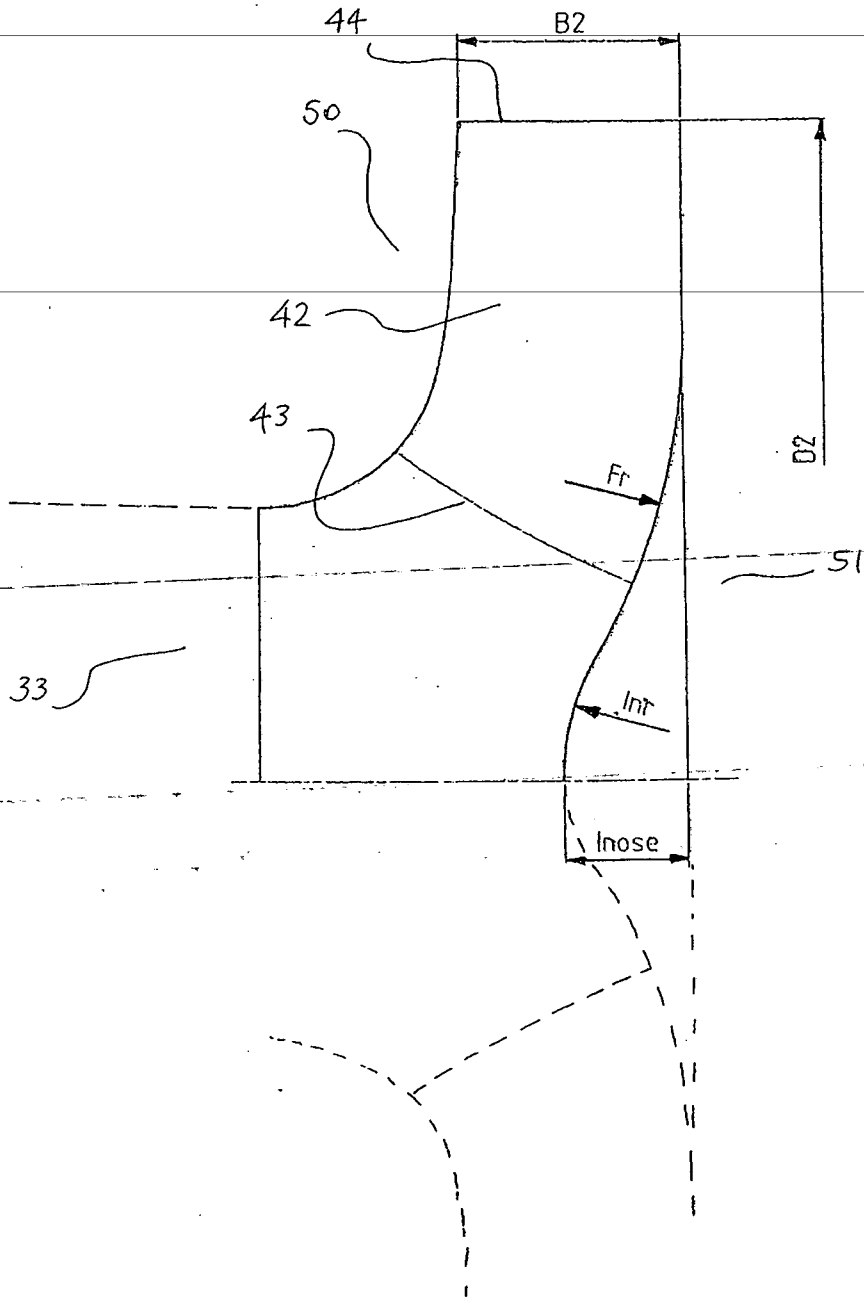


FIG.1A

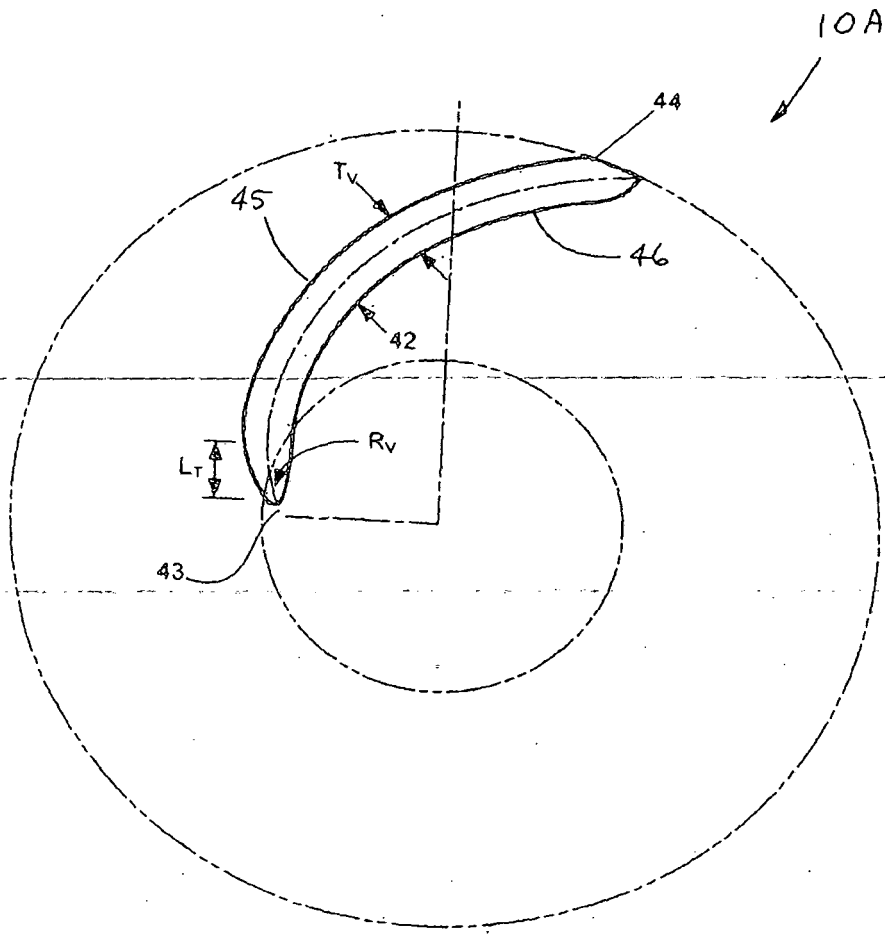
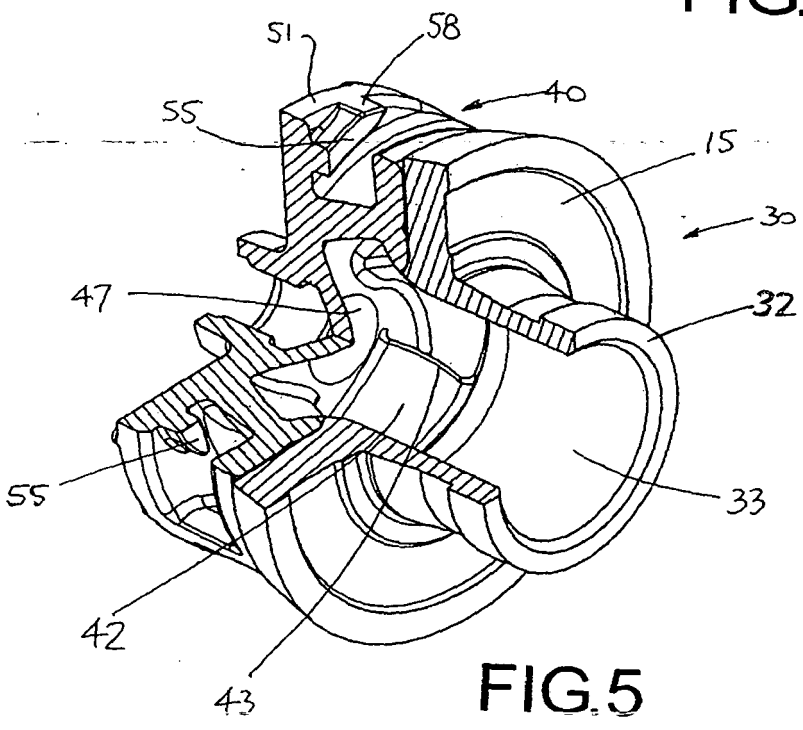
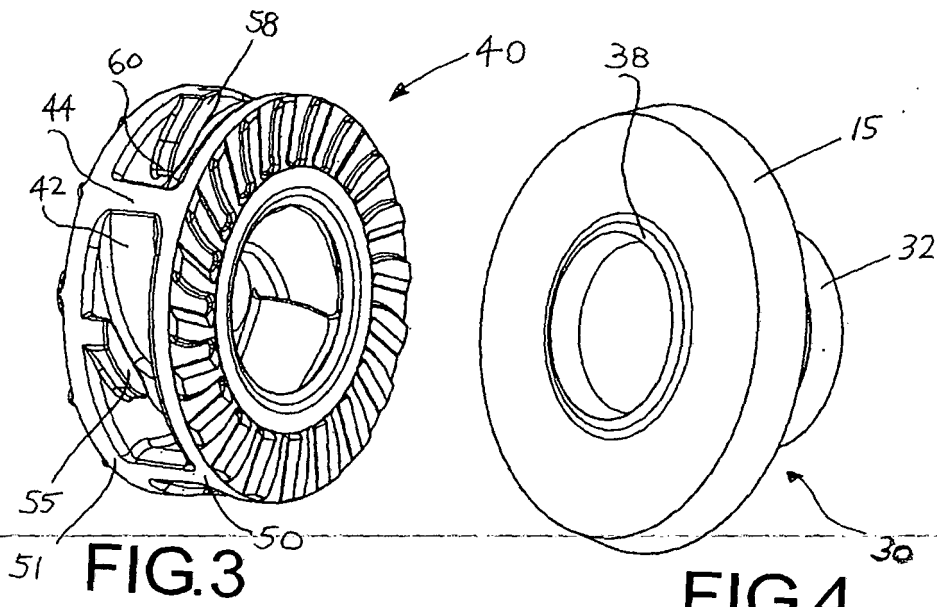


FIG.2



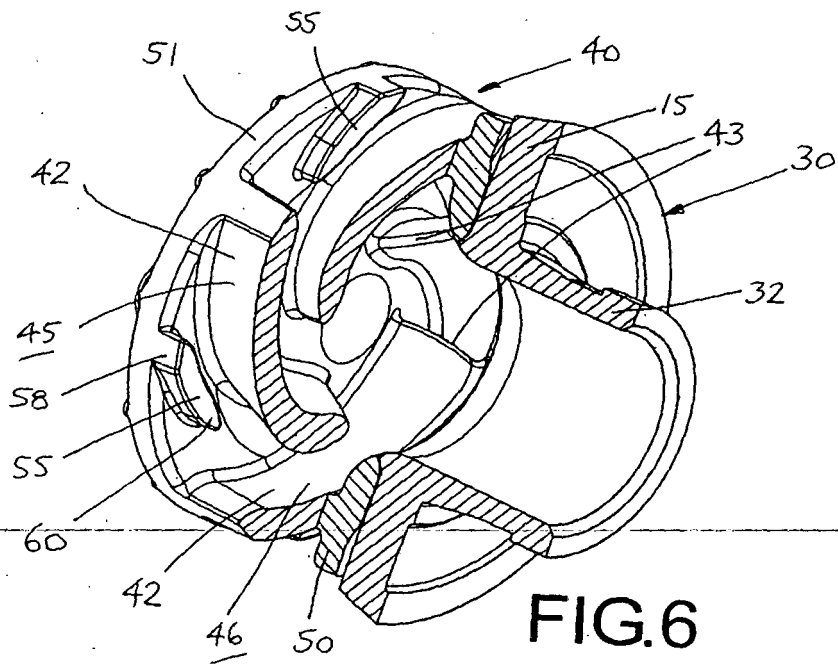


FIG. 6

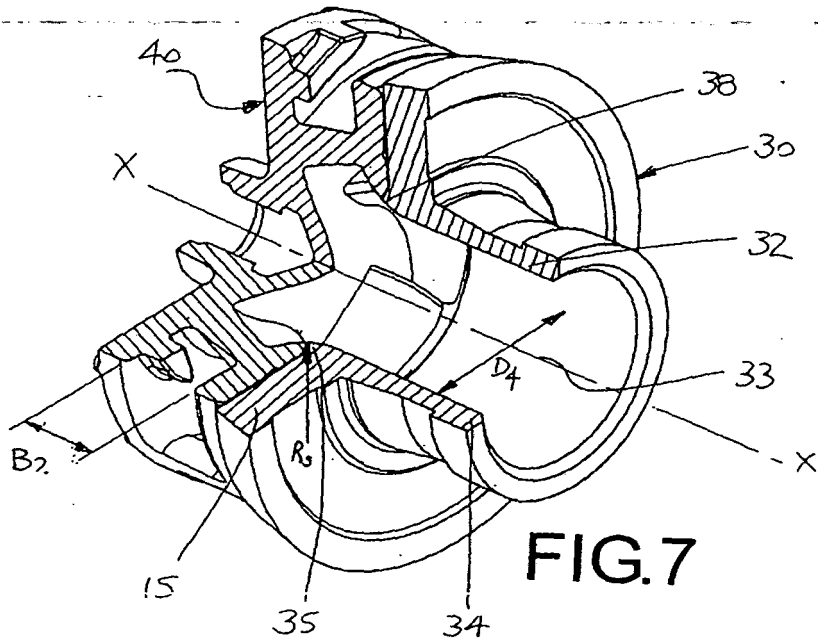
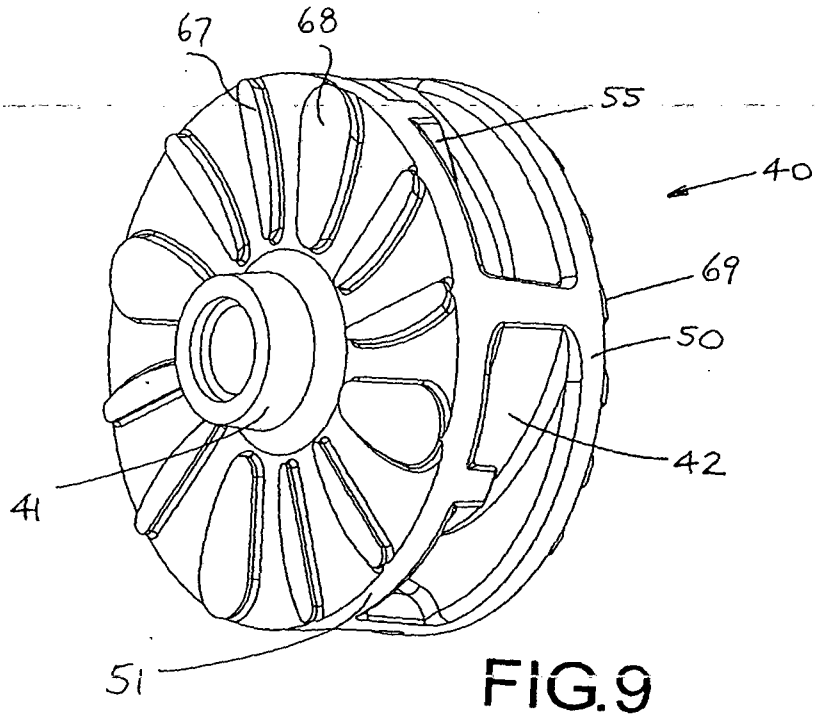
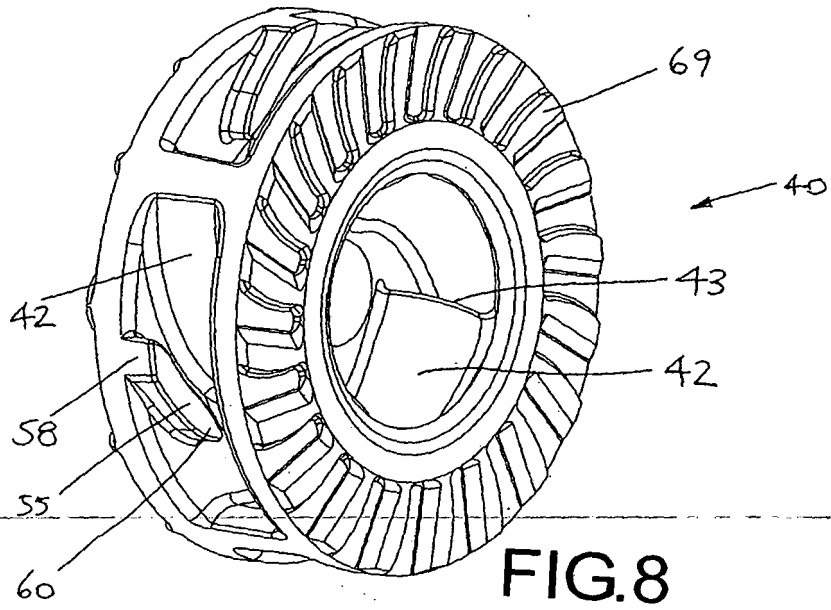


FIG. 7



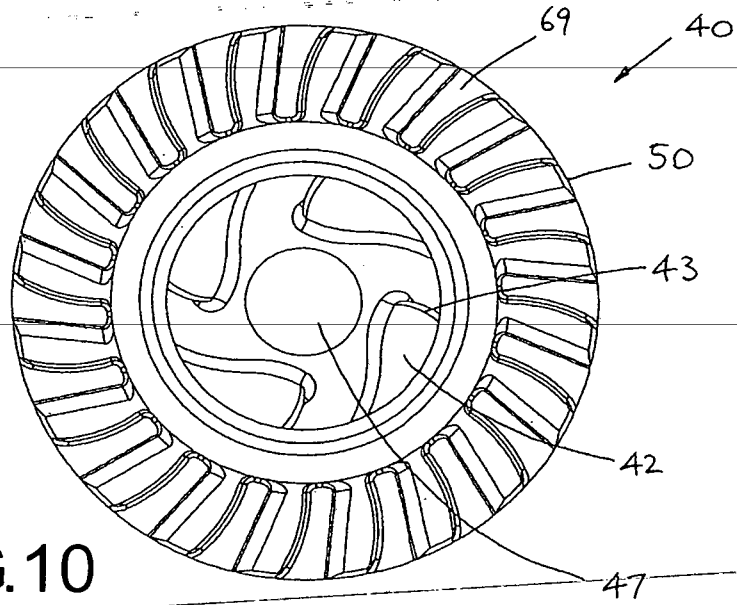


FIG. 10

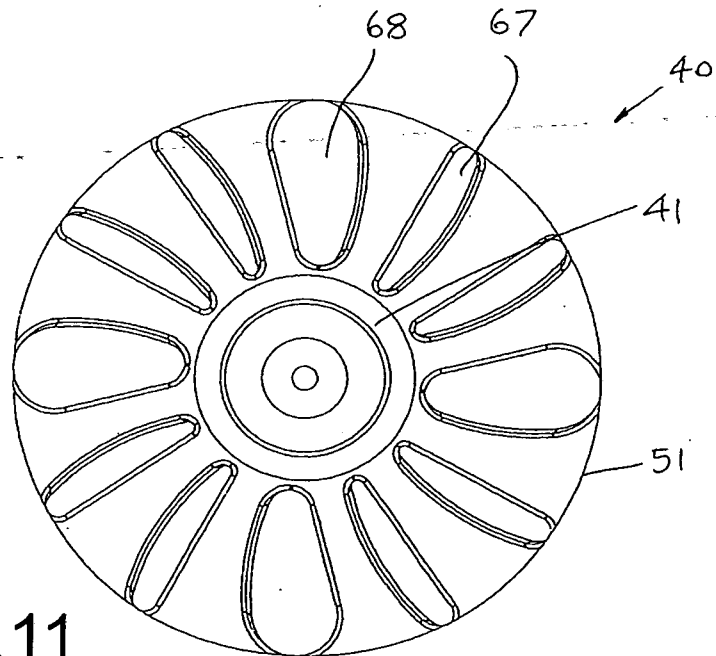


FIG. 11

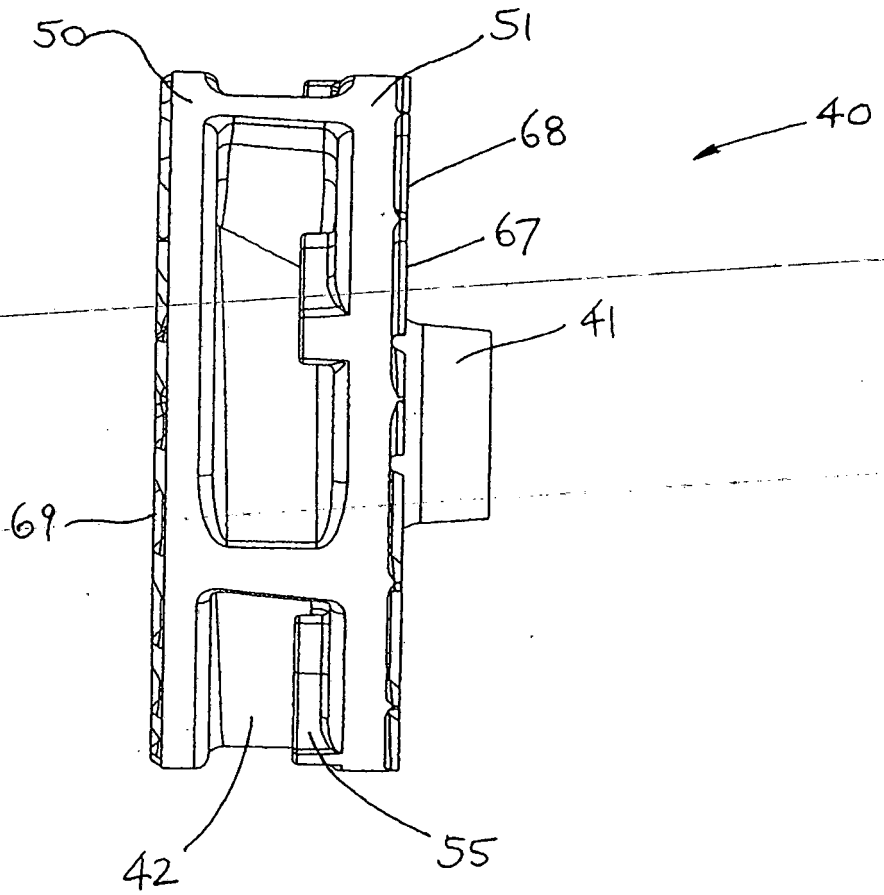


FIG.12

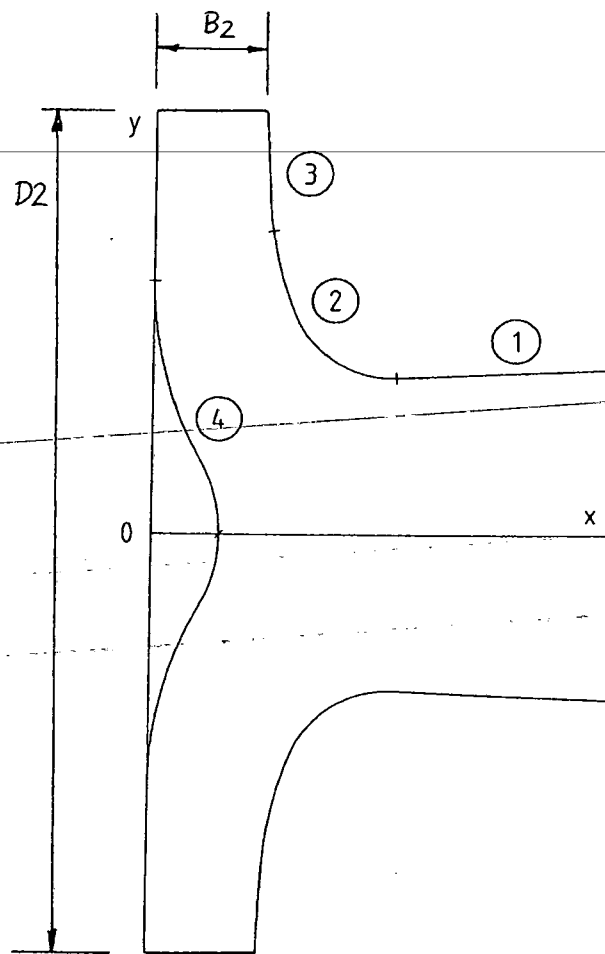
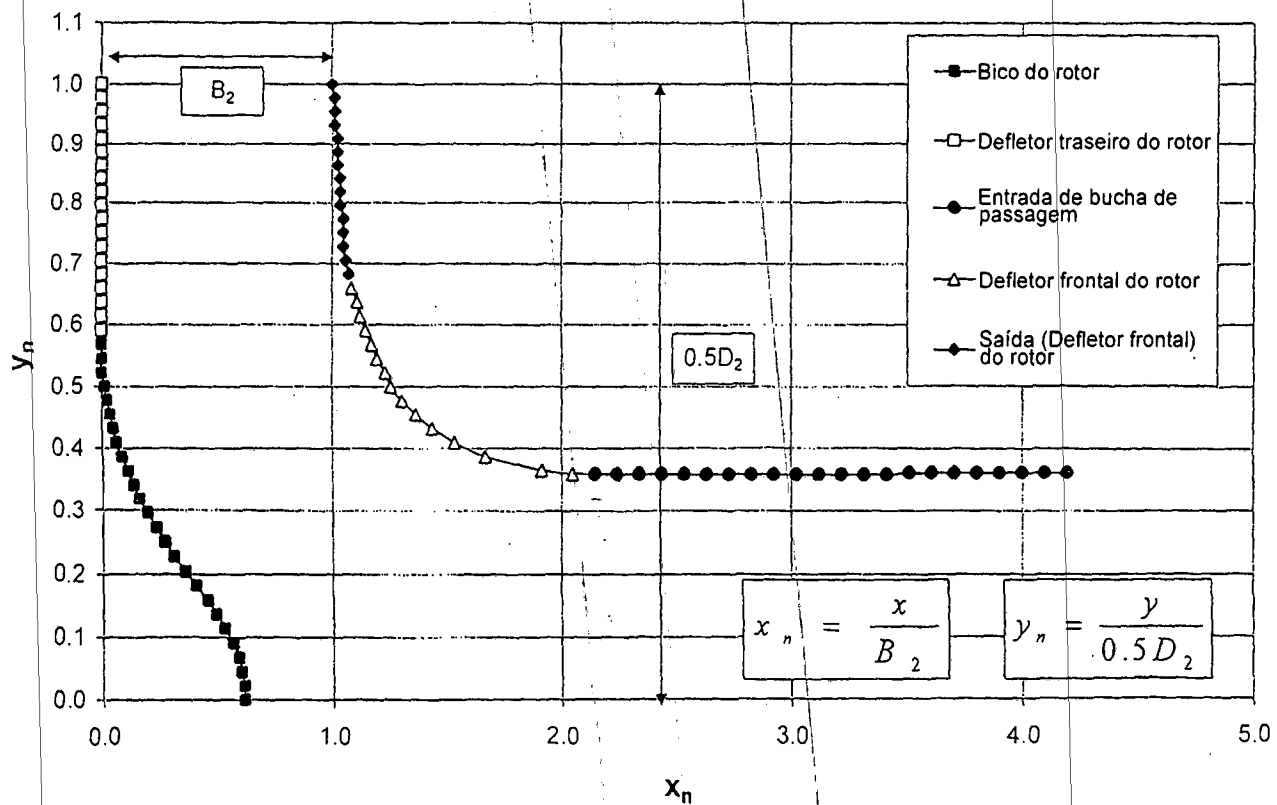


FIG. 13A



$x$  Dimensão do rotor paralelo ao eixo do rotor

$y$  Dimensão do rotor perpendicular ao eixo do rotor

FIG.13B