



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

(11) PI 0707622-3 B1



(22) Data do Depósito: 05/02/2007

(45) Data de Concessão: 24/09/2019

(54) Título: VEDAÇÃO DINÂMICA E MÉTODO DE RETORNO DE LUBRIFICANTE

(51) Int.Cl.: F16J 15/32.

(30) Prioridade Unionista: 10/02/2006 US 11/351,973.

(73) Titular(es): FREUDENBERG-NOK GENERAL PARTNERSHIP.

(72) Inventor(es): ALEXANDER BERDICHEVSKY.

(86) Pedido PCT: PCT US2007003177 de 05/02/2007

(87) Publicação PCT: WO 2007/095015 de 23/08/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 11/08/2008

(57) Resumo: VEDAÇÃO COM TAXA DE BOMBA CONTROLÁVEL. A presente invenção refere-se a uma vedação dinâmica que vantajosamente utiliza uma ranhura no lado ativo ou superfície da vedação para capturar um lubrificante vazado e hidrodinamicamente bombear o lubrificante de volta no lado lubrificante da vedação. A ranhura pára perto da borda condutora da vedação que faceia o lado lubrificante formando desse modo um bloqueio estático entre o ponto de terminação da ranhura e a borda de vedação. Quando a pressão do fluido dentro da ranhura adjacente ao bloqueio estático excede a pressão de abertura para a borda de vedação, o lubrificante dentro da ranhura é bombeado de volta no lado lubrificante da vedação. A ranhura pode ter uma zona de indução em que a elevação da pressão do fluido é gradual e uma zona do impulsor em que a elevação da pressão do fluido é relativamente mais rápida do que na zona de indução. A zona do impulsor é disposta adjacente ao bloqueio estático.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"VEDAÇÃO DINÂMICA E MÉTODO DE RETORNO DE LUBRIFICANTE"**.

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a vedações de eixo dinâmicas e,
5 mais particularmente, a um projeto de vedação de eixo dinâmica com uma taxa de bomba controlável.

Antecedentes da Invenção

Vedações de eixo giratório têm sido usadas em maquinário, na indústria automobilística, bem como em outras indústrias. A vedação tem um
10 lado de ar e um lado lubrificante. A vedação ajuda a manter o lubrificante (por exemplo, óleo) no lado lubrificante. O lubrificante pode, no entanto, vazar do lado lubrificado para o lado não lubrificado (ar) através da interação da superfície ativa da vedação com o eixo. Vários arranjos foram projetados para capturar o lubrificante vazado e soltá-lo de volta no lado vedado. Em
15 um, as ranhuras em espiral ou arestas desenvolvidas (daqui por diante coletivamente referidas como ranhuras) dispostas no lado ativo da vedação, capturam o lubrificante vazado e hidrodinamicamente bombeiam o lubrificante de volta no lado lubrificado devido à rotação relativa entre a vedação e o eixo em torno do qual a vedação está disposta.

20 As ranhuras usadas para hidrodinamicamente bombearem o lubrificante são abertas no lado do óleo da vedação e se comunicam com o lubrificante neste lugar. Ter as ranhuras abertas no lado do óleo da vedação cria problemas potenciais. Por exemplo, podem se desenvolver vazamentos estáticos. Adicionalmente, pode também ocorrer vazamento de ar durante o
25 teste de pressurização do maquinário em que a vedação está sendo usada no final do estágio de montagem. Em uma tentativa de abordar esses obstáculos, os pontos de saída das ranhuras em espiral no lado do óleo foram bloqueados. Bloquear o ponto de saída no lado do óleo, no entanto, reduz a taxa da bomba tão significativamente que a performance de vedação degrada e faz o uso de tal vedação não prática e/ou impossível. Uma outra tentativa
30 para abordar esses obstáculos é bloquear a ranhura de bombeamento não no ponto de saída no lado interno, mas de 2 a 3 voltas da ranhura em

direção ao lado de ar. Fazer assim também reduz a taxa da bomba, mas não à extensão onde a performance da vedação degrada muito. Esse bloqueio, no entanto, leva a outras dificuldades. A mais pronunciada dificuldade é a estagnação de óleo próximo ao ponto de saída. Isso, por sua vez, leva a coquificação do óleo na ranhura e eventualmente à falha de vedação. Dessa maneira, seria vantajoso fornecer uma vedação que efetivamente usasse as ranhuras para hidrodinamicamente bombear o lubrificante de volta ao lado lubrificante embora minimizando e/ou eliminando os obstáculos mencionados acima.

10 A vedação com uma taxa de bomba controlável de acordo com o princípio da presente invenção vantajosamente utiliza uma ranhura no lado ativo ou superfície da vedação a capturar o lubrificante vazado e hidrodinamicamente bombear o lubrificante de volta no lado lubrificado. A ranhura se estende ao longo de uma porção do lado ativo da vedação. A ranhura, no entanto, não se estende para a borda condutora da vedação que faceia o lado lubrificante. De preferência, a ranhura pára perto da borda condutora formando dessa maneira um bloqueio estático ou banda entre a ranhura e a borda de vedação no lado lubrificante da vedação. O lubrificante que vaza além da borda de vedação no lado lubrificante é capturado nas ranhuras e

15 direcionado de volta para o lado lubrificante devido à rotação relativa entre a vedação e o eixo em que a vedação está disposta. A pressão de fluido dentro da ranhura cresce até alcançar um valor crítico em que a pressão do fluido na ranhura excede a pressão de abertura da borda de vedação e o lubrificante então escapa no lado lubrificante da vedação. Em algumas modalidades, a configuração da ranhura é tal que uma zona de indução é formada por uma porção das ranhuras e uma zona impulsora é formada por uma porção diferente das ranhuras. A zona impulsora é adjacente ao bloqueio estático. O crescimento da pressão do fluido é relativamente lento na zona de indução e se torna relativamente rápido na zona impulsora.

20 O uso de um bloqueio estático na vedação da presente invenção evita vantajosamente o vazamento estático e problemas associados com fluxo de fluido insuficiente (coquificação, carbonização, etc.). Uma outra van-

tagem da presente invenção é que alguma quantidade de lubrificante está sempre presente na ranhura antes do bloqueio estático levantar. Esse lubrificante fornece lubrificação da borda de vedação aperfeiçoada reduzindo dessa maneira o desgaste e efetivamente removendo o lubrificante coqueificado e os resíduos que por sua vez podem estender o tempo de vedação.

Em um aspecto da presente invenção, uma vedação dinâmica inclui um lado lubrificante e um lado não-lubrificante. Uma porção de vedação é operável para engatar com e vedar contra um eixo. A porção de vedação inclui uma superfície ativa comunicando-se com o lado não-lubrificante e uma borda de vedação em uma extremidade dela. A borda de vedação faz face ao lado lubrificante e define uma abertura em que um eixo pode estar disposto. A superfície ativa é operável para engatar com e vedar contra um eixo disposto na abertura. Existe pelo menos um elemento de bombeamento se estendendo ao longo da superfície ativa e parando perto da borda de vedação. O elemento de bombeamento tem um ponto de início e um ponto de término. O elemento de bombeamento é operável para capturar o lubrificante que vaza além da borda de vedação e bombear o lubrificante em direção ao ponto de terminação e de volta no lado lubrificante devido à rotação relativa entre a superfície ativa e um eixo.

Em um outro aspecto da presente invenção, é descrita uma outra vedação dinâmica. A vedação dinâmica tem tanto um lado lubrificante quanto um lado não-lubrificante. Uma superfície ativa é operável para vedar contra um eixo. Pelo menos uma ranhura se estende ao longo da superfície ativa do lado não-lubrificante em direção ao lado lubrificante com uma porção da superfície ativa disposta entre a ranhura e o lado lubrificante. A ranhura é operável para capturar o lubrificante que vaza entre a superfície ativa e o eixo e bombear o lubrificante capturado no lado lubrificante além da porção da superfície ativa. Uma primeira porção da ranhura tem uma primeira característica. Uma segunda porção da ranhura tem uma segunda característica diferente da primeira característica. A segunda porção da ranhura é mais próxima do lado lubrificante do que a primeira porção da ranhura.

Ainda em um outro aspecto da presente invenção, é descrito um

método de retornar o lubrificante que vaza além de uma vedação dinâmica em um eixo de volta a um lado lubrificante da vedação. O método inclui: (1) capturar o lubrificante que vaza além da vedação em uma ranhura em uma superfície ativa da vedação, a ranhura parando perto do lado lubrificante da vedação; (2) bombear o lubrificante capturado na ranhura de volta em direção ao lado lubrificante da vedação; (3) aumentar uma pressão de fluido na ranhura conforme a ranhura se aproxima do lado lubrificante da vedação; (4) desalojar uma porção da vedação adjacente ao lado lubrificante fora do eixo com a pressão do fluido na ranhura; (5) retornar o lubrificante capturado na ranhura de volta ao lado lubrificante da vedação através de uma ranhura entre a porção desalojada da vedação e do eixo.

Adicionais áreas de aplicabilidade da presente invenção tornar-se-ão aparentes a partir da descrição detalhada fornecida daqui por diante. Deve ser entendido que a descrição detalhada e os exemplos específicos, embora indicando a modalidade preferida da invenção, são pretendidos somente para propósitos de ilustração e não são pretendidos limitar o escopo da invenção.

Breve Descrição dos Desenhos

A presente invenção tornar-se-á mais completamente entendida a partir da descrição detalhada e desenhos em anexo, em que:

A figura 1 é uma vista em perspectiva simplificada da vedação da presente invenção.

A figura 2 é uma vista em corte transversal da vedação da figura 1 disposta em torno de um eixo.

A figura 3 é uma vista em corte transversal fragmentada ampliada do lado ativo da vedação dentro do círculo 3 da figura.

A figura 4 é um gráfico da pressão lubrificante hipotética na ranhura como uma função de distância para uma configuração de vedação na figura 3.

As figuras 5A – 5E são representações fragmentadas de várias configurações ou geometria em corte transversal alternadas para as ranhuras usadas na vedação de acordo com o princípio da presente invenção.

A figura 6 é uma modalidade alternada da vedação da figura 1 mostrando uma configuração de ranhura diferente.

A figura 7 é uma modalidade alternada da vedação da figura 1 mostrando uma configuração da ranhura em que nenhuma zona impulsora é utilizada.

A figura 8 é uma representação esquemática simplificada de uma vista plana de topo da superfície ativa da vedação da figura 1 mostrando duas ranhuras distintas se estendendo ao longo da superfície ativa da vedação.

10 Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

A descrição a seguir da(s) modalidade(s) preferida(s) é meramente exemplar em natureza e não está de forma alguma pretendida limitar a invenção, sua aplicação ou usos.

Com referência às figuras 1-3, é mostrada uma vedação dinâmica 20 de acordo com a modalidade preferida da presente invenção. A vedação 20 é montada a um invólucro 22 que está disposto em um alojamento fixado 24 (melhor mostrado na figura 2) de uma maneira que é bem conhecida na técnica. A vedação 20 engata um eixo giratório 28 e fornece uma relação vedada entre o eixo giratório 28 e o alojamento 24 em que o invólucro 22 está disposto. Com referência à figura 2, a vedação 20 inclui uma porção de montagem 30 tendo um recesso anular nela. Uma porção de montagem 22a do invólucro 22 reside dentro do recesso anular 32. Deve ser percebido que a porção de montagem 30 e o invólucro 22 podem tomar quaisquer conformações e formas e não é considerado que sejam particularmente relevantes para a presente invenção. A porção de montagem 30 é montada no invólucro 22 que pode ser feito de plástico ou metal e a porção de montagem 30 pode ser ligada a ele de acordo com técnicas de montagem bem conhecidas.

A vedação 20 inclui uma abertura central 36 através da qual o eixo 28 está disposto. O diâmetro da abertura 36 é dimensionado para ser menor do que o diâmetro do eixo 28 para fornecer uma elevação desejada entre eles. Isto é, a porção de vedação 20 próxima à abertura 36 irá defor-

mar conforme a vedação 20 está posicionada no eixo 28. A deformação da vedação 20 é resistida e uma vedação estanque a fluido é formada contra o eixo 28.

A vedação 20 tem uma porção de vedação conformada em cone 40 que se estende axial e radialmente da porção de montagem 30. A abertura 36 está localizada na porção de vedação 40. A porção de vedação 40 tem um lado/superfície ativo 44 que se engata com o eixo 28. A porção de vedação 40 também inclui um lado/superfície não ativo 48 que é oposto à superfície ativa 44. A superfície não ativa não se engata com o eixo 28. Uma borda ou borda de vedação condutora 52 separa a superfície ativa 44 e a superfície não ativa 48. A superfície ativa 44 é exposta ao lado de ar 49 enquanto a superfície não ativa 48 e a borda de vedação 52 são expostas ao lado lubrificante (por exemplo, óleo) 50.

Pelo menos uma ranhura 60 (duas ranhuras são mostradas na figura 8) está localizada na superfície ativa 44 e espirala em torno do eixo 28 com as porções 62 da superfície ativa 44 dispostas entre elas. A ranhura 60 se estende axialmente ao longo da superfície ativa 44 conforme ela se enrola em torno do eixo 28 com as porções 62 da superfície ativa 44 dispostas entre elas. O paço da ranhura 60 pode variar e, se desejado, pode ser uniforme ou constante. A ranhura 60 pode ser em cone, cortada em ou de outra maneira formada ao longo da superfície ativa 44.

A ranhura 60 é um elemento de bombeamento hidrodinâmico. A ranhura 60 captura o lubrificante que penetra além da borda de vedação 52 e bombeia o lubrificante capturado de volta no lado lubrificante 50. Uma rotação relativa entre a superfície ativa 44 e o eixo 28 faz com que o lubrificante capturado dentro da ranhura 60 seja direcionado para o lado lubrificante 50 e passe a borda de vedação 52, como descrito abaixo.

Com referência agora à figura 3, detalhes da superfície ativa 44 e da ranhura 60 são aqui mostrados. A ranhura 60 pode ser uma ranhura única que se estende de maneira helicoidal ou em espiral ao longo da superfície ativa 44 entre o ponto de início 64 e um ponto de terminação 68. Alternativamente, como mostrado na figura 8, a vedação 20 pode ter múltiplas

ranhuras 60 que se estendem de maneira helicoidal ou em espiral ao longo da superfície ativa 44. Por exemplo, como mostrado, uma primeira ranhura 60a pode se estender do ponto de início 64a para o ponto de terminação 68a enquanto uma segunda ranhura 60b se estende do ponto de início 64b para o ponto de terminação 68b. As ranhuras 60a, 60b não intersectam uma na outra. Adicionalmente, as 60a, 60b espiralam ao longo da superfície ativa 44 na mesma direção. A direção em que as ranhuras 60a, 60b espiralam determina a direção em que o lubrificante capturado é levado devido a rotação relativa entre a vedação 20 e o eixo 28. Com ambas as ranhuras 60a, 60b espiralando na mesma direção, as ranhuras 60a, 60b fornecem uma ação de bombeamento unidirecional de modo que ambas as ranhuras 60a, 60b bombeiam lubrificante nesse lugar na mesma direção. Embora a vedação 20 seja mostrada como tendo tanto uma quanto duas ranhuras 60, deve ser apreciado que mais do que duas ranhuras podem ser utilizadas, se desejado.

15 A ranhura 60 pára perto de alcançar a borda de vedação 52. Especificamente, um bloqueio estático 70 está disposto entre a borda de vedação 52 e o ponto de terminação 68. O bloqueio estático 70 é adjacente à borda de vedação 52 e está em contato direto com o eixo 28 e forma uma vedação em oposição à vedação. Para facilitar o bombeamento hidrodinâmico de lubrificante vazado de volta para o lado lubrificante 50, uma ranhura 60 inclui duas regiões distintas ou seções 74, 76. A primeira região 74 é referida como a zona de indução enquanto a segunda região 76 é referida como a zona do impulsor. A zona de indução 74 é caracterizada pela ranhura 60 tendo uma área em seção transversal que é substancialmente constante. 20 Ao contrário, a zona do impulsor 76 é caracterizada por ter uma área em seção transversal que diminui a zero conforme a ranhura 60 se aproxima do ponto de terminação 68 adjacente ao bloqueio estático 70. Na modalidade preferida, a largura W da ranhura 60 tanto na zona de indução 74 quanto na zona do impulsor 76 é a mesma enquanto a profundidade da ranhura 60 na zona de indução 74 é diferente da profundidade da ranhura 60 na zona do impulsor 76. Especificamente, na zona de indução 74 a profundidade da ranhura 60 é substancialmente constante enquanto na zona do 30

impulsionador 76 a profundidade da ranhura 60 diminui conforme a ranhura 60 se aproxima do ponto de terminação 68. Por conseguinte, a área em seção transversal da ranhura 60 na zona de indução 74 é substancialmente constante enquanto a área em seção transversal da ranhura 60 na zona do impulsor 76 se aproxima de zero conforme a ranhura 60 se aproxima do ponto de terminação 68. A área em seção transversal da ranhura 60 na zona do impulsor 76 vantajosamente facilita o retorno de lubrificante da ranhura 60 de volta para o lado lubrificante 50, como descrito abaixo.

Com referência à figura 4, é mostrado um exemplo hipotético da pressão do fluido (curva 82) dentro da ranhura 60 como uma função da posição dentro da ranhura 60, a rotação relativa entre a vedação 20 e o eixo 28 aciona o lubrificante em direção ao ponto de terminação 68. Como resultado, a pressão de fluido dentro da ranhura 60 aumenta conforme o ponto de terminação 68 é aproximado. No projeto da ranhura da presente invenção, o crescimento da pressão do fluido (curva 82a) na zona de indução 74 é uma taxa menor (mais lenta) do que o crescimento da pressão do fluido (curva 82b) dentro da zona do impulsor 76. Especificamente, devido à área em seção transversal substancialmente uniforme da ranhura 60 na zona de indução 74, a pressão do fluido cresce em uma taxa relativamente lenta que pode ou não pode ser uma taxa constante. Quando o lubrificante entra na zona do impulsor 76, no entanto, a redução da área em seção transversal da ranhura 60 nesse lugar faz com que a pressão do fluido aumente mais rapidamente conforme a ranhura 60 se aproxima do ponto de terminação 68. A taxa de crescimento da pressão do fluido na zona do impulsor 76 pode ser uma taxa constante ou inconstante. Por conseguinte, o crescimento da pressão do fluido é relativamente lento na zona de indução 74 e se torna relativamente rápida na zona do impulsor 76.

A pressão do fluido dentro da ranhura 60 continua a crescer até um valor crítico (a pressão de abertura na borda de vedação 52, como representado pela linha 84) ser satisfeito ou excedido. Assim que a pressão do fluido satisfaz ou excede o valor crítico, a construção da pressão do fluido na zona do impulsor 76 excede a pressão de abertura na borda de vedação

ção e o lubrificante é bombeado no lado lubrificante 50. Por conseguinte, a pressão dentro da zona do impulsor 76 aumenta para um valor que faz com que o bloqueio estático 70 desaloje o eixo 28 e permite que o lubrificante dentro da ranhura 60 flua de volta para o lado lubrificante 50. Uma vez que a pressão do fluido dentro da ranhura 60 cai abaixo da pressão crítica, o bloqueio estático 70 se move de volta e veda contra o eixo 28 e o fluxo de lubrificante da ranhura 60 no lado lubrificante 50 cessa. O lubrificante irá outra vez começar a coleta dentro da ranhura 60 e fazer com que a pressão do fluido aí aumente. Uma vez que a pressão do fluido exceda o valor crítico outra vez, o bloqueio estático 70 irá se separar do eixo 28 e permitirá que o lubrificante dentro da ranhura 60 outra vez flua no lado lubrificante 50 até tal momento conforme a pressão do fluido cai abaixo do valor crítico. Esse processo continua por toda a operação de vedação 20.

A conformação física e dimensões da ranhura 60 são escolhidas para fornecer uma taxa de bomba que é igual a ou maior do que a taxa de vazamento esperada do lubrificante que passa da borda de vedação 52 para o tempo esperado de vedação 20. Isto é, durante a tempo de vedação 20, a taxa de vazamento além da borda de vedação 52 pode aumentar. As dimensões da ranhura 60 são escolhidas para fornecer uma taxa de bombeamento que satisfaça ou exceda a taxa de vazamento esperada do lubrificante além da borda de vedação 52 junto com o fornecimento de uma elevação da pressão do fluido que exceda o valor crítico para possibilitar que o lubrificante seja bombeado de volta para o lado lubrificante da vedação.

Dependendo da taxa de vazamento do lubrificante que passa a borda de vedação 52, é possível um regime de estado estável da ranhura 60 descarregar o lubrificante de volta no lado lubrificante 50. Isto é, dependendo do projeto da ranhura 60, a performance da borda de vedação 52 e a rotação relativa entre a vedação 20 e o eixo 28, pode ser possível para um fluxo contínuo de lubrificante vazar além da borda de vedação 52, ser capturado pela ranhura 60, e transportado de volta ao lado lubrificante 50 pela manutenção da pressão dentro da ranhura 60 adjacente ao bloqueio estático 70 igual a ou maior do que a pressão crítica. Por conseguinte, deve ser apreci-

ado que o retorno do lubrificante capturado para o lado lubrificante 50 pode ser uma ocorrência de estado não estável ou uma ocorrência de estado estável.

A área em seção transversal substancialmente constante da ranhura 60 na zona de indução 74 e a diminuição da área em seção transversal da ranhura 60 na zona do impulsor 76 vantajosamente facilitam o retorno do lubrificante capturado para o lado lubrificante 50. A área de seção transversal substancialmente constante na zona de indução 74 permite que a pressão do fluido dentro da zona de indução 74 gradualmente aumente conforme o lubrificante se aproxima da zona do impulsor 76. A zona de indução 74 pode ser configurada de modo que durante operação nominal da vedação 20 (isto é, com a vedação 20 experimentando vazamento antecipado normal de lubrificante além da borda de vedação 52) a pressão crítica não seja alcançada. Não alcançando a pressão crítica dentro da zona de indução 74, uma porção maior (esta porção entre a zona de indução 74 e a borda de vedação 52) da superfície ativa 44 pode manter contato com o eixo 28 ajudando dessa maneira a impedir o lubrificante de vazar através da vedação 20. A redução da área em seção transversal da ranhura 60 na zona do impulsor 76 vantajosamente aumenta a pressão do fluido dentro da zona do impulsor 76 acima da pressão crítica 84 em um local que é adjacente ao bloqueio estático 70. A ruptura do contato entre o bloqueio estático 70 e o eixo 28 nesse local reduz a quantidade da superfície ativa 44 que é deslocada de contato imediato com o eixo 28 durante o retorno do lubrificante capturado para o lado lubrificante 50. Deve ser apreciado que embora seja preferido que a área em seção transversal da ranhura 60 dentro da zona de indução 74 seja substancialmente constante, a variação na área em seção transversal é possível. Isto é, pode ser empregada uma variação na área de seção transversal que faz com que a taxa mais lenta da pressão do fluido aumente mais do que na zona do impulsor 76 e/ou evita ou minimiza o potencial para a pressão do fluido nesse lugar para exceder a pressão crítica, ainda que todas as vantagens da presente invenção possam não ser realizadas.

A conformação em seção transversal da ranhura 60 pode variar. Por exemplo, como mostrado na figura 3, a conformação em seção transversal ou geometria da ranhura 60 pode ser triangular. No entanto, como mostrado nas figuras 5A – 5E, outras geometrias ou conformações em seção transversal podem ser empregadas. Por exemplo, a conformação em seção transversal pode ser quadrada ou retangular, como mostrado na figura 5A, curvada ou arredondada, como mostrado na figura 5B, trapezoidal, como mostrado na figura 5C, e/ou inclinado na direção ou para longe da borda de vedação 52, como mostrado nas figuras 5D e 5E, respectivamente. Deve ser apreciado que, embora seja preferido manter a área em seção transversal da ranhura 60 substancialmente constante na zona de indução 74, a geometria da ranhura 60 pode mudar enquanto mantém a área em seção transversal substancialmente constante. Isto é, se desejado, a geometria da ranhura 60 pode mudar (por exemplo, de triangular para retangular), embora mantendo a área em seção transversal substancialmente constante e ainda resultando em uma construção gradual de pressão de fluido dentro da zona de indução 74. A geometria da ranhura 60 pode também mudar na zona do impulsor 76 uma vez que uma redução na área em seção transversal seja alcançada e se aproxime de zero no ponto de terminação. Por conseguinte, a geometria da ranhura 60 pode mudar uma vez que as exigências com respeito à área em seção transversal são satisfeitas.

Com referência agora à figura 6, é mostrada uma primeira modalidade alternada de uma vedação 120 de acordo com os princípios da presente invenção. Na vedação 120, a diminuição da área em seção transversal da zona do impulsor 176 é diferente daquela na modalidade preferida. Especificamente, a profundidade D da ranhura 160 tanto na zona de indução 174 quanto na zona do impulsor 176 permanece substancialmente constante. Para diminuir a área em seção transversal da ranhura 160 dentro da zona do impulsor 176, a largura da ranhura 160 no plano de contato da superfície ativa 144 diminui conforme a ranhura 160 se aproxima do ponto de terminação 168. A diminuição da área em seção transversal da ranhura 160 na zona do impulsor 176 faz com que a pressão do fluido aumente

rapidamente na zona do impulsor 176, permitindo a operação de vedação 120 junto dos mesmos princípios discutidos acima com referência à vedação 20. Deve ser apreciado que a maneira em que a área em seção transversal da ranhura 160 é diminuída dentro da zona do impulsor 176 pode variar daquela mostrada. Por exemplo, pode ser empregada uma combinação de uma diminuição da profundidade e de uma diminuição da largura da ranhura 160 para reduzir a área em seção transversal da ranhura 160 na zona do impulsor 176 conforme a ranhura 160 se aproxima do ponto de terminação 168. Adicionalmente, uma geometria de mudança para a ranhura 160 pode também ser utilizada, como discutido acima.

Com referência agora à figura 7, é mostrada uma segunda modalidade alternada de uma vedação 220 de acordo com os princípios da presente invenção. Nessa modalidade, uma zona do impulsor não é utilizada. De preferência, a ranhura 260 termina no ponto de terminação 268 com o bloqueio estático 270 disposto entre o ponto de terminação 268 e a borda de vedação 252. A área em seção transversal da ranhura 260 é geralmente uniforme por todo seu comprimento. Como resultado, a pressão do fluido dentro da ranhura 260 constrói em um passo gradual até eventualmente superar a pressão crítica (a pressão de abertura da borda de vedação 252) e direcionar o lubrificante capturado de volta ao lado lubrificante 50. O projeto da ranhura 260 é configurado para assegurar que a pressão do fluido dentro da ranhura 260 no ponto de terminação 268 excede a pressão crítica embora mantendo uma taxa de bomba suficiente para levar o lubrificante capturado de volta ao lado lubrificante 50. Por conseguinte, nessa modalidade, a superfície ativa 244 inclui uma ranhura 260 que tem um ponto de terminação 268 que pára perto de alcançar a borda de vedação 252, por conseguinte, formando um bloqueio estático 270 entre elas. Deve ser apreciado que embora a segunda modalidade alternada seja operável para retornar o lubrificante ao lado lubrificante 50 da vedação 220, todos os benefícios de usar a modalidade preferida podem não ser realizados.

As vedações 20, 120, 220 podem ser feitas de uma variedade de composições de material. Por exemplo, a vedação dinâmica pode incluir

plástico, borracha, ou qualquer de uma ampla variedade de elastômeros conhecidos, tais como PTFE, TPE (elastômeros termoplásticos), TPV (vulcanizações termoplásticas), e material de Flouroprene™, uma composição descrita na Patente US 6.806.306, entre outras.

- 5 A vedação de acordo com os princípios da presente invenção tem muitas vantagens. Primeiramente, o vazamento estático e problemas associados com fluxo de fluido insuficiente (coqueificação, carbonização, etc.) são facilmente controlados por ajustar apropriadamente os parâmetros do projeto, e, por conseguinte, fornecer uma função de vedação confiável.
- 10 Uma outra vantagem é que alguma quantidade de lubrificante está sempre presente na ranhura antes de desalojar o bloqueio estático do eixo. Esse lubrificante aperfeiçoa a lubrificação da borda de vedação aperfeiçoada, reduzindo dessa maneira o desgaste, removendo efetivamente o lubrificante coqueificado e os resíduos de desgaste, que por sua vez estendem o tempo
- 15 de vedação. Por conseguinte, a vedação de acordo com os princípios da presente invenção fornece muitas vantagens.

- Embora a presente invenção tenha sido descrita e ilustrada com referência a modalidades específicas, deve ser apreciado que essas modalidades são meramente exemplares por natureza e que variações que partem
- 20 da modalidade mostrada são pretendidas estarem dentro do escopo da presente invenção. Por exemplo, embora uma variedade de geometrias seja mostrada para a configuração em seção transversal da ranhura, deve ser apreciado que essas geometrias em seção transversal são meramente e-
- 25 xemplares e que outras geometrias em seção transversal podem ser empregadas. A conformação das porções 62, 162, 262 de superfícies ativas 44, 144, 244 pode variar. Por exemplo, as porções 62, 162, 262 podem ter uma largura que varie e pode ser reduzida a, ou ser, um ponto, se desejado. Adicionalmente, embora a vedação tenha sido mostrada com referência a uma
- 30 porção de vedação 40 particular, à uma porção de montagem 30 e ao invólucro 22, deve ser apreciado que estes são meramente exemplares e que outras configurações que permitem uma superfície ativa de uma vedação engatar com um eixo podem ser empregadas. Além disso, a vedação 20,

120, 220 não necessita vedar contra o diâmetro externo do eixo 28. De preferência, a vedação 20, 120, 220 pode ter uma superfície ativa 44, 144, 244 que veda contra um componente anexado ao eixo 28, tal como uma área chata ou superfície de um eslinga axial ou flange. Tais aplicações podem

5 fornecer uma ação de bombeamento na direção radial. Além do mais, embora a descrição de múltiplas ranhuras na figura 8 mostre que os pontos de terminação e de conclusão para as ranhuras respectivas sejam diretamente através um do outro, deve ser apreciado que eles não necessitam ter tal posicionamento relativo e podem ser inclinados um do outro. Além disso, deve

10 ser apreciado que as dimensões mostradas aqui para a vedação 20, são meramente exemplares para facilitar um entendimento dos princípios e funcionalidade da presente invenção. Como tal, as dimensões mostradas aqui podem variar sem se desviar do espírito e escopo da presente invenção. Adicionalmente, embora os materiais particulares de construção tenham sido

15 descritos como sendo adequados para uso na vedação, deve ser apreciado que tal lista é meramente ilustrativa e não exaustiva dos tipos de materiais que podem ser usados para formar uma vedação de acordo com os princípios da presente invenção. Além do mais, deve ser apreciado que embora o elemento de bombeamento seja descrito como ranhuras, o uso de arestas

20 elevadas na superfície ativa da vedação pode ser utilizado em vez das ranhuras embora todos os benefícios da presente invenção possam não ser realizados. Além disso, deve ser apreciado que embora o eixo 28 seja descrito como sendo um eixo giratório, o eixo 28 poderia ser estacionário e a vedação 20 poderia girar em torno do eixo 28. Por conseguinte, as variações

25 que não se afastam do ponto essencial da invenção são pretendidas estarem dentro do escopo da invenção. Tais variações não são para serem consideradas como um departamento do espírito e escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Vedação dinâmica (20) compreendendo:

um lado lubrificante (50);

um lado não-lubrificante (49);

5 uma porção de vedação elastomérica (40) operável para engatar com e vedar contra um eixo (28), a dita porção de vedação elastomérica (40) incluindo uma superfície ativa (44) comunicando-se com o dito lado não-lubrificante e uma borda de vedação (52) em uma sua extremidade, a dita borda de vedação (52) faceando o dito lado lubrificante (50), a dita borda de vedação (52) definindo uma abertura em que um eixo (28) pode estar disposto, e a dita superfície ativa (44) operável para engatar com e vedar contra um eixo (28) disposto na dita abertura; e

 uma pluralidade de ranhuras (60a, 60b) que não intersectam, cada uma se estendendo ao longo da dita superfície ativa (44) e parando
15 perto da dita borda de vedação (52), as ditas ranhuras (60a, 60b) cada uma tendo um ponto de início (64) e um ponto de terminação (63) adjacente à dita borda de vedação (52) e operável para capturar o lubrificante que vaza além da dita borda de vedação (52) e bombear o dito lubrificante em direção ao ponto de terminação (68) associado e de volta no dito lado lubrificante
20 (50) devido a uma rotação relativa entre a dita superfície ativa (44) e um eixo (28);

caracterizado pelo fato de que cada uma das ditas ranhuras (60a, 60b) possui uma zona de indução (74) definida por ter uma área de seção transversal constante a medida que tal ranhura se estende ao longo
25 da dita superfície ativa (44) e operável para aumentar uma pressão de fluido de um lubrificante no mesmo como função de distância em direção ao dito lado lubrificante a uma primeira taxa, cada uma das ditas ranhuras (60a, 60b) possui uma zona do impulsor (76) definida por ter uma área de seção transversal decrescente a medida que a dita ranhura se estende ao
30 longo da dita superfície ativa (44) e operável para aumentar uma pressão de fluido de um lubrificante no mesmo como uma função de distância em direção ao dito lado lubrificante a uma segunda taxa maior do que a primeira

taxa, a dita área de seção transversal na dita zona de impulsionador (76) diminui à medida que as ditas ranhuras (60a, 60b) se estendem em direção ao dito ponto de terminação (68) e afastado da dita zona de indução (74), e a dita zona de impulsionador (76) está localizada entre a dita borda de vedação (52) e a dita zona de indução (74); e

um bloqueio (70) disposto entre a dita borda de vedação (52) e o dito ponto de terminação (78) das ditas ranhuras (60a, 60b), o dito bloqueio (70) vedando contra um eixo (23) disposto na dita abertura, e uma porção do dito bloqueio (70) é deslocada do eixo quando o lubrificante é bombeado no dito lado lubrificante através das ditas ranhuras (60a, 60b).

2. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** as ditas ranhuras (60a, 60b) têm uma largura que é substancialmente constante.

3. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** as ditas ranhuras (60a, 60b) têm uma profundidade que é substancialmente constante.

4. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** as ditas ranhuras (60a, 60b) têm um passo que varia conforme a dita ranhura se estende ao longo da dita superfície ativa (44).

5. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** as ditas ranhuras (60a, 60b) têm um passo constante conforme as ditas ranhuras (60a, 60b) se estendem ao longo da dita superfície ativa (44).

6. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o dito bloqueio (70) é uma porção da dita superfície ativa (44).

7. Vedação dinâmica compreendendo:

um lado lubrificante (50);

um lado não-lubrificante (49);

uma vedação elastomérica (52) operável para vedar contra um eixo (28);

caracterizado pelo fato de que pelo menos uma ranhura contí-

nua (60) se estendendo ao longo de uma superfície ativa (44) da dita vedação elastomérica (52) do dito lado não-lubrificante (49) em direção ao dito lado lubrificante (50) com a dita ranhura (60) parando próxima ao dito lado lubrificante tal que um bloqueio estático (70) que não possui passagem direta para um meio de vedação atravessar do dito lubrificante (50) para um lado de ar (49) é definido na dita superfície ativa entre a dita ranhura (60) e o dito lado lubrificante (50), a dita ranhura (60) operável para capturar o lubrificante que vaza entre a dita superfície ativa (44) e o dito eixo (28) e bombeia o lubrificante capturado no dito lado lubrificante além do dito bloqueio estático (70) na dita superfície ativa (44);

uma zona de indução (74) da dita ranhura (60) tendo uma área de seção transversal substancialmente constante a medida que a dita zona de indução (74) se estende ao longo da dita superfície ativa (44); e

uma zona de impulsor (76) da dita ranhura (60) tendo uma área de seção transversal decrescente a medida que a dita zona de impulsor (76) se estende ao longo da dita superfície ativa (44) da dita zona de indução (74) em direção ao dito bloqueio estático (70), a dita zona de impulsor (76) da dita ranhura (60) estando mais perto do dito lado lubrificante (50) do que a dita zona de indução (74) da dita ranhura (60).

8. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** a dita zona de indução (74) possui uma profundidade de ranhura substancialmente constante e a dita zona de impulsor (76) possui uma profundidade de ranhura variada.

9. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** a dita zona de indução (74) possui uma largura de ranhura substancialmente constante e a dita zona de impulsor (76) possui uma largura de ranhura variada.

10. Vedação dinâmica de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** a dita zona de indução (74) fornece uma primeira taxa de aumento da pressão do fluido como uma função de distância em direção ao dito lado lubrificante (50) e a dita zona de impulsor (76) fornece uma segunda taxa de aumento da pressão do fluido como uma função

de distância em direção dito lado lubrificante (50), a dita segunda taxa sendo maior do que a dita primeira taxa.

11. Método de retorno de lubrificante que vaza além de uma vedação elastomérica dinâmica (52) em um eixo (28) de volta ao lado lubrificante (50) da vedação (52) com uma ranhura (60) contínua em uma superfície ativa (44) da vedação elastomérica (52) que para próximo do lado lubrificante (50) da vedação elastomérica (52), o método compreendendo:

(a) capturar o lubrificante que vaza além da vedação elastomérica (52) na ranhura (60) **caracterizado por:**

10 (b) predeterminar uma zona de indução (74) da ranhura (60) em que o lubrificante na mesma aumenta em pressão como uma função de distância em direção ao dito lado lubrificante (50) a uma primeira taxa, a zona de indução (74) incluindo uma primeira porção da ranhura (60) que possui uma área de seção transversal à medida que a primeira porção estende ao longo da superfície ativa;

(c) predeterminar uma zona de impulsionador (76) da ranhura (60) em que o lubrificante aumenta em pressão como uma função de distância em direção ao dito lado lubrificante (50) em uma segunda taxa maior que a primeira taxa, a zona de impulsionador (76) incluindo uma segunda porção da ranhura (60) que possui uma área de seção transversal que reduz a medida que a segunda porção estende ao longo da superfície ativa (44) afastada zona de indução (74), a segunda porção estando mais próxima do lado lubrificante (58) que a primeira porção;

25 (d) bombear o lubrificante capturado na ranhura (60) de volta em direção ao lado lubrificante (50) da vedação elastomérica (52) através de ambas a zona de indução (74) e a zona de impulsionador (76);

(e) aumentar uma pressão de fluido na zona de indução (74) na primeira taxa e na zona de impulsionador (76) na segunda taxa a medida que o lubrificante na ranhura (60) se aproxima do lado lubrificante (50) da vedação elastomérica (52);

30 (f) elevar uma porção de bloqueio estático (70) da vedação elastomérica (52) adjacente ao lado lubrificante (50) fora do eixo (28) com a

pressão do fluido na ranhura (60), a dita porção de bloqueio estático (70) não tendo passagem direta para um meio vedado atravessar do dito lado lubrificante (50) para um lado de ar (49); e

5 (g) retornar o lubrificante capturado na ranhura (60) de volta ao lado lubrificante (50) da vedação elastomérica (52) através de uma fenda entre a porção de bloqueio estático (70) levantada da vedação elastomérica (52) e o eixo.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** (f) inclui gerar uma pressão de fluido na zona de impulsio-
10 nador (76) em excesso de uma pressão de levantamento de vedação.

13. Método de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** (e) inclui aumentar a pressão do fluido na segunda taxa na zona de impulsor (76) com a segunda porção da ranhura tendo uma área em seção transversal diminuindo conforme a segunda porção da ranhu-
15 ra estende ao longo da superfície ativa (44) e se aproxima do lado lubrificante (50) da vedação elastomérica (52).

14. Método de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** (e) inclui aumentar a pressão do fluido na segunda taxa na zona de impulsor (76) com a segunda porção da ranhura (60) tendo
20 uma profundidade da ranhura que diminui conforme a segunda porção da ranhura (60) se estende ao longo da superfície ativa (44) e se aproxima do lado lubrificante (50) da vedação elastomérica (52).

15. Método de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo fato de que** (e) inclui aumentar a pressão do fluido na segunda taxa na zona de impulsor (76) com a segunda porção da ranhura (60) tendo
25 uma largura de ranhura que diminui conforme a segunda porção da ranhura (60) se estende ao longo da superfície ativa (44) e se aproxima do lado lubrificante (50) da vedação elastomérica (52).

16. Método de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo fato de que** (e) inclui reduzir uma área em seção transversal da ranhu-
30 ra na zona de impulsor (76) conforme a ranhura (60) se estende ao longo da superfície ativa (44) e se aproxima do lado lubrificante da vedação

elastomérica (52).

17. Método de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** a ranhura (60) é uma de uma pluralidade de ranhuras (60a, 60b) e (a)-(g) são executadas com a pluralidade de ranhuras (60a,
5 60b).

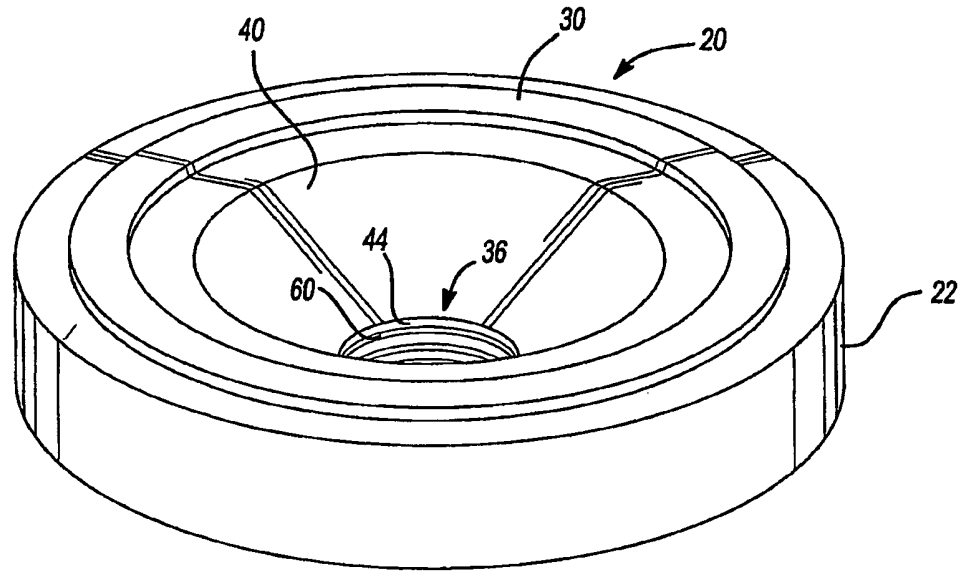


Fig-1

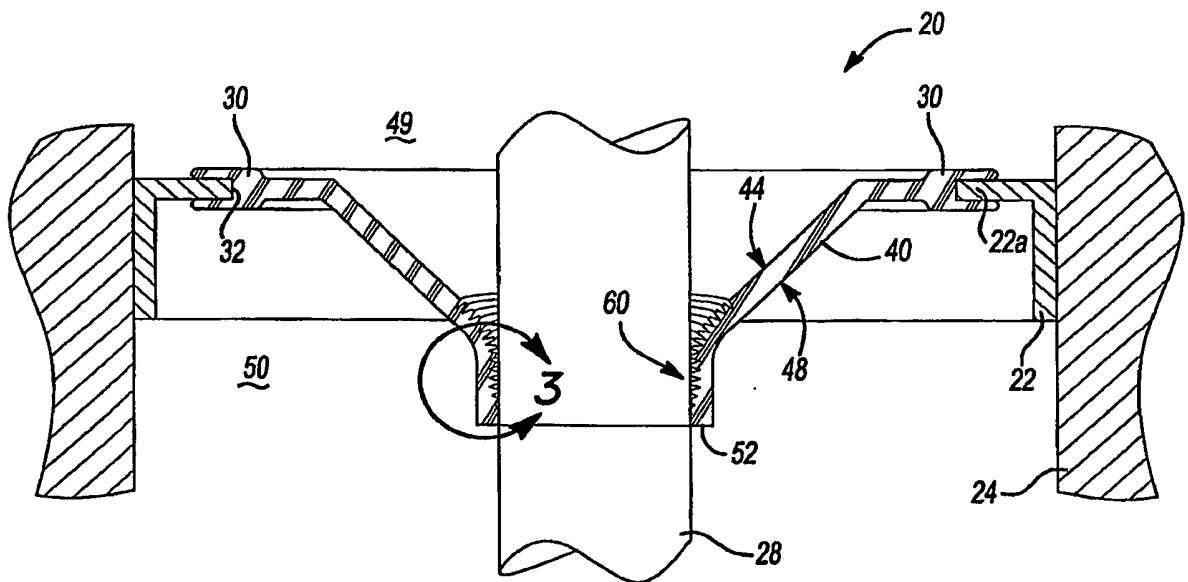


Fig-2

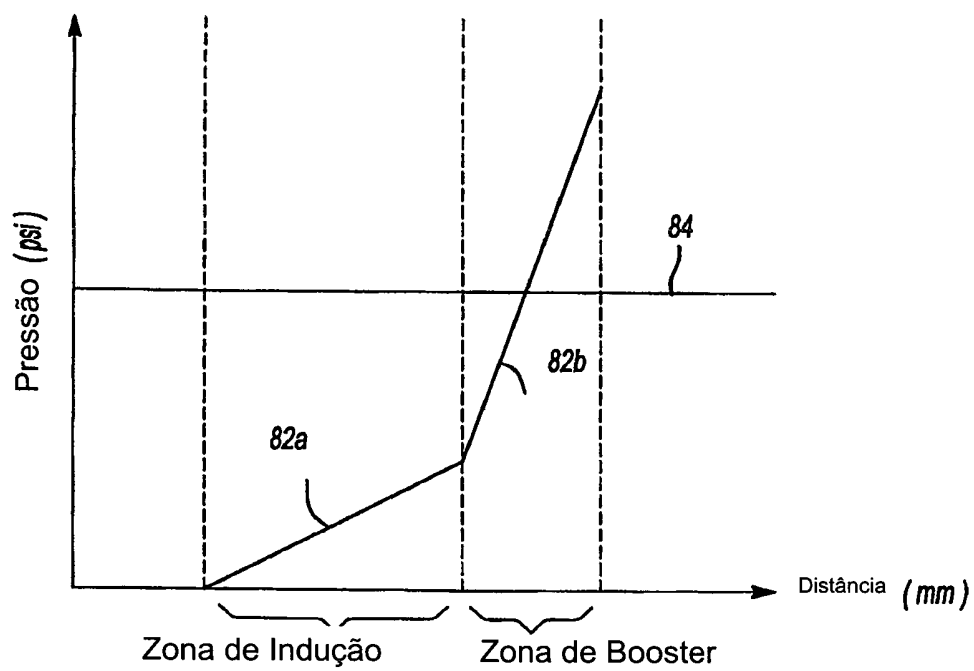
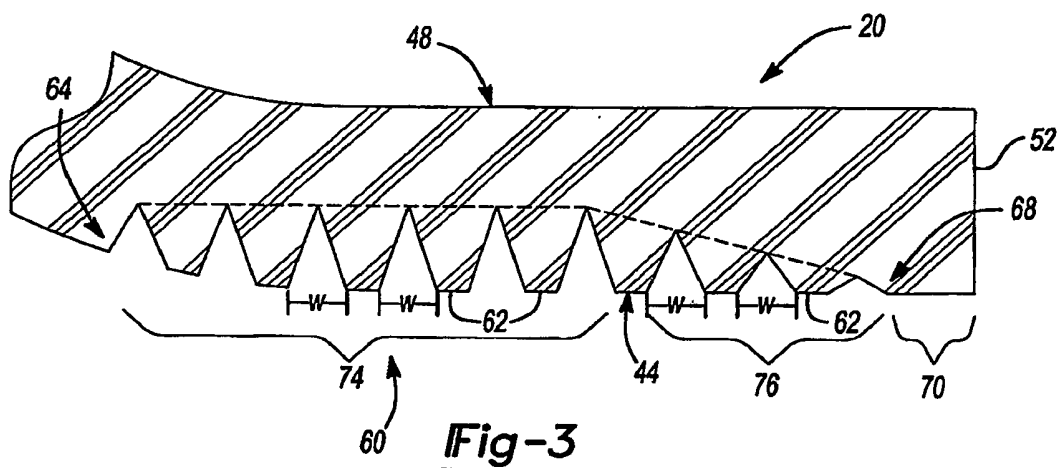


Fig-4

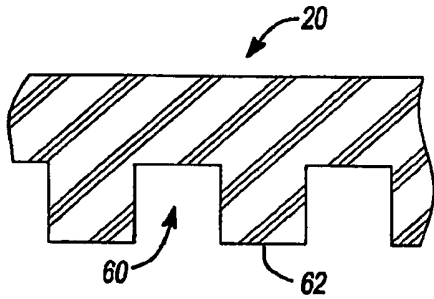


Fig-5A

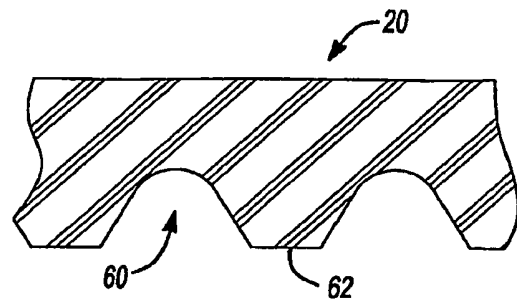


Fig-5B

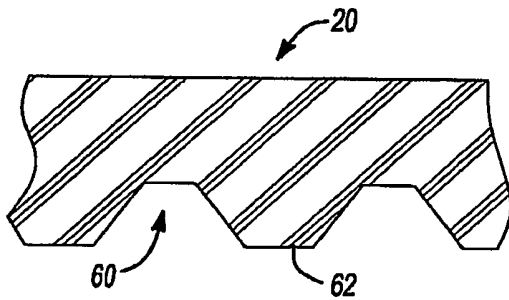


Fig-5C

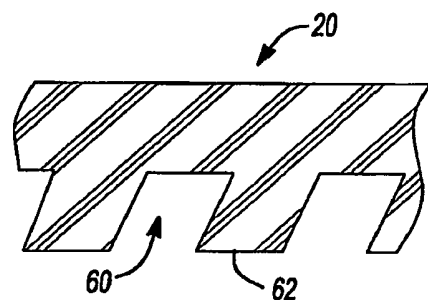


Fig-5D

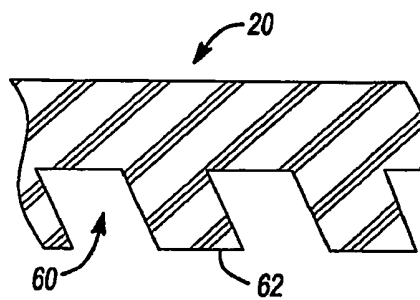


Fig-5E

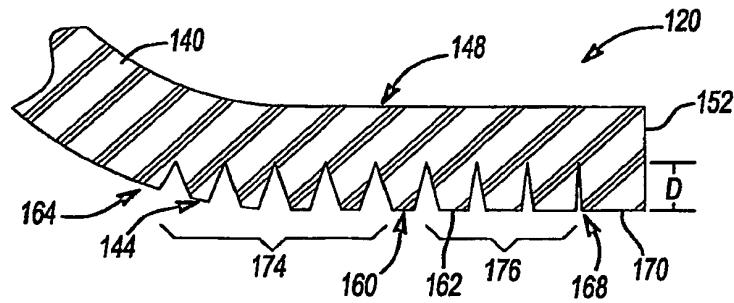


Fig-6

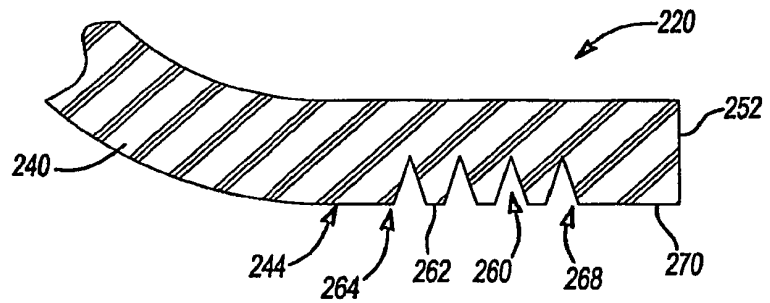


Fig-7

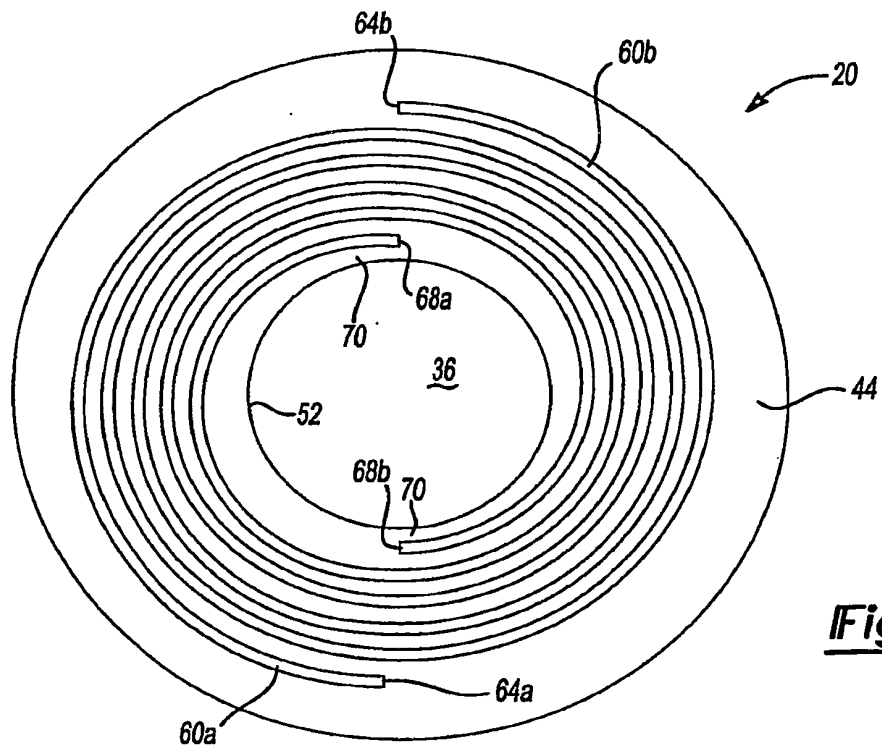


Fig-8