



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

(11) PI 0714769-4 B1



(22) Data do Depósito: 25/07/2007

(45) Data de Concessão: 12/02/2019

(54) Título: CARENAGEM COM ALETA DUPLA

(51) Int.Cl.: E21B 17/01; F15D 1/10; F16L 1/12.

(52) CPC: E21B 17/01; F15D 1/10; F16L 1/123; F16L 1/12.

(30) Prioridade Unionista: 09/08/2006 US 11/463.413; 12/03/2007 US 11/684.861.

(73) Titular(es): SEAHORSE EQUIPMENT CORPORATION; VIV SUPPRESSION, INC..

(72) Inventor(es): RODNEY H. MASTERS; RANDY W. MASTERS; MICHAEL SYKES; STEVEN J. LEVERETTE; KENNETH J. SCHAUDT.

(86) Pedido PCT: PCT US2007074311 de 25/07/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/021674 de 21/02/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/02/2009

(57) Resumo: CARENAGEM COM ALETA DUPLA. Uma carenagem para a redução da vibração induzida por vórtice e a diminuição do arraste sobre um elemento substancialmente cilíndrico imerso em um meio fluido. A carenagem também elimina o fenômeno de galope tipicamente associado com uma carenagem na forma de lágrima. A carenagem tendo um revestimento cilíndrico na forma de U com bordas opostas que definem um espaço longitudinal e aletas paralelas prolongando se exteriormente a partir das bordas opostas do revestimento, as aletas paralelas sendo posicionadas de modo a reduzir a vibração induzida por vórtice, minimizar o arraste e eliminar o fenômeno de galope no elemento cilíndrico.

"CARENAGEM COM ALETA DUPLA"

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

Este pedido é uma prorrogação parcial do U.S. Serial Nº 11/463.413 depositado em 9 de Agosto de 2006, o qual é integralmente incorporado neste pedido.

5 CAMPO TÉCNICO

A presente invenção refere-se, no geral, à redução de vibração induzida por vórtice ("VIV") e mais particularmente a uma carenagem usada para a redução da VIV em tubulações ou outros componentes estruturais imersos em um fluido.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

10 Há muitos anos, a exploração em busca de reservas de óleo e gás natural direcionou a atividade de sondadores na área offshore, e como a exploração offshore continua, produtores offshore buscam autossuficiência em águas cada vez mais profundas. Embora essas águas possam levá-los às reservas procuradas, os produtores offshore também se deparam com correntes mais fortes que ameaçam a integridade estrutural de
15 suas colunas de ascensão, oleodutos, e outros componentes alongados e cilíndricos envolvidos na produção de óleo e gás.

Tensões nas tubulações ou outros componentes estruturais imersos em fluido, tais como colunas de ascensão de perfuração, colunas de ascensão de produção, oleodutos, tubos tendão estruturais, etc. aumentam consideravelmente conforme a velocidade da
20 corrente aumenta e as tensões são ampliadas à medida que a profundidade da água e o comprimento das colunas de ascensão no local do poço aumentam. Quando há operação de plataformas em áreas de alta corrente, a coluna de ascensão é exposta a correntes que podem causar pelo menos dois tipos de tensões. O primeiro é causado pela vibração resultante de vórtices que movimentam um componente quando há fluxo de fluido nas
25 proximidades. Essa vibração, que ocorre perpendicular à corrente, é referida como "vibração induzida por vórtice," ou "VIV." Quando a água flui em proximidade à coluna de ascensão, ela pode causar vórtices que vertem alternativamente a partir de cada lado da coluna de ascensão quando o Número de Reynolds atinge uma certa faixa. Se a frequência desta carga harmônica estiver próxima à frequência ressonante da coluna de ascensão, amplas
30 vibrações transversas à corrente podem ocorrer. O segundo tipo de tensão é causado pelas forças de arraste que impulsionam a coluna de ascensão na direção da corrente devido à resistência da coluna de ascensão ao fluxo de fluido. As forças de arraste são significativamente amplificadas pelas vibrações induzidas por vórtice da coluna de ascensão, isto é uma tubulação vibrante. Uma tubulação ascendente que está vibrando devido à
35 emissão de vórtice irá interromper o fluxo de água em torno dela, mais do que uma coluna de ascensão estacionária ou uma tubulação não vibrante. Isto resulta em mais transferência de energia a partir da corrente para a coluna de ascensão, e conseqüentemente mais

arraste.

O movimento de exploração, desenvolvimento e produção de óleo e gás em águas profundas e ultraprofundas criou desafios de engenharia únicos que exigem soluções de engenharia inovadoras. Um desafio particular se dá em relação às vibrações induzidas por vórtice (VIV) de colunas de ascensão de perfuração e de produção alongadas. Conforme debatido acima, quando elementos alongados tais como oleodutos submarinos, colunas de ascensão, tubos tendão, umbilicais e cabos são afetados por correntes relativamente fortes sobre comprimentos prolongados ao longo do elemento, as correntes podem causar vórtices emitidos a partir das laterais do elemento em uma maneira alternada que pode induzir VIV. A vibração resultante aumenta o arraste, reduz a durabilidade por fadiga e se não for devidamente controlada pode levar à falha do elemento marinho ou seus suportes.

Enxárcia, verdugos e carenagens foram tradicionalmente adicionados às colunas de ascensão e outras tubulações submersas de modo a minimizar as tensões induzidas por corrente nestas tubulações. Verdugos e enxárcia podem ser eficazes não obstante a orientação da corrente, mas eles tendem a aumentar o arraste que age sobre a coluna de ascensão. Ao contrário, carenagens são geralmente mais eficientes na redução do arraste e da VIV. Carenagens geralmente compreendem corpos na forma aerodinâmica (tais como asas de avião) que giram acompanhando a maré sobre a coluna de ascensão mantendo posições substancialmente alinhadas com a corrente da água. Carenagens geralmente reduzem as forças induzidas por vórtice e minimizam o arraste na coluna de ascensão por redução ou eliminação das áreas de baixa pressão que existem na corrente descendente da coluna de ascensão.

Um exemplo de uma carenagem é encontrado na Patente U.S. Nº 4.474.129 que divulga uma carenagem removível montada em colunas de ascensão equipadas com módulos flutuantes que têm uma cauda afunilada à popa e uma aleta posicionada após a cauda. Esta carenagem circunda completamente a coluna de ascensão e é fixada em conjunto com a parte posterior da carenagem. Um outro exemplo de uma carenagem é encontrado na Patente U.S. Nº 4.398.487 que descreve uma estrutura simétrica aerodinâmica tendo uma parte pontiaguda, uma parte da cauda e duas partes laterais opostas. Esta carenagem é formada como duas metades de revestimento que circundam completamente a coluna de ascensão e são conectadas na extremidade frontal da ponta por prendedores de liberação rápida e na extremidade da parte da cauda por dobradiças. A Patente U.S. Nº 5.410.979 descreve uma carenagem na forma de lágrima fixa pequena que circunda uma coluna de ascensão e é fixa à coluna de ascensão de modo que não gira. A Patente U.S. Nº 6.048.136 descreve uma carenagem que é instalada em uma coluna de ascensão de perfuração em combinação com um módulo flutuante de espuma sintética. Esta carenagem é formada como duas metades de revestimento que circundam a coluna de

ascensão e se fixam nas partes frontais e posteriores da carenagem. Uma carenagem giratória é descrita na Patente U.S. Nº 6.067.922 como incluindo um elemento de cobre montado na região anular da carenagem para impedir o crescimento marinho. Esta carenagem é formada como uma peça única que circunda completamente a coluna de
5 ascensão e é fixada à parte da cauda ou do flange com parafusos. Uma carenagem ultracurta descrita na Patente U.S. Nº 6.223.672 é mostrada na Fig. 2. Esta carenagem 2 tem um par de lados moldados 4A, 4B divergindo a partir do perfil circular de uma coluna de ascensão marinha e convergindo em uma borda delimitadora 6. Deve ser observado que todas as carenagens acima descritas são construídas em comprimentos pré-determinados e
10 uma pluralidade de carenagens é posicionada ao longo do comprimento de qualquer coluna de ascensão particular.

Embora carenagens possam ser eficazes para a redução da VIV, vários problemas ainda existem com as carenagens da técnica anterior. Como ilustrado na técnica anterior, carenagens tornaram-se cada vez mais complexas no projeto, elas frequentemente
15 precisam de um grande número de partes, e como tal, tornaram-se mais caras em relação à produção e manutenção. Geralmente, carenagens devem ser fixadas ao componente alongado por faixas, parafusos ou outros prendedores suscetíveis à falha. Além disso, o uso de tais prendedores aumentam o custo e a atividade associados com o uso da carenagem. Adicionalmente, a corrosão e o crescimento marinho frequentemente fazem com que os
20 elementos rotatórios de uma carenagem travem de modo que eles já não possam mais girar e se alinhar propriamente com a corrente. Uma tal preocupação frequente resultou em carenagens sendo usadas apenas em colunas de ascensão ou outros componentes que permanecem nas colunas de ascensão somente em um curto período de tempo, submetendo os profissionais na indústria à dependência de dispositivos de redução da VIV
25 menos eficazes tais como verdugos para vórtice de aleta fixa para componentes permanentemente fixos.

Embora verdugos com certas alturas da aleta e períodos da aleta possam reduzir a amplitude do movimento induzido por VIV em mais do que 90% e terem sido comprovados como ferramentas eficazes, uma solução do arraste reduzido seria desejável. Embora
30 carenagens na forma de lágrima convencionais sejam eficazes na redução tanto do arraste quanto da VIV, usuários relatam que estes dispositivos são submetidos a um movimento "de galope". As causas deste movimento de galope permanecem incertas. Portanto, permanece uma necessidade quanto a um dispositivo de supressão da VIV aperfeiçoado que reduza a vibração, não aumente o arraste e seja resistente aos movimentos de galope.

35 Carenagens são tipicamente aplicadas às colunas de ascensão de perfuração e/ou de produção em uma das duas maneiras. Em uma maneira de instalação, carenagens são colocadas na coluna de ascensão depois que ela está no lugar, colocadas em suspensão

entre a plataforma e o leito oceânico, em que mergulhadores ou veículos submersíveis (referidos como ROVs) são usados para fixar as múltiplas carenagens em torno da coluna de ascensão. Um segundo método de instalação é realizado à medida que a coluna de ascensão esta sendo montada em uma embarcação e instalada. Neste método, as carenagens são fixadas à tubulação conforme os comprimentos de tubulações são instalados em conjunto para formar a coluna de ascensão. Este método de instalação é tipicamente realizado em uma embarcação especialmente projetada, chamada embarcação S-Lay, J-Lay ou embarcação Reel Lay. Uma embarcação S-Lay é aquela que tem uma rampa declinada, posicionada ao longo de um lado ou do fundo da embarcação e descendente abaixo da superfície do oceano, a qual é equipada com rolos (referidos como uma "treliça"). Como os comprimentos da tubulação são instalados em conjunto, as carenagens são fixadas às seções da tubulação conectadas antes da tubulação ser rolada abaixo da rampa e no oceano. Um dos problemas da instalação das carenagens desta maneira é que quando as aletas da carenagem giram sobre os rolos na rampa, as aletas frequentemente tornam-se danificadas pelo rolos. Neste método de montagem, a instalação da coluna de ascensão concluída no leito oceânico, depois é colocada em uma posição vertical quando ela atinge o comprimento apropriado e é fixada à plataforma de superfície e ao cabeçote do poço no leito oceânico.

Seria vantajoso fornecer uma carenagem relativamente leve, resiliente que pudesse ser facilmente colocada em uma coluna de ascensão ao invés de ser fixada em torno da circunferência total.

Seria vantajoso fornecer uma carenagem que reduz a vibração, que não aumente o arraste e seja resistente aos movimentos de galope.

BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A invenção objeto é dirigida a uma carenagem para a redução da vibração induzida por vórtice, a diminuição de arraste e a eliminação do galope sobre um elemento substancialmente cilíndrico imerso em um meio fluido. A carenagem tem um revestimento cilíndrico na forma de U com bordas opostas que definem um espaço longitudinal e aletas longitudinais prolongando-se exteriormente a partir das bordas opostas do revestimento, as aletas longitudinais as sendo posicionadas de modo a reduzir a vibração induzida por vórtice, minimizar o arraste e eliminar o fenômeno de galope no elemento cilíndrico. A carenagem tem um comprimento para razão do diâmetro de 1,5 para 2,50 e preferivelmente uma razão de 1,75 para 2,0 onde o comprimento é medido a partir da ponta de avanço do corpo da carenagem às extremidade das aletas, e o diâmetro é o diâmetro do centro do círculo que define o revestimento.

O revestimento tem um diâmetro externo D e as aletas longitudinais as têm uma distância W entre as bordas opostas das aletas. A razão de W para D é de $W = D$ para $W =$

75 % de D. As aletas da carenagem podem se estreitar para dentro.

A carenagem ainda inclui um coxim de mancal configurado para se encaixar no espaço no revestimento entre as bordas opostas do revestimento e as aletas longitudinais as. O coxim de mancal tem uma superfície interna curvada e superfícies laterais em
5 alinhamento com cada uma das aletas. Cada carenagem inclui uma pluralidade de coxins de mancais para fixar a carenagem a um elemento cilíndrico.

A carenagem ainda inclui pelo menos um conjunto de conectores opostos para fixar a carenagem a um elemento cilíndrico, cada conector sendo posicionado em uma superfície interna de cada aleta longitudinal. As aletas podem incluir três conjuntos de conectores
10 opostos. Cada conector inclui uma abertura configurada para receber um dispositivo de fixação para fixar os conectores opostos em conjunto.

A carenagem ainda inclui um flange em uma borda do topo e do fundo da carenagem, o flange prolongando-se em torno da circunferência do revestimento e no exterior do revestimento. O flange pode incluir um ou mais recortes na forma de V para a
15 criação de dobradiças de abertura.

Cada aleta na carenagem não se prolonga além do diâmetro externo do revestimento.

A carenagem é construída a partir de um material não metálico, com nível baixo de corrosão, selecionado de um grupo que consiste de polietileno, poliuretano, resina éster
20 vinílica, cloreto de polivinila e fibra de vidro.

A invenção também inclui um sistema de carenagem para a redução de vibração induzida por vórtice e a diminuição do arraste sobre um elemento substancialmente cilíndrico imerso em um meio fluido. O sistema de carenagem tem uma pluralidade de carenagens tendo revestimentos cilíndricos na forma de U, cada revestimento tendo bordas
25 opostas que definem um espaço longitudinal. Aletas longitudinais prolongando-se exteriormente a partir das bordas opostas de cada pluralidade de revestimentos, as aletas longitudinais sendo posicionadas de modo a reduzir a vibração induzida por vórtice, minimizar o arraste e a eliminação do galope no elemento cilíndrico. A carenagem inclui dispositivos para fixar cada pluralidade de carenagens em torno do elemento cilíndrico.

O colar inclui uma pluralidade de espaçadores anulares compatíveis prolongando-se exteriormente a partir de uma superfície interna do colar, os espaçadores sendo configurados para induzir interação de atrito entre o colar e o elemento cilíndrico.
30

Os dispositivos para fixar as carenagens em torno do elemento cilíndrico incluem um coxim de mancal configurado para se encaixar no espaço em cada revestimento entre
35 as bordas opostas do revestimento e as aletas longitudinais. O coxim de mancal tem uma superfície interna curvada e superfícies laterais em alinhamento longitudinal com cada uma das aletas. Cada carenagem inclui uma pluralidade de coxins de mancais para fixar a

carenagem a um elemento cilíndrico.

Dispositivos alternados para fixar as carenagens em torno do elemento cilíndrico incluem pelo menos um conjunto de conectores opostos, cada conector sendo posicionado em uma superfície interna de cada aleta longitudinal. As aletas podem incluir uma pluralidade de conectores opostos. Cada conector inclui uma abertura configurada para receber um dispositivo de fixação para fixar os conectores opostos em conjunto.

A carenagem ainda pode incluir um flange em uma borda do topo e do fundo da carenagem, o flange prolongando-se em torno da circunferência do revestimento e no exterior do revestimento. O flange pode incluir pelo menos um recorte na forma de V. Os flanges em cada carenagem são configurados tal que eles possibilitem que cada carenagem gire livremente sobre uma carenagem adjacente.

Um colar circular pode ser posicionado entre um grupo ou cada pluralidade de carenagens e o colar sendo configurado tal que ele possibilite que cada carenagem gire livremente sobre o colar. O colar está em duas seções mantidas em conjunto por dispositivos que seguram o colar em torno do elemento cilíndrico. O colar é fixo à coluna de ascensão e não gira.

O precedente esboçou de modo geral as características e vantagens técnicas da presente invenção de modo que a descrição detalhada da invenção que segue possa ser melhor entendida. Características e vantagens adicionais da invenção serão descritas em seguida, as quais formam o objeto das reivindicações da invenção. Deve ser avaliado por aqueles habilitados na técnica que o conceito e modalidade específica divulgados podem ser prontamente utilizados como uma base para modificar ou designar outras estruturas para a realização dos mesmos propósitos da presente invenção. Também deve ser entendido por aqueles habilitados na técnica que tais construções equivalentes não divergem do espírito e escopo da invenção como apresentado nas reivindicações anexas. As novas características, as quais acredita-se que sejam a característica da invenção, tanto de acordo com sua organização quanto seu método de operação, junto com outros objetivos e vantagens serão melhor entendidas a partir da seguinte descrição quando consideradas em relação às figuras anexas. Deve ser expressamente entendido, entretanto, que cada uma das figuras é fornecida para o propósito de ilustração e descrição apenas e não é intencionada como uma definição dos limites da presente invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para um entendimento mais completo da presente invenção, referência agora é feita às seguintes descrições tomadas em conjunto com o desenho anexo, em que:

A FIG. 1 é uma vista em elevação lateral de uma embarcação de perfuração que ilustra o uso das carenagens inventivas em um dos ambientes em que a invenção é usada;

A FIG. 2 é uma vista em elevação lateral de uma carenagem da técnica anterior;

A FIG. 3 é uma vista em perspectiva de uma modalidade da carenagem da presente invenção;

A FIG. 4 é uma vista seccional transversal da carenagem inventiva tomada ao longo das linhas 4 a 4 da Fig. 3;

5 A FIG. 5 é uma vista em perspectiva da carenagem da Fig. 3 com coxins de mancais instalados; é uma vista seccional transversal da carenagem tomada ao longo das linhas 6 a 6 da Fig. 5;

As FIGS. 6A e B ilustram um prendedor para fixar os coxins de mancais à carenagem na Fig. 5A;

10 A FIG. 7 é uma vista em perspectiva de um coxim de mancal da Fig. 5;

A FIG. 8 é uma vista plana do topo do coxim de mancal da Fig. 7;

A FIG. 9 é uma vista em perspectiva de uma modalidade alternativa da carenagem da presente invenção;

A FIG. 10 é uma vista plana lateral da carenagem da Fig. 9;

15 A FIG. 11 é uma vista plana frontal da carenagem da Fig. 9;

A FIG. 12 é uma vista seccional transversal da carenagem tomada ao longo das linhas 12 a 12 da Fig. 11;

A FIG. 13 é uma vista plana do topo da carenagem da Fig. 9;

A FIG. 14 é uma vista seccional transversal da carenagem da Fig. 9;

20 As FIGS. 5A e B são uma vista plana lateral de um prendedor para fixar a carenagem da Fig. 9 a uma coluna de ascensão;

A FIG. 16 é uma vista em perspectiva de uma série de segmentos da carenagem da Fig. 9;

25 A FIG. 17 é uma modalidade alternativa de uma série de segmentos da carenagem da Fig. 9;

A FIG. 18 é uma vista em perspectiva de um dos colares que separam os segmentos da carenagem da Fig. 17;

A FIG. 19 é uma vista plana do fundo do colar da Fig. 18;

30 A FIG. 20 é uma vista plana do topo de um espaçador anular que é inserido na superfície interna do colar da Fig. 18;

A FIG. 21 é um gráfico do coeficiente de arraste (C_d) para uma tubulação sem revestimento e para a carenagem inventiva pelo número de Reynolds (Re);

A FIG. 22 é um gráfico de A^* por velocidade reduzida nominal (V_{rn}) para uma tubulação sem revestimento e para a carenagem inventiva;

35 A FIG. 23 é uma vista seccional transversal de uma modalidade alternativa da carenagem da Fig. 9;

A FIG. 24 é uma vista plana do topo da carenagem da Fig. 23; e

A FIG 25 é um gráfico do coeficiente de arraste (C_d) comparado à velocidade (V) em que cada linha no gráfico representa uma razão $W:D$ diferente.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção é dirigida a carenagens giratórias que incluem aletas especificamente colocadas para a redução da vibração induzida por vórtice ("VIV") em tubulações ou outros componentes estruturais imersos em fluido. Conforme debatido acima, quando um objeto sólido é exposto a resultados da vibração de fluxos de fluido a partir de vórtices, o objeto se movimenta quando há fluxo de fluido nas proximidades. O padrão de fluxo em torno de um cilindro pode ser caracterizado pelo Número de Reynolds (Re) do fluxo incidente e o local onde o fluxo se separa da superfície do cilindro que depende se a camada delimitadora é turbulenta ou laminar. Na faixa sub-crítica, a faixa do número de Reynolds é $300 < Re < 1,5 \times 10^5$, as camadas delimitadoras laminares separadas a cerca de 80 graus à popa da borda de avanço do cilindro e a emissão de vórtice é forte e periódica. A faixa $1,5 \times 10^5 < Re < 3,5 \times 10^6$ é chamada a região de transição. Nestas regiões, a camada delimitadora torna-se turbulenta e os pontos de separação se movem à popa a 140 graus e o coeficiente de arraste do cilindro cai abruptamente.

Uma carenagem é descrita na Patente U.S. Nº 6.401.646 que inclui um revestimento cilíndrico tendo bordas opostas que definem um espaço longitudinal e um par de aletas correspondentes prolongando-se exteriormente em uma direção vertical. As aletas são colocadas geralmente a um ângulo de 120° em relação à circunferência do revestimento. A Pat. U.S. Nº 6.401.646 é incorporada neste relatório em sua totalidade. Durante o teste hidrodinâmico, foi descoberto que uma carenagem na forma de U tendo aletas duplas longitudinais causa uma redução substancial na VIV e nas forças de arraste e a carenagem inventiva não é afetada por um movimento de galope.

A presente invenção é dirigida a um sistema de carenagem na forma de U giratório tendo aletas duplas longitudinais para a redução da VIV em tubulações ou outros componentes estruturais imersos em fluido. Em uma modalidade, a carenagem inventiva é instalada em colunas de ascensão de perfuração e de produção usadas em exploração de óleo e gás natural offshore. A Fig. 1 ilustra um ambiente em que a carenagem inventiva é usada. Uma embarcação de perfuração ou plataforma 10 fornece instalações de superfície 12. A coluna de ascensão 14 descende abaixo do convés das instalações de superfície 12 e é encaixada com módulos flutuantes OD amplos que são encaixados com as carenagens de aleta dupla 16 abaixo da superfície do oceano 18. Uma pluralidade de carenagens 16 é instalada ao longo da coluna de ascensão 14 para reduzir VIV e minimizar o arraste na longa coluna de ascensão não sustentada 14. Esta modalidade ilustrativa mostra o sistema de carenagem instalado em uma coluna de ascensão de perfuração ou produção. Entretanto, tubulações cilíndricas são utilizadas em uma variedade de outras aplicações tais

como oleodutos submarinos; perfuração, colunas de ascensão de importação e exportação; tubos tendão para plataformas de pernas tensionadas; pernas para plataformas tradicionais fixas e para plataformas oscilantes; outros elementos de ancoragem para plataformas de águas profundas; e assim por diante. Aqueles tendo habilidade comum na técnica podem prontamente aplicar estes ensinamentos a outras aplicações.

A carenagem 16 é formada de um revestimento na forma de U 20 tendo bordas opostas 24, 26 que definem um espaço longitudinal G e um par de aletas correspondentes 22 prolongando-se exteriormente a partir das bordas 24, 26 em uma direção vertical (Figs. 3 e 4). As aletas à parte espaçadas 22 são longitudinais entre si e prolongam-se exteriormente em uma direção longitudinal com a corrente de fluido de modo a mover as turbulências do vórtice da camada delimitadora ainda distantes da coluna de ascensão 14 sem adição de arraste significativo (Fig. 4). As aletas 22 podem ter qualquer comprimento, entretanto, não obstante o comprimento, as aletas 22 não prolongam-se além do diâmetro externo nominal do revestimento 20. Preferivelmente, a carenagem 16 tem dimensões do comprimento L para o diâmetro D (diâmetro do revestimento) tal que o comprimento L para razão do diâmetro D (razão de aspecto) está na faixa de 1,5 para 2,50, preferivelmente na faixa de 1,75 para 2,0. A forma de U do revestimento inclui um espaço longitudinal G no revestimento 20 que leva em conta a disposição do revestimento 20 em torno de um objeto cilíndrico tal como uma coluna de ascensão (Fig. 5A).

A carenagem 16 é fixada à coluna de ascensão 14 com coxins de mancais 32 que são configurados para encaixarem-se no espaço G no revestimento 20 entre as aletas 22 (Figs. 5, 5A). Cada coxim de mancal 32 tem uma superfície interna curvada 34, partes da extremidade 36 e superfícies laterais 38. A superfície interna 34 tem uma curva que completa o círculo da circunferência do revestimento. As partes da extremidade 36 são configuradas para encaixarem-se no espaço entre as bordas opostas 24, 26 e a coluna de ascensão 14 e as superfícies laterais 38 são configuradas para alinharem-se com as aletas 22 (Fig. 5). Em uma modalidade preferida, a parte posterior 40 da superfície interna 34 é aberta (Figs. 5, 5A, 7). Os coxins de mancais 32 podem ser fixadas ao revestimento 20 por qualquer número de dispositivos conhecidos a uma pessoa habilitada na técnica. Um exemplo de um dispositivo de fixação é um parafuso sem roscas 42 (Fig. 6A) com uma arruela e contrapino 44 (Fig. 6B) em que o parafuso é colocado através de um par de aberturas alinhadas 46 em aletas 22 e nas superfícies laterais 38 do coxim de mancal 32 (Fig. 5A).

O número de coxins de mancais 32 necessário para fixar a carenagem 16 a uma coluna de ascensão 14 dependerá do comprimento da carenagem e da quantidade de forças externas sendo colocadas na coluna de ascensão. Por exemplo, se uma carenagem tem um comprimento de cerca de 1,372 m ($4\frac{1}{2}$ pés), três coxins de mancais 32 espaçados

a cerca de 0,58 m (23 polegadas) à parte, podem ser usados para fixar a carenagem 16 a uma seção da coluna de ascensão 14 como ilustrado na Fig. 5.

Em uma modalidade alternativa, a carenagem 16A é formada de um revestimento cilíndrico 20' tendo aletas opostas 22N, prolongando-se exteriormente em uma direção vertical, que define um espaço longitudinal G (Figs. 9 e 13). As aletas espaçadas à parte 22' são longitudinais entre si em relação ao centro do círculo que define o revestimento e consequentemente à circunferência do revestimento 20' (Fig. 13). O espaço G no revestimento 20' fornece uma abertura que leva em conta a disposição do revestimento 20' em torno de um objeto cilíndrico tal como uma coluna de ascensão. A carenagem 16A também inclui um flange 241 em sua borda do topo 26 e do fundo 28, criando uma superfície de mancal do topo 26N e uma superfície de mancal do fundo 28N para a carenagem 16A (Figs. 9 a 13).

O flange 241 prolonga-se em torno da circunferência do revestimento 20N e prolonga-se no exterior do revestimento 20N a cerca de 0,07 a 0,10 m (3 a 4 polegadas). Opcionalmente, o flange 241 inclui pelo menos um recorte na forma de V 70 para agir como dobradiças de abertura para a carenagem 16A. Em uma modalidade preferida, o recorte na forma de V pode ser posicionado na posição de 12 h, 3 h e 9 h (do relógio) do revestimento 20N em relação ao espaço G na posição de 6 h (do relógio). Alternativamente, o recorte na forma de V pode ser colocado em qualquer lugar no flange 241. As bordas do topo e do fundo 26F, 28F das aletas 22N incluem uma seção da cauda 72 que prolonga-se exteriormente a partir do flange 241 no espaço G. A borda interna 74 de cada seção da cauda 72 é angulada a partir da borda do espaço G para a borda externa 76 de cada aleta 22N. O ângulo depende do comprimento da aleta.

As aletas 22N também incluem um primeiro e segundo conector 78a, b que formam um conjunto de conectores opostos 78. Cada aleta 22N inclui pelo menos dois conjuntos de conectores, preferivelmente três conjuntos, para fixar as aletas 22N em conjunto de modo a fixá-las em torno de uma coluna de ascensão 14 (Figs. 9 a 14). Cada conector 78 prolonga-se internamente a partir da superfície externa 80 de cada aleta 22N, criando uma cavidade 82 que inclui uma abertura 84 para receber um dispositivo de fixação. As paredes de cada conector 78 estreitam-se para dentro e a abertura 84 é projetada do centro do conector 78 para a borda externa 76 da aleta 22N. A cavidade 82 de cada conector 78a, b forma uma caixa na forma retangular 86 que prolonga-se a partir da superfície interna 88 da aleta 22N e está em alinhamento horizontal com cada seção da cauda 72. Em uma modalidade preferida, uma placa de cobertura (não mostrada) pode ser fixada em cada uma das aberturas da cavidade. Cada conector 78a, b do conjunto está em alinhamento longitudinal entre si. Os dispositivos de fixação para fixar as aletas 22N em conjunto, podem incluir conectores macho-fêmea 90, 92 ou pinos, porcas e arruelas (não mostrados). Em uma

modalidade preferida, os dispositivos de fixação são conectores macho e fêmea 90, 92 formados de poliuretano 70 Shore D, um poliuretano 90-95 Shore A ou polietileno reforçado com vidro (Figs 15A, 15B). Alternativamente, fibra de vidro/pinos, porcas e arruelas Inconel podem ser usados. O conector macho 90 é colocado em um conector 78a do conjunto de conectores 78 e o conector fêmea 92 é colocado no segundo conector 78b do conjunto de conectores 78 e os prendedores 90, 92 são fixados em conjunto, puxando as aletas 22N em conjunto, e assim a carenagem 16N, em torno da coluna de ascensão 14. Os conectores 78 incluem orifícios de manejo 94 para o acesso aos dispositivos de fixação (Figs. 9, 11, 16, 17).

O revestimento 20, 20N tem um diâmetro externo de D e as aletas 22, 22N têm uma distância entre suas extremidades de W. Quando W é igual a D, as aletas são paralelas (Fig. 4). Foi descoberto que se W diminui em relação a D, isto é, as aletas 22, 22N são afuniladas, o arraste é reduzido. Em uma modalidade alternativa, a carenagem 16B é formada de um revestimento cilíndrico 20P tendo aletas opostas 22P, prolongando-se exteriormente em uma direção vertical, que define um espaço longitudinal G. Entretanto, ao invés de serem paralelas, as aletas 22P são afuniladas e assim, a distância de W é diminuída entre as bordas opostas 23 das aletas 22P (Figs. 23 e 24). A disposição das aletas 22P pode ser de $W = D$ (paralelas) para $W = 75\%$ de D (afuniladas). Qualquer diminuição de W em relação a D, resultará no afunilamento das aletas 22P. Uma razão preferida é $W = 25\%$ de D que é cerca de uma redução de 12,5 % para cada aleta 22P, resultando em uma diminuição de 25 % em W com respeito a D.

As aletas são colocadas em uma direção longitudinal com a corrente de fluido de modo a mover as turbulências do vórtice da camada delimitadora ainda distantes da coluna de ascensão 14 sem adição de arraste significativa (Fig. 13). As aletas 22', 22P podem ter qualquer comprimento, entretanto, não obstante o comprimento, as aletas 22', 22P não se prolongam além do diâmetro externo nominal do revestimento 20. Preferivelmente, a carenagem 16A, 16B tem dimensões de comprimento para o diâmetro (diâmetro do revestimento) tal que o comprimento para a razão do diâmetro ou razão de aspecto está na faixa de 1,50 para 2,50, preferivelmente igual a ou maior do que 1,75 para 2,0.

As carenagens 16, 16A, 16B tipicamente variariam na altura de cerca de 0,60 a 3,65 m (2 a 12 pés) e tipicamente teriam um diâmetro de cerca de 0,15 a 1,21 m (6 a 48 polegadas). O revestimento 20, 20', 20P é montado de forma giratória sobre um elemento substancialmente cilíndrico, tal como a coluna de ascensão 14, e gira em torno da coluna de ascensão 14 para emparelhar as aletas 22, 22', 22P com a direção da corrente.

Os revestimentos 20, 20' e 20P são configurados para encaixarem-se em torno da coluna de ascensão 14, incluindo a equalização da pressão; levando em conta que o fluido atinja a face do mancal do revestimento 20, 20' para a lubrificação da face do mancal com o

fluido; e levando em conta que o fluxo de fluido impeça o crescimento marinho. A configuração do revestimento também auxilia na rotação direcional do revestimento 20, 20', 20P em torno da coluna de ascensão 14 de modo a alinhar a carenagem 16, 16', 16P com a corrente.

5 Como mostrado nas Figs. 16 e 17, um sistema de carenagem é considerado, no qual vários segmentos da carenagem 16, 16A, 16B podem ser instalados na coluna de ascensão 14 para girarem independentemente ao longo de um elemento mais alongado. Com os segmentos da carenagem 16A e 16B, as superfícies do mancal do topo e do fundo 26N, 28N dos flanges 24 permitem que cada segmento da carenagem 16A, 16B gire
10 livremente nos flanges adjacentes 24 (Fig. 16). Em uma modalidade alternativa, cada segmento da carenagem 16, 16A, 16B pode ser separado por um colar de duas seções 48 configurado tal que ele possibilita que cada segmento da carenagem 16, 16A, 16B gire livremente sobre o colar 48 (Fig. 17). Em uma modalidade, o colar circular 48 tem uma superfície externa 50, uma superfície do topo 52, uma superfície interna 54 e seções da
15 extremidade 56a, b (Figs. 18, 19). O colar 48 pode ter qualquer altura, por exemplo, em uma modalidade ele pode ter cerca de 0,07 m (3 polegadas). O diâmetro do colar 48 dependerá do diâmetro da coluna de ascensão 14, a qual ele irá envolver. O colar 48 também inclui uma pluralidade de espaçadores anulares 62 colocada em torno da superfície interna 54 do colar 48. Os espaçadores anulares 62 fixam o colar 48 à coluna de ascensão 14 e reduzem
20 o movimento rotacional e axial do colar 48 por indução da tensão circunferencial e fornecimento de uma superfície de atrito na coluna de ascensão 14. Os espaçadores 62 prolongam-se externamente a partir da superfície interna 54 tal que o ID dos espaçadores anulares 62 é menor do que o ID do colar 48. O número de espaçadores 62 em cada colar dependerá da circunferência do colar. Em uma modalidade, pelo menos seis espaçadores
25 62 seriam usados.

Cada espaçador anular 62 tem uma face do espaçador 64, e a parte intermediária 66 e um retentor de espaçador 68 (Fig. 20). O retentor de espaçador 68 é inserido através de um orifício do espaçador (não mostrado) na superfície interna 54 do colar 48. O retentor de espaçador 68 é suficientemente flexível para que ele possa ser elasticamente deformado
30 para passar através do orifício do espaçador na superfície interna do colar 48, enquanto que a face do espaçador 64 é dimensionada para prevenir a passagem através do orifício do espaçador quando uma força determinada é transmitida contra a face do espaçador 64. Os espaçadores anulares 62 são construídos de material adequado para induzir a interação de atrito entre o colar 48 e a coluna de ascensão 14. Por exemplo, os espaçadores 62 podem
35 ser formados de um material de poliuretano que fornece compatibilidade de modo que quando as duas seções 48a, 48b do colar são fixadas em torno da coluna de ascensão 14, existe compressão radial da superfície interna 54 do colar 48 na coluna de ascensão 14,

assim comprimindo o poliuretano e causando atrito. As duas seções 48a, 48b do colar são colocadas em torno da coluna de ascensão 14 e fixadas no lado inferior do colar 58 com dispositivos de fixação tais como um parafuso, porca e arruela roscados através de uma abertura em cada uma das seções da extremidade 56a, b. Em uma modalidade preferida, o

5 colar incluirá uma pluralidade de orifícios de alívio de pressão 60 (Figs. 14 e 15).

As carenagens 16, 16A, 16B e o colar 48 podem ser construídos a partir de qualquer material não metálico, com nível baixo de corrosão tais como polietileno, poliuretano, resina éster vinílica, cloreto de polivinila (PVC) de densidade alta ou baixa, ou outros materiais com propriedades de flexibilidade e durabilidade substancialmente similares

10 ou manta de fibra de vidro de camadas múltiplas. Estes materiais fornecem carenagens 16, 16A, 16B e o colar 48 com a resistência para permanecerem na coluna de ascensão 14, porém flexão suficiente para possibilitar que eles sejam colocados em torno da coluna de ascensão 14 durante a instalação. O uso de tais materiais elimina a possibilidade de corrosão, que pode fazer com que o revestimento da carenagem trave em torno do

15 elemento alongado que ele envolve.

As Figs. 21 e 22 apresentam resultados de testes que demonstram a eficácia surpreendente da carenagem inventiva 16. A Fig. 21 é um gráfico do coeficiente de arraste (Cd) para uma tubulação sem revestimento e ADFS pelo número de Reynolds (Re) e a Fig. 22 é um gráfico de A^* pela velocidade reduzida nominal (V_{rn}), que é definida como

20 $V_{rn} = U / (f_n \cdot D)$ onde U é a velocidade de provas, D o diâmetro do cilindro e f_n é a frequência natural do sistema. A^* é a amplitude da vibração normalizada que é definida como $A^* = A / D$. Para referência, a amplitude da vibração normalizada de uma tubulação sem revestimento seria esperada estar na faixa de 0,9 a 1,0, assim esta carenagem diminui a amplitude da vibração em significativamente mais do que 90 %.

Estes testes foram conduzidos em um tanque de provas com o elemento marinho rebocado para desenvolver movimento relativo entre a amostra de teste e a água. A amostra de teste foi deixada vibrar livremente na direção transversa. A Fig. 21 ilustra o coeficiente de arraste (Cd) tanto para um cilindro sem revestimento quanto para um cilindro protegido pela carenagem 16. A Fig. 22 ilustra a velocidade tanto de um cilindro sem revestimento quanto

30 de um cilindro protegido pela carenagem 16. Em ambos os casos, a amostra de teste foi deixada vibrar livremente na direção transversa. Também mostradas são curvas publicadas de Cd pelo número de Reynolds para uma tubulação sem revestimento fixa. A vibração transversa realçada por VIV causa um aumento contínuo no Cd. Com a carenagem 16 instalada, os coeficientes de arraste são significativamente reduzidos em relação à tubulação

35 fixa ou livremente oscilante a 0,4 ou menos. Além disso, a instalação da carenagem 16 faz com que a vibração seja reduzida por pelo menos 90 % e por tanto quanto 95 a 99 %. A Fig. 22 também ilustra o desempenho de supressão da VIV superior surpreendente da

carenagem inventiva 16, 16A, mostrando que a eficiência da carenagem 16, 16A é de aproximadamente 95 %. A^* para uma tubulação sem revestimento é superior a 0,8 enquanto que uma tubulação equipada com a carenagem inventiva possui uma A^* de aproximadamente 0,01. O gráfico ilustra que as vibrações laterais causadas por VIV são quase totalmente eliminadas.

Os resultados dos testes mostraram, como ilustrado na Fig. 25, que à medida que W diminui com respeito a D , o coeficiente de arraste é reduzido. O gráfico da Fig. 25 mostra o Coeficiente de Arraste (C_d) comparado à Velocidade do Vento “ V ”, onde cada linha no gráfico representa uma razão $W:D$ diferente. As linhas A1, A2 representam um arranjo de aleta paralela onde $W = D$; a linha B representa o arraste para uma aleta afunilada onde $W = 75\%$ de D ($W=0,75$ de D); a linha C representa o arraste para uma aleta afunilada onde $W = 50\%$ de D ($W=0,50$ de D); e a linha D representa o arraste para uma aleta afunilada onde $W = 5\%$ de D ($W=0,05$ de D) (próxima ao contato). Inicialmente, à medida que a distância de W é diminuída a partir de D existe uma grande mudança em C_d . À medida que a distância de W é ainda mais diminuída, a proporção de redução no C_d é menor do que quando iniciada. Como pode ser observado a partir do gráfico na Fig. 25, uma redução em 25 % da distância de W em relação a D no início mostra um grande declínio em C_d (diferença entre as linhas A1, A2 e linha B), enquanto a redução de 50 % da distância W em relação a D à redução de 75 % da distância W em relação a D mostra menos de uma mudança em C_d (diferença entre as linhas C e D). Esta tendência continua até que o ponto onde a distância de W é reduzida a 0 e as aletas 22P são contatadas.

Embora a presente invenção e suas vantagens sejam descritas em detalhe, deve ser entendido que várias mudanças, substituições e alterações podem ser feitas neste relatório sem divergir do espírito e do escopo da invenção conforme definido pelas reivindicações anexas. Além disso, o escopo do presente pedido não é intencionado ser limitado às modalidades particulares do processo, máquina, fabricação, composição de matéria, dispositivos, métodos e etapas descritos no relatório descritivo. Uma pessoa de habilidade comum na técnica prontamente apreciará a partir da divulgação da presente invenção, processos, máquinas, fabricação, composições de matéria, dispositivos, métodos, ou etapas, presentemente existentes ou mais tarde desenvolvidos, os quais realizam substancialmente a mesma função ou obtêm substancialmente o mesmo resultado como as modalidades correspondentes descritas neste relatório, as quais podem ser utilizadas de acordo com a presente invenção. Consequentemente, as reivindicações anexas são intencionadas a abranger dentro de seu escopo tais processos, máquinas, fabricação, composições de matéria, dispositivos, métodos, ou etapas.

REIVINDICAÇÕES

1. Carenagem (16, 16A, 16B) para a redução da vibração induzida por vórtice, a diminuição do arraste e a eliminação do fenômeno de galope sobre um elemento cilíndrico (14) imerso em um meio fluido, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

5 um revestimento cilíndrico na forma de U (20) com bordas opostas (24, 26) que definem um espaço longitudinal (G), em que o espaço longitudinal (G) fornece uma abertura que permite a alocação do revestimento (20) sobre um elemento cilíndrico (14), e

10 aletas longitudinais (22) prolongando-se exteriormente a partir das bordas opostas (24, 26) do revestimento (20), as aletas longitudinais (22) sendo posicionadas de modo a reduzir a vibração induzida por vórtice e minimizar o arraste no elemento cilíndrico (14).

2. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** por inclui adicionalmente um coxim de mancal (32) configurado para caber no espaço longitudinal (g), o coxim de mancal (32) tendo uma superfície interna curvada (34) e superfícies laterais (38) em alinhamento com cada uma das aletas longitudinais (22).

15 3. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que cada carenagem (16, 16A, 16B) inclui pelo menos um coxim de mancal (32) para fixar a carenagem (16, 16A, 16B) ao elemento cilíndrico (14).

20 4. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que inclui ainda pelo menos um conjunto de conectores opostos (78) para fixar a carenagem ao elemento cilíndrico (14), cada conector (78a, 78b) sendo posicionado em uma superfície interna de cada aleta longitudinal (22).

5. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que as aletas longitudinais (22) incluem uma pluralidade de conectores opostos (78).

25 6. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que cada conector (78) inclui uma abertura (84) configurada para receber um dispositivo de fixação (90, 92) para fixar os conectores opostos (78) em conjunto.

30 7. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que inclui ainda um flange (241) em uma borda do topo (26N) e do fundo (28N) da carenagem (16, 16A, 16B), o flange (241) prolongando-se em torno da circunferência do revestimento (20) e para fora do revestimento (20).

8. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que cada aleta longitudinal (22) não se prolonga além do diâmetro externo do revestimento (20).

35 9. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que é construída a partir de um material não metálico, com nível baixo de corrosão selecionado de um grupo que consiste de polietileno, poliuretano, resina éster

vinílica, cloreto de polivinila e fibra de vidro.

10. Carenagem (16, 16A, 16B), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que as aletas longitudinais (22) estreitam-se para dentro.

5 11. Sistema de carenagem para a redução da vibração induzida por vórtice, a diminuição do arraste e a eliminação do fenômeno de galope sobre um elemento cilíndrico (14) imerso em um meio fluido, o sistema de carenagem sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

10 uma pluralidade de carenagens (16, 16A, 16B) tendo revestimentos cilíndricos na forma de U (20), cada revestimento (20) tendo bordas opostas (24, 26) que definem um espaço longitudinal (G);

aletas longitudinais (22) prolongando-se exteriormente a partir das bordas opostas (24, 26) de cada pluralidade de revestimentos (20), as aletas longitudinais (22) sendo posicionadas de modo a reduzir a vibração induzida por vórtice e minimizar o arraste no elemento cilíndrico (14); e

15 dispositivos para fixar (32, 78) cada pluralidade de carenagens (16, 16A, 16B) em torno do elemento cilíndrico (14).

20 12. Sistema de carenagem, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo para fixar (32, 78) as carenagens (16, 16A, 16B) em torno do elemento cilíndrico (14) inclui um coxim de mancal (32) configurado para se encaixar no espaço longitudinal (G) em cada revestimento (20) entre as bordas opostas (24, 26) do revestimento e as aletas longitudinais (22).

25 13. Sistema de carenagem, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que um colar circular (48) é posicionado entre cada pluralidade de carenagens (16), o colar (48) configurado tal que ele possibilite que cada carenagem (16) gire livremente sobre o colar (48).

14. Sistema de carenagem, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o revestimento (20) tem um diâmetro externo D e as aletas longitudinais (22) têm uma distância W entre as bordas opostas (24, 26) das aletas longitudinais (22).

30 15. Sistema de carenagem, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a razão de W para D é de $W = D$ para $W = 75\%$ de D.

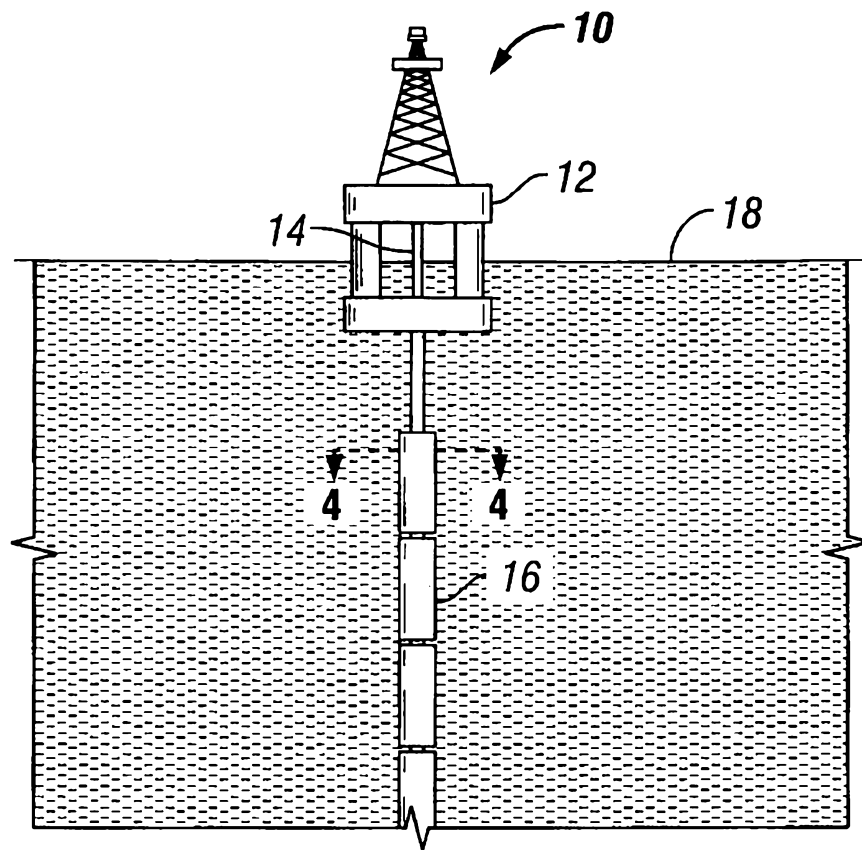


FIG. 1

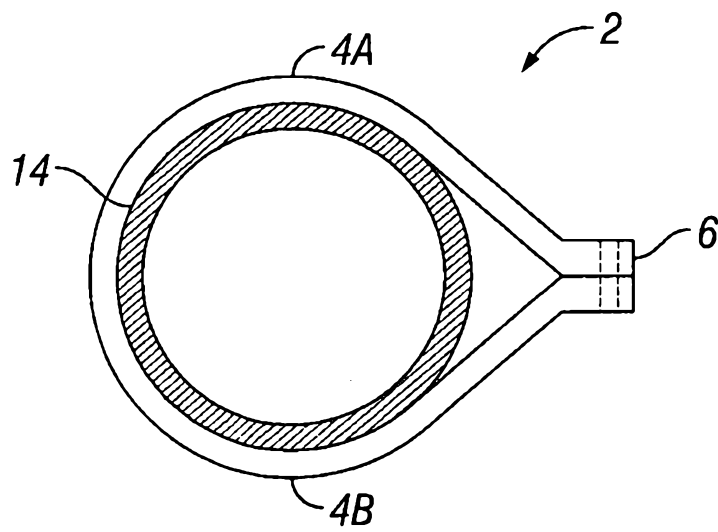


FIG. 2

(Técnica Anterior)

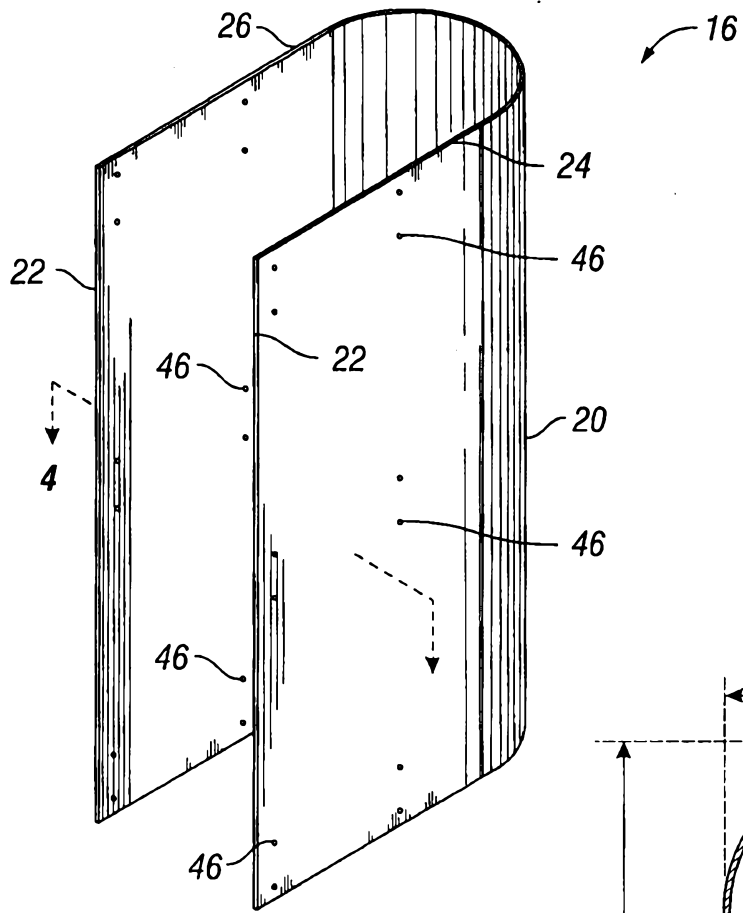


FIG. 3

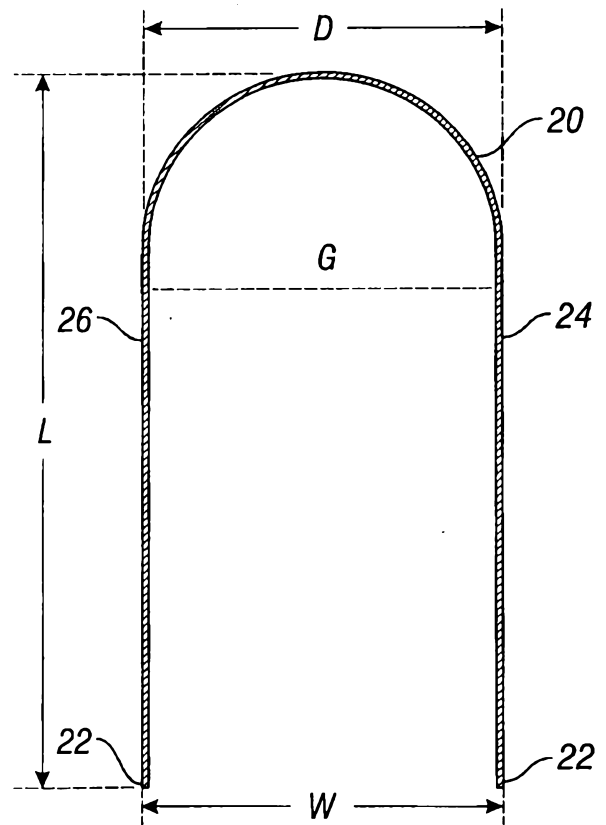


FIG. 4

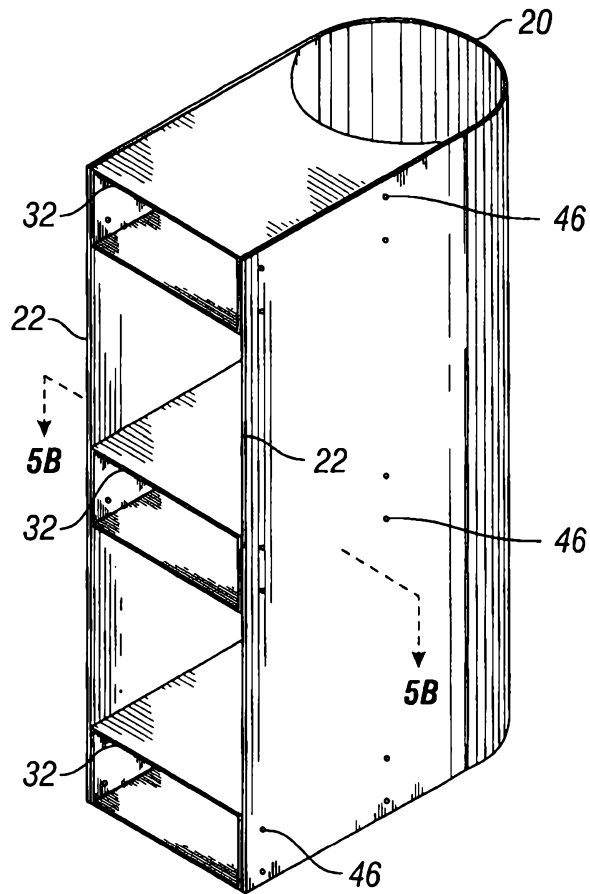


FIG. 5A

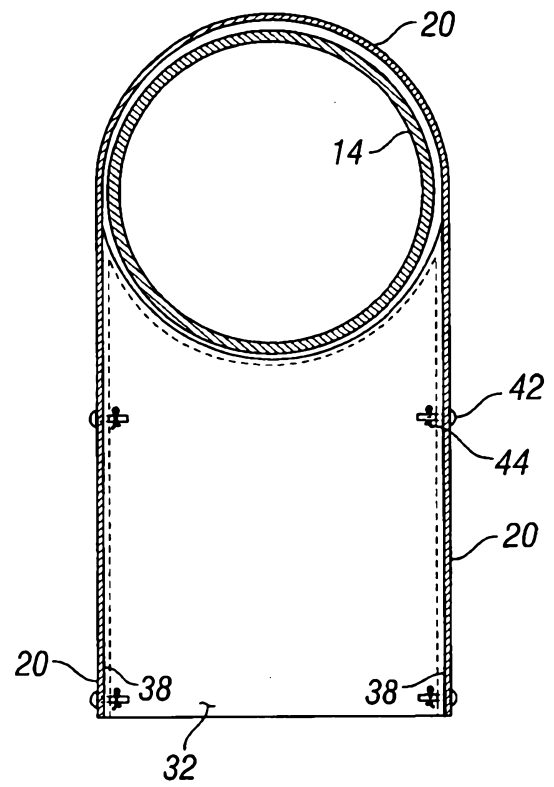


FIG. 5B

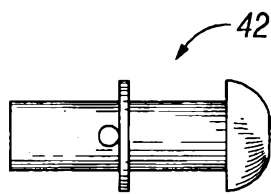


FIG. 6A

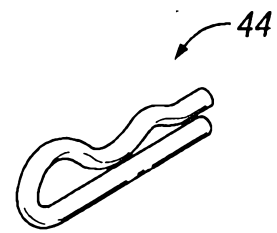
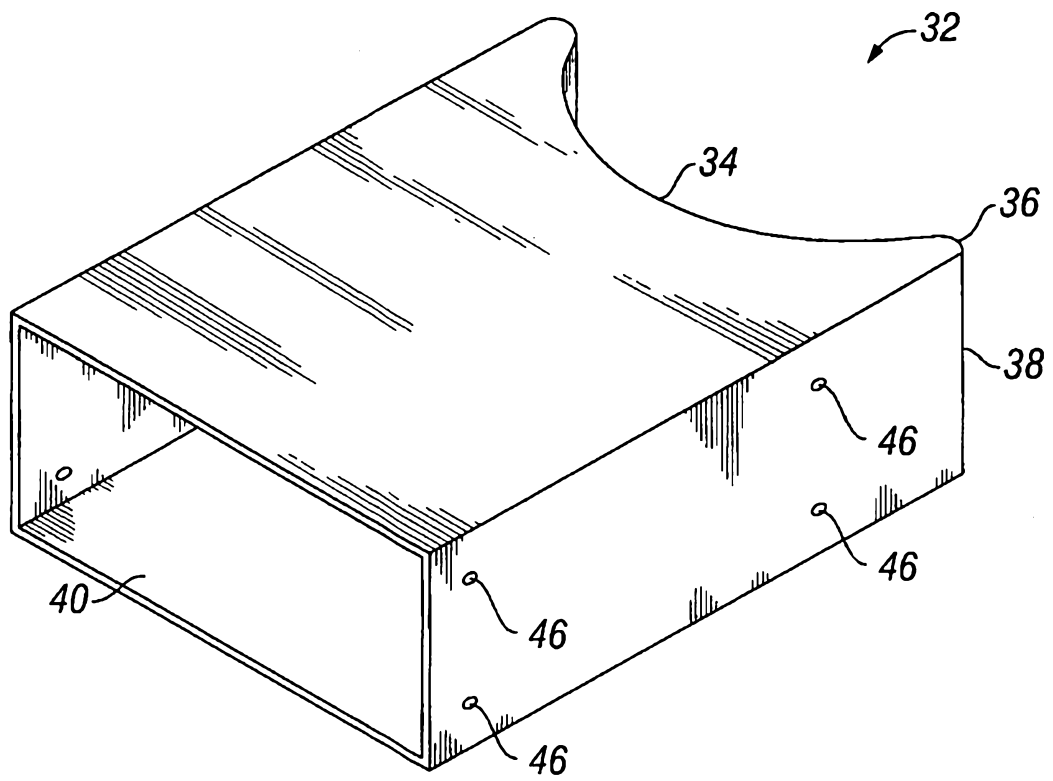
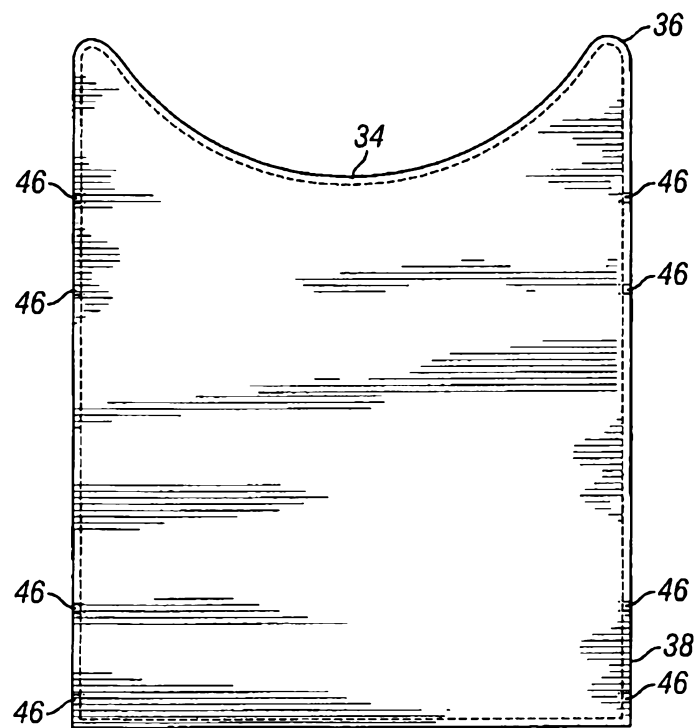


FIG. 6B

**FIG. 7****FIG. 8**

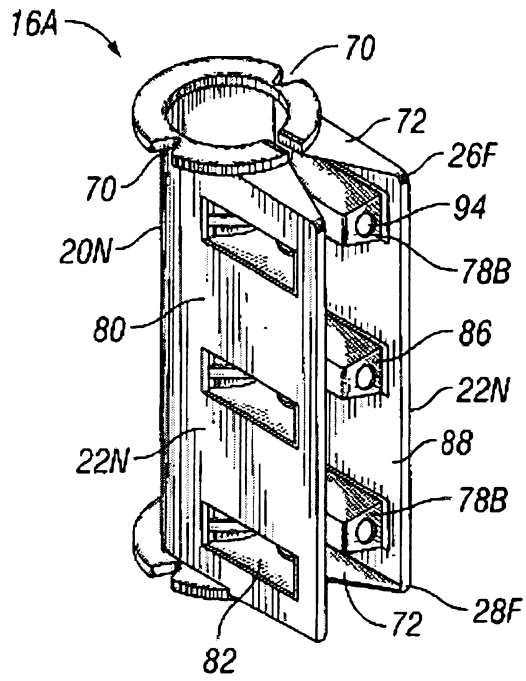


FIG. 9

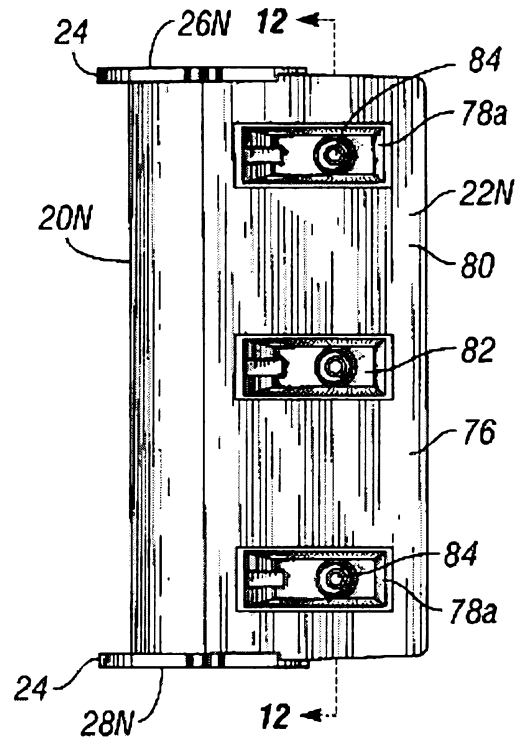


FIG. 10

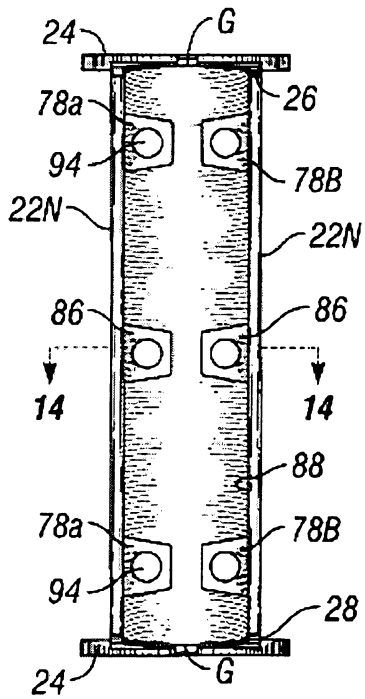


FIG. 11

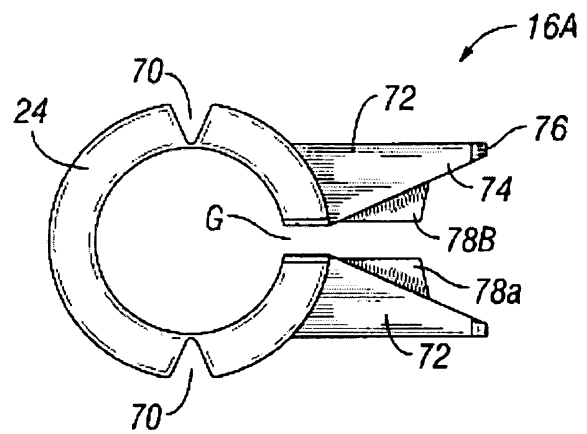


FIG. 13

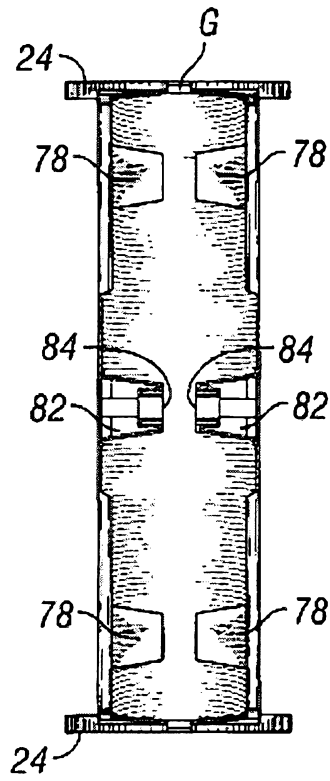


FIG. 12

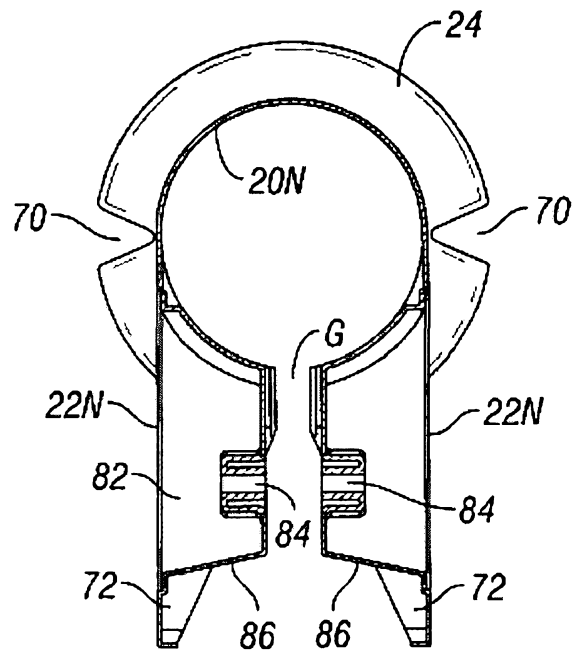


FIG. 14

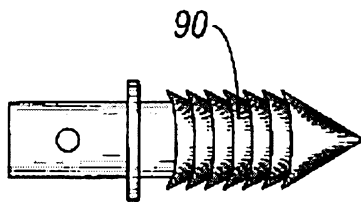


FIG. 15A

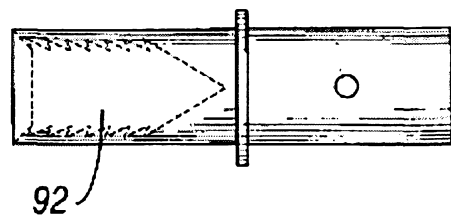


FIG. 15B

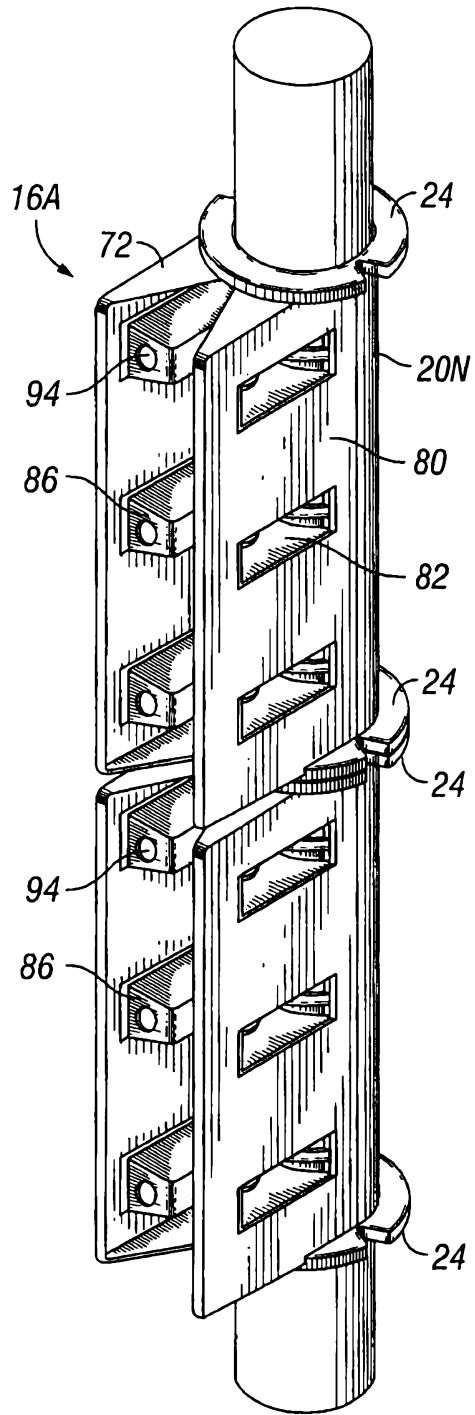


FIG. 16

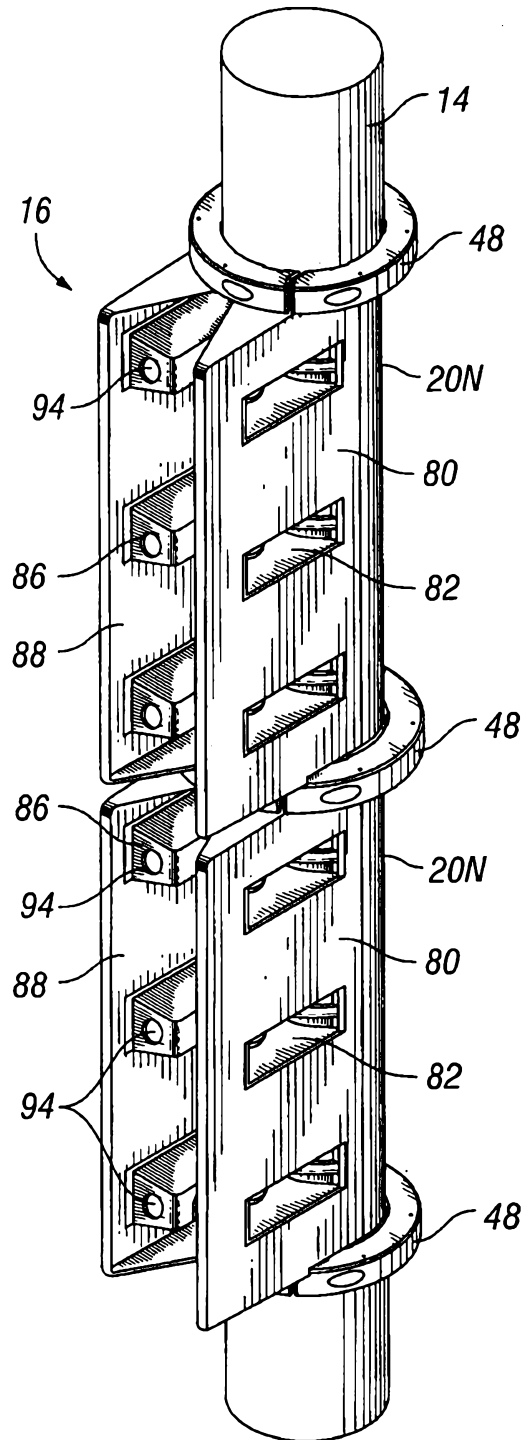
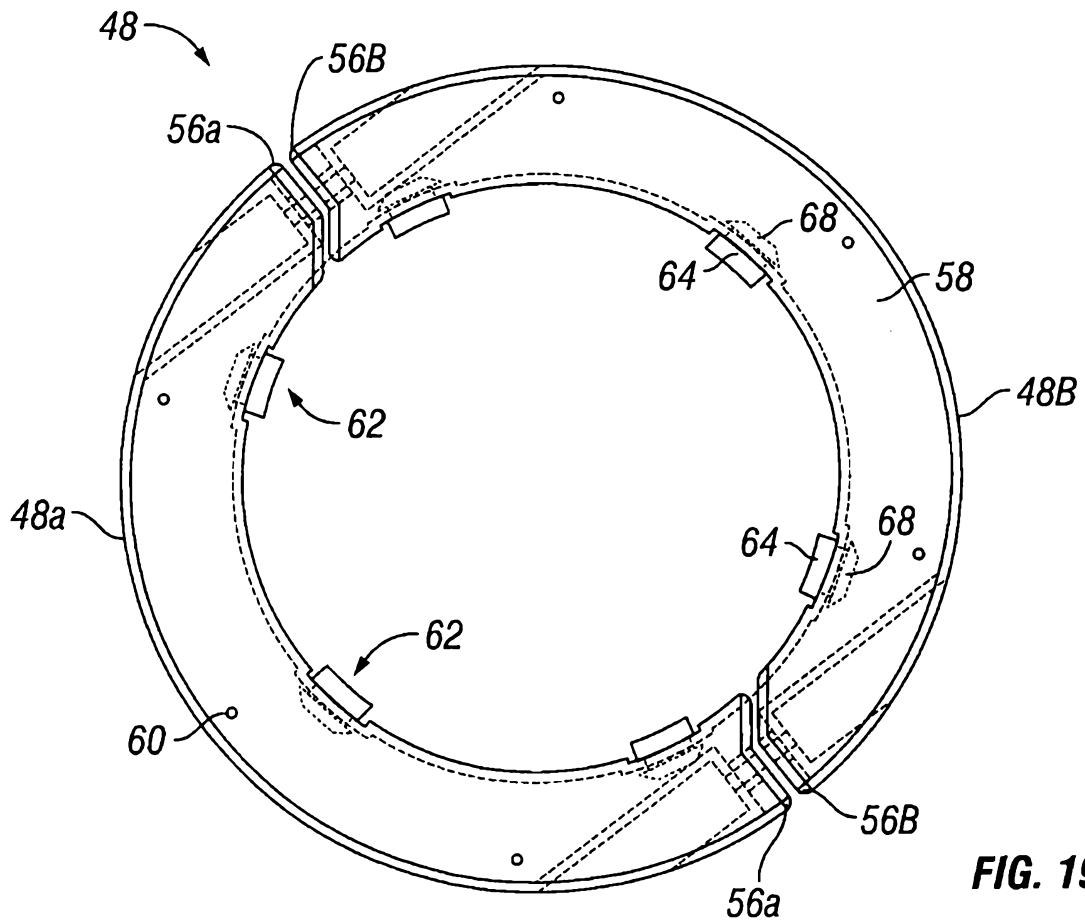
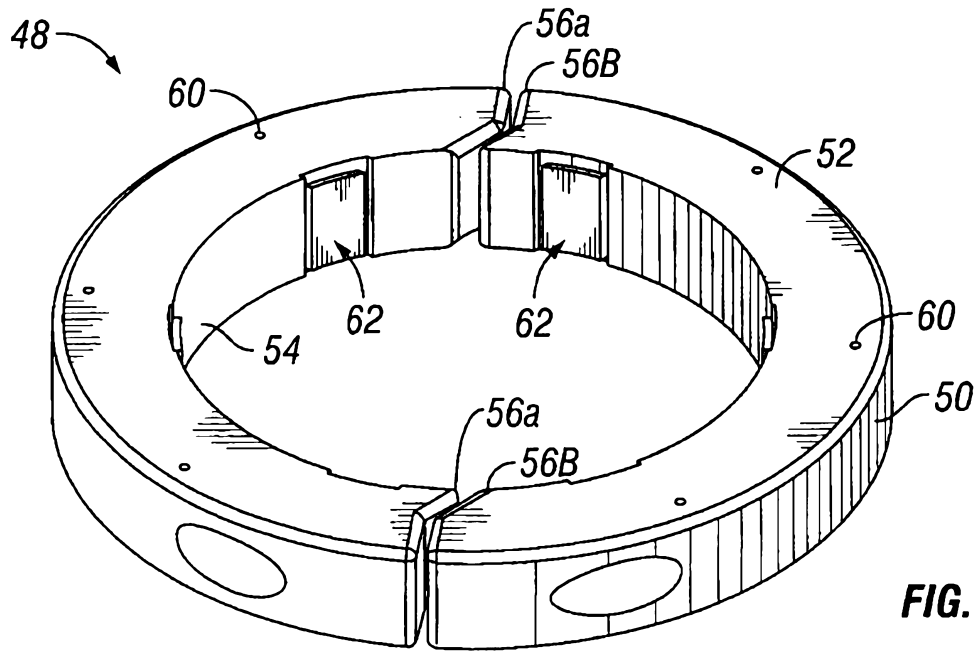


FIG. 17



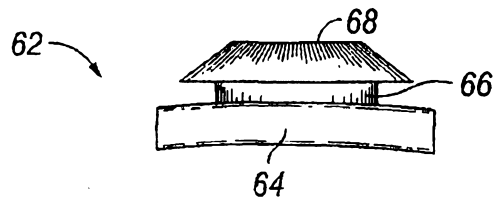


FIG. 20

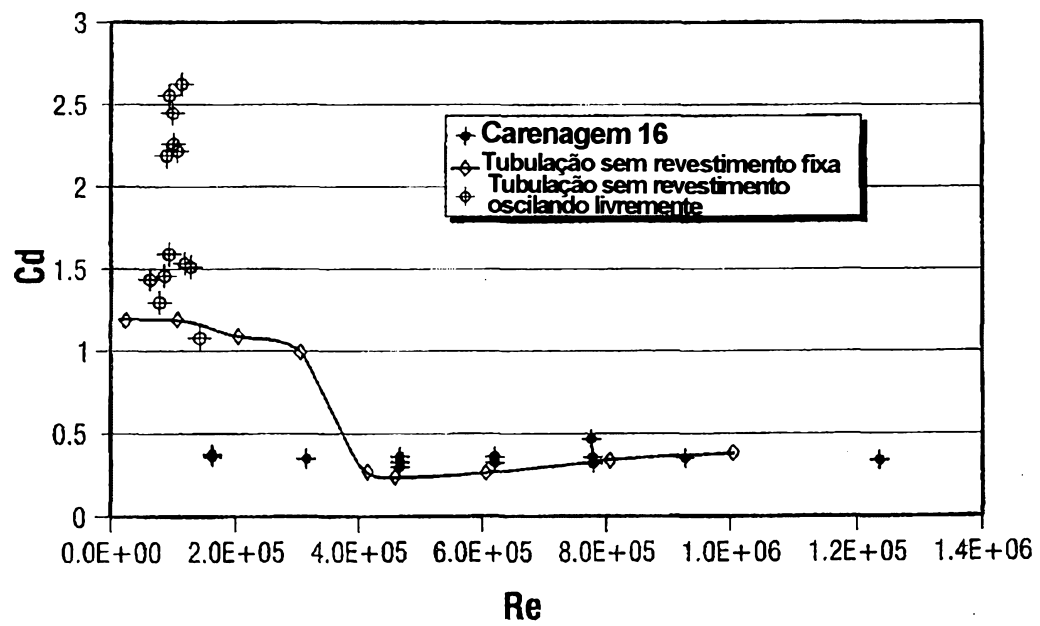


FIG. 21

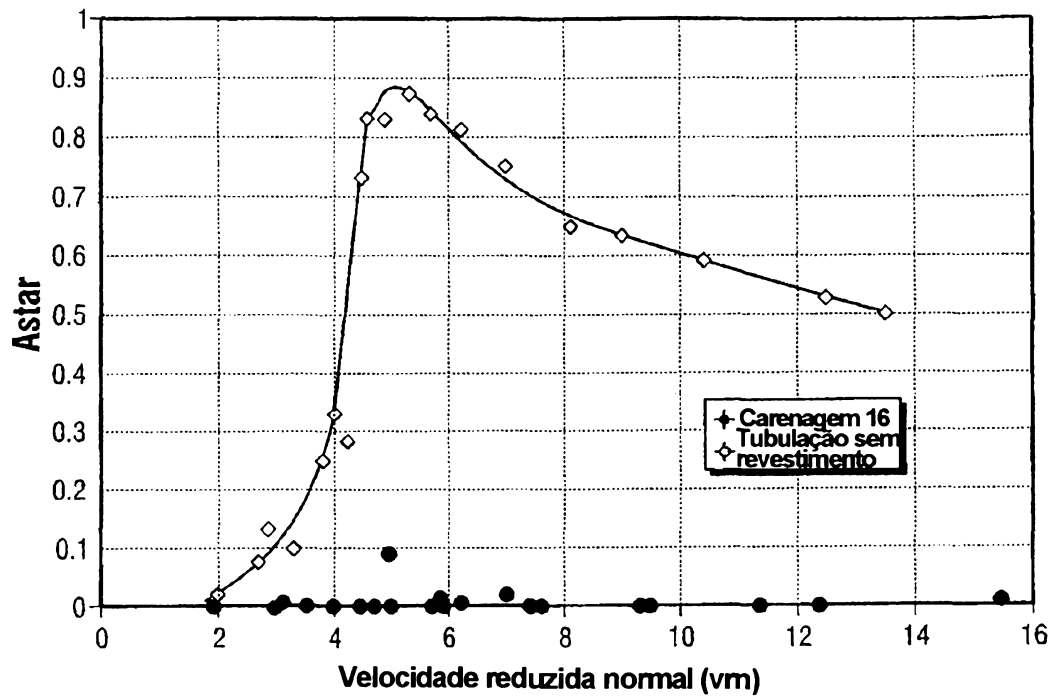
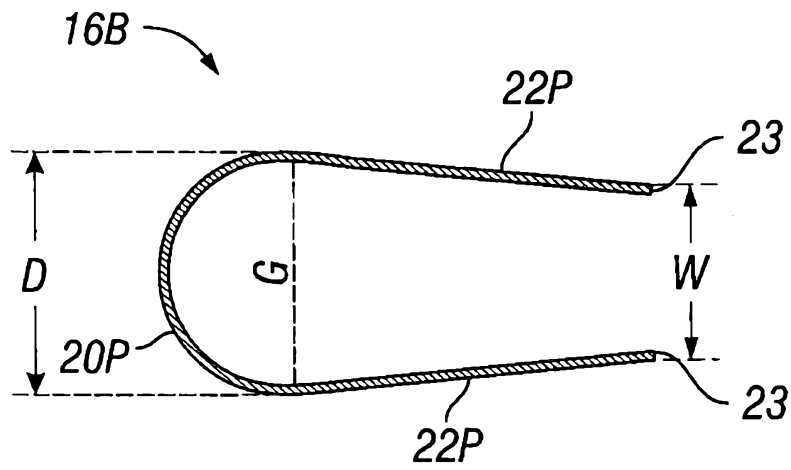
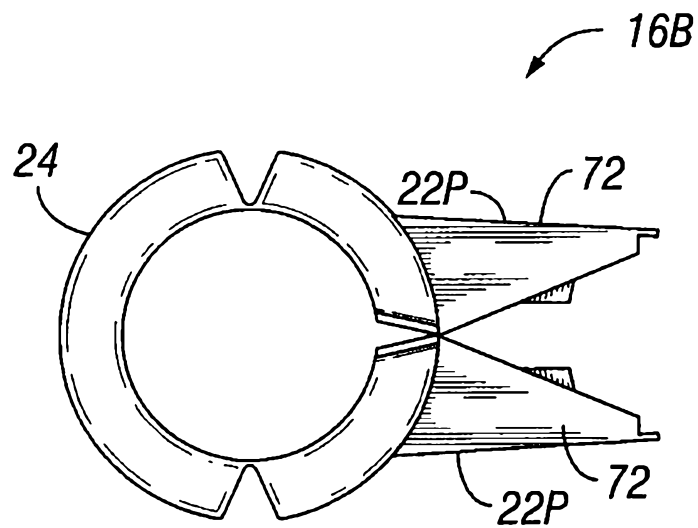


FIG. 22

**FIG. 23****FIG. 24**

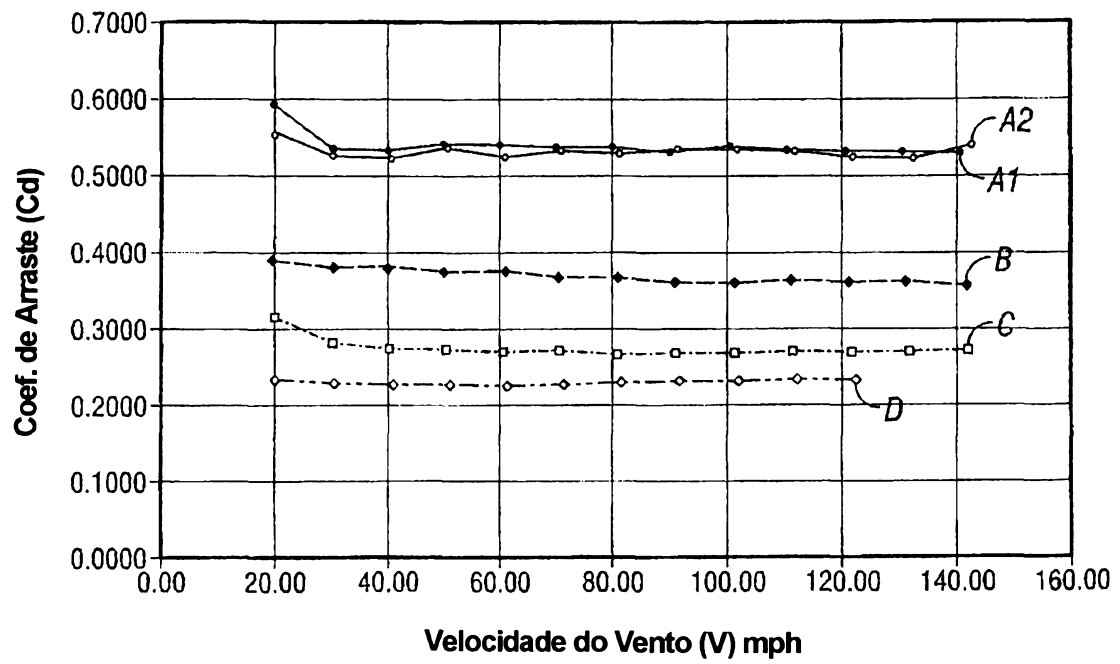


FIG. 25