



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

(21) PI 0721023-0 A2



(22) Data de Depósito: 15/10/2007
(43) Data da Publicação: 29/07/2014
(RPI 2273)

(51) Int.Cl.:
B63B 21/66
F16B 7/14

(54) Título: SUPRESSÃO DE VIBRAÇÃO INDUZIDA POR VÓRTICE **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 17/01/2007 GB 0700872.5,
26/04/2007 GB 0708108.6

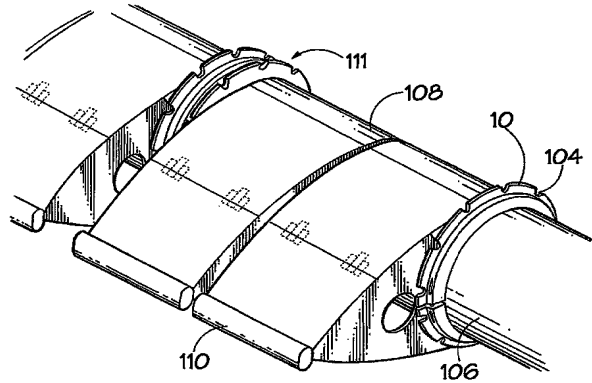
(73) Titular(es): Trelleborg Crp Limited

(72) Inventor(es): David Michael Ruthven Somerville, Nicholas W. Byrne

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT GB2007050635 de
15/10/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/087372de
24/07/2008



“SUPRESSÃO DE VIBRAÇÃO INDUZIDA POR VÓRTICE”

A presente invenção diz respeito à supressão de vibração induzida por vórtice de um elemento alongado submarino, tal como uma coluna de ascensão marinha.

5 A presente invenção é aplicável, em particular, em conjunto com colunas de ascensão marinhas usadas na extração de petróleo ao largo, embora ela tenha aplicações em potencial em outras situações nas quais um elemento alongado submerso (e, tipicamente, cilíndrico) fica exposto a um fluxo de água e deve ser protegido dos seus efeitos. Portanto, embora seja feita referência a colunas de ascensão na discussão seguinte, o elemento em questão pode tomar outras formas - por exemplo, ele pode ser um tubo, coluna de ascensão
10 de perfuração ou, de fato, ele pode ser uma unidade de flutuação, por exemplo, uma unidade anexada em um usuário marinho.

Correntes de água que colidem em colunas de ascensão marinhas podem criar tanto vibração induzida por vórtice quanto arraste.

Vórtices se formam no fluxo à jusante da coluna de ascensão e são intermitentemente “emitidos” - isto é, eles se desanexam da coluna de ascensão e se movem à jusante
15 com o fluxo. Vórtices emitidos de um lado ou do outro da coluna de ascensão criam uma força sobre ela em uma direção correspondente, no geral, através da direção do fluxo de fluido. Descobriu-se que, em alguns casos, esta emissão dos vórtices pode ocasionar uma vibração ou oscilação em baixa frequência da coluna de ascensão. Acredita-se que, embora a emissão dos vórtices seja incoerente ao longo do comprimento do tubo, seu efeito final é
20 relativamente pequeno. Se os vórtices se correlacionarem ao longo do comprimento do tubo para produzir um efeito coerente sobre ele, então, ele pode resultar em VIV potencialmente prejudicial. O movimento do tubo, por exemplo, movimento periódico contra e a favor em uma direção através do fluxo do fluido, pode promover a correlação do vórtice e, assim, e-
25 xacerbar o problema. Se ocorrer VIV em uma frequência natural da oscilação do tubo, ou próxima dela, efeitos de ressonância podem exacerbar o problema.

Arraste é uma força na coluna de ascensão ao longo da direção do fluxo do fluido. Ele produz tensões de curvatura indesejáveis e, potencialmente, ele também aumenta a carga no ponto de suspensão da coluna de ascensão.

30 Sabe-se abordar ambos os problemas pela instalação de uma carenagem aerodinâmica em forma de lágrima ao redor da coluna de ascensão, que é livre para pivotar ao redor do eixo geométrico da coluna de ascensão e, assim, para “fazer movimento tipo cata-vento”, isto é, se alinhar com a direção da corrente. Uma carenagem como esta é divulgada na publicação de patente UK 0603040.7 do requerente, publicada sob o número GB
35 2421751 A. A carenagem divulgada neste pedido é formada por múltiplas seções de carenagem instaladas lado a lado ao longo do comprimento da coluna de ascensão. Para localizar as carenagens e impedi-las de se mover ao longo da coluna de ascensão, cintas são

dispostas em intervalos entre carenagens vizinhas, as cintas sendo presas na coluna de ascensão. Tais arranjos de carenagem são considerados efetivos na supressão de VIV, embora a melhoria de seus desempenhos permaneça desejável.

5 Uma outra abordagem para a supressão da VIV é fornecer recursos modelados sobre a coluna de ascensão que influenciam a transição, no fluxo de fluido sobre ela, de um suave fluxo laminar para fluxo turbulento. Um arranjo amplamente adotado deste tipo usa carreiras de tábuas helicoidais que se estendem ao longo do comprimento da coluna de ascensão e ao redor de sua circunferência. Embora efetivas na supressão da VIV, estas carreiras de tábuas adicionam complexidade de construção e também podem aumentar o ar-
10 raste, bem como criam dificuldades durante o desdobramento da coluna de ascensão.

Observou-se em testes confidenciais que um tubo cilíndrico fixo, exposto a um fluxo normal no seu comprimento, embora emitindo vórtices em decorrência do fluxo, é sujeito a menores forças oscilatórias do que um tubo idêntico suportado de uma maneira que permite o movimento normal na direção do fluxo.

15 Isto foi explicado pela referência à correlação dos vórtices ao longo do comprimento do tubo. Há um “comprimento de correlação” além do qual - no caso de um tubo fixo - vórtices não se correlacionam e, assim, permanecem fora de fase. Portanto, seus efeitos no tubo são incoerentes e, assim, toda tendência na direção da VIV é reduzida. Quando o tubo puder oscilar, acredita-se que seu movimento promova a correlação, e o efeito coerente resul-
20 tante dos vórtices emitidos promove adicionalmente a VIV.

Também observou-se, em testes confidenciais conduzidos pelo requerente, que no tipo de arranjo supradescrito que compreende carenagens rotatórias separadas por cintas, a omissão das cintas do arranjo pode prejudicar a supressão da VIV. Acredita-se que, neste caso, vórtices são emitidos das carenagens ao longo do comprimento da coluna de ascensão
25 correlata, de forma que suas ações sobre a coluna de ascensão sejam coerentes. Quando a frequência da emissão se aproximar da frequência natural da coluna de ascensão, pode ocorrer ressonância, que leva a efeitos deletérios. Acredita-se que a presença das cintas auxilie na redução da correlação entre vórtices, de forma que seus efeitos sejam menos co-
erentes e menos prováveis de produzir vibração.

30 Um objetivo da presente invenção é melhorar a supressão da VIV. É desejado alcançar este objetivo de uma maneira que seja construcionalmente simples e que não adicione custo excessivo à fabricação.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é divulgado um aparelho para suprimir vibração induzida por vórtice de um elemento alongado em um fluxo de
35 fluido, o aparelho compreendendo uma pluralidade de unidades de carenagem, cada qual compreendendo um corpo de carenagem adaptado para ser montado sobre o elemento alongado, tal como para poder rotacionar sobre ele, independentemente das outras unidades

de carenagem, e para se alinhar com o fluxo de fluido, o aparelho compreendendo adicionalmente pelo menos um dispositivo de descorrelação para montagem entre os corpos de carenagem vizinhos, o dispositivo de descorrelação compreendendo uma pluralidade de recursos de obstrução de vórtice posicionados, em uso, em intervalos ao redor da periferia do elemento alongado.

Preferivelmente, o aparelho é montado em um elemento alongado que é substancialmente circular em seção, os recursos de obstrução de vórtice ficando em intervalos ao redor da circunferência do elemento.

Preferivelmente, o dispositivo de descorrelação compreende uma palheta ereta que se estende, em uso, ao redor do elemento alongado.

Preferivelmente, a palheta é cortada em intervalos para formar os recursos de obstrução de vórtice.

Preferivelmente, os cortes na palheta são trapezoidais ou em forma de "U".

Preferivelmente, a profundidade dos cortes é de pelo menos metade da altura da palheta.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice são formados por furos através da palheta.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice têm superfícies que são helicoidalmente inclinadas em relação ao elemento alongado.

Preferivelmente, o ângulo da hélice é de 45 graus ou menos em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

Preferivelmente, a palheta tem lados que são inclinados em um ângulo entre três e vinte e cinco graus em relação a um plano normal em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

Preferivelmente, o dispositivo de descorrelação compreende pelo menos duas palhetas que se estendem ao redor do elemento.

Preferivelmente, as duas palhetas são separadas em uma distância entre $0,1 D$ e $0,5 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice compreendem pinos eretos ou compreendem concavidades.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice são formados sobre um anel de projeção.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice compreendem palhetas discretas arranjadas em intervalos ao redor do elemento.

Preferivelmente, as palhetas são helicoidalmente inclinadas em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

Preferivelmente, o ângulo de inclinação das palhetas está na faixa de 45 até 85

graus em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

Preferivelmente, o aparelho é substancialmente circular e os recursos de obstrução de vórtice têm uma altura radial entre $0,01 D$ e $0,25 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

5 Preferivelmente, o número de recursos de obstrução de vórtice do dispositivo de descorrelação é de dois até setenta e dois, inclusive.

Preferivelmente, o número de recursos de obstrução de vórtice do dispositivo de descorrelação é de três até vinte e quatro, inclusive.

10 Preferivelmente, o dispositivo de descorrelação é substancialmente circular e os recursos de obstrução de vórtice compreendem qualquer um das ranhuras helicoidais, dos furos axiais ou helicoidais ou das ranhuras circunferenciais.

Preferivelmente, múltiplos dispositivos de descorrelação são separados por não mais que $2 D$, em que D é a dimensão lateral máxima do elemento alongado.

15 Preferivelmente, múltiplos dispositivos de descorrelação são separados por não mais que $1,4 D$, em que D é a dimensão lateral máxima do elemento.

Preferivelmente, múltiplos dispositivos de descorrelação são separados por uma distância na faixa de $1 D$ até $1,4 D$, em que D é a dimensão lateral máxima do elemento.

Preferivelmente, os dispositivos de descorrelação são formados por uma estrutura de anel para montagem ao redor do elemento alongado.

20 Preferivelmente, o dispositivo de descorrelação é uma cinta.

Preferivelmente, palhetas que definem os recursos de obstrução de vórtice têm forma triangular ou trapezoidal.

Preferivelmente, o aparelho é montado em um elemento alongado formado como um tubo, coluna de ascensão marinha, módulo de flutuação ou congêneres.

25 Preferivelmente, a palheta tem pelo menos $0,03 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

30 De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, é divulgada uma cinta para montagem sobre um elemento alongado submarino, a cinta compreendendo pelo menos uma proteção da cinta e pelo menos um dispositivo de tensão para unir a proteção da cinta no elemento alongado para impedir seu movimento ao longo deste, a proteção da cinta com faces de extremidade para apoiar as respectivas unidades de carenagem em ambos os lados da cinta, e a proteção da cinta com recursos de obstrução de vórtice modelados em intervalos discretos ao redor de sua periferia.

35 Preferivelmente, a cinta é substancialmente circular em seção, os recursos de obstrução de vórtice ficando em intervalos ao redor da circunferência do elemento.

De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção, é divulgado um dispositivo de supressão da vibração induzida por vórtice para anexação em um elemento alonga-

do submarino, o dispositivo compreendendo pelo menos um elemento de anel para montagem sobre o elemento alongado, o elemento de anel sendo fornecido com múltiplos recursos de obstrução de vórtice em intervalos ao longo de sua periferia.

5 Preferivelmente, o elemento de anel tem uma palheta ereta que se estende ao redor do elemento alongado quando o anel estiver montado.

Preferivelmente, a palheta é cortada em intervalos para formar os recursos de obstrução de vórtice.

Preferivelmente, os cortes na palheta são trapezoidais ou em forma de "U".

10 Preferivelmente, a profundidade dos cortes é de pelo menos metade da altura da palheta.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice são formados por furos através da palheta.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice têm superfícies que são helicoidalmente inclinadas em relação ao elemento alongado.

15 Preferivelmente, o ângulo da hélice é de 45 graus ou menos em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

Preferivelmente, a palheta tem lados que são inclinados em um ângulo entre três e vinte e cinco graus em relação a um plano normal em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

20 Preferivelmente, o dispositivo compreende pelo menos duas palhetas que se estendem ao redor do elemento.

Preferivelmente, as duas palhetas são separadas em uma distância entre $0,1 D$ e $0,5 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

25 Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice compreendem pinos eretos ou compreendem concavidades.

Preferivelmente, os recursos de obstrução de vórtice compreendem palhetas discretas arranjadas em intervalos ao redor do elemento em uso.

Preferivelmente, as palhetas são helicoidalmente inclinadas em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

30 Preferivelmente, o ângulo de inclinação das palhetas está na faixa de 45 até 85 graus em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

Preferivelmente, o dispositivo é substancialmente circular e os recursos de obstrução de vórtice têm uma altura radial entre $0,01 D$ e $0,25 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

35 Preferivelmente, o número de recursos de obstrução de vórtice por anel de descórrelação é de dois até setenta e dois, inclusive.

Preferivelmente, o número de recursos de obstrução de vórtice por anel de descór-

relação é de três até vinte e quatro, inclusive.

Preferivelmente, o dispositivo, que é substancialmente circular, e os recursos de obstrução de vórtice compreendem qualquer um das ranhuras helicoidais, dos furos axiais ou helicoidais ou das ranhuras circunferenciais.

5 Preferivelmente, o dispositivo é uma cinta para localizar carenagens sobre o elemento alongado.

Preferivelmente, partes que formam os recursos de obstrução de vórtice compreendem elastômero e são anexadas no elemento de anel.

De acordo com um quarto aspecto da presente invenção, é divulgado um método
10 para suprimir vibração induzida por vórtice de um elemento alongado desdobrado debaixo d'água, o método compreendendo prover o elemento alongado com recursos de supressão da VIV que compreendem múltiplos dispositivos de descorrelação em intervalos ao longo do comprimento do elemento, cada dispositivo de descorrelação compreendendo múltiplos re-
15 cursos de obstrução de vórtice em intervalos ao redor do elemento, desse modo, interrompendo a correlação dos vórtices emitidos ao longo do elemento alongado.

De acordo com um quinto aspecto da presente invenção, é divulgado um elemento alongado para desdobramento debaixo d'água provido com recursos de supressão da VIV que compreendem múltiplos anéis de descorrelação circunferenciais em intervalos ao longo do comprimento do elemento, cada anel compreendendo múltiplos recursos de obstrução de
20 vórtice em intervalos ao redor do elemento.

Os anéis de descorrelação podem ter qualquer um dos recursos da forma ou proporção do dispositivo de descorrelação supramencionado.

Modalidades específicas da presente invenção serão agora descritas, a título de exemplo somente, em relação aos desenhos anexos, nos quais:

25 a figura 1 ilustra uma cinta de acordo com a presente invenção visualizada ao longo de uma direção axial;

a figura 2 ilustra a mesma cinta visualizada ao longo de uma direção radial;

a figura 3 é uma ilustração em perspectiva da cinta;

30 a figura 4 é uma ilustração em perspectiva de uma montagem de acordo com a presente invenção que compreende a supramencionada cinta, inúmeras unidades de carenagem e uma coluna de ascensão marinha; e

as figuras 5 e 6 ilustram a mesma montagem visualizada ao longo de diferentes direções radiais.

35 A modalidade da presente invenção ilustrada nas figuras 1 - 4 compreende uma cinta 10 para localizar unidades de carenagem sobre uma coluna de ascensão marinha usada na extração de petróleo. Ela compreende duas proteções de cinta, no geral, semi-anulares 12, 14 cujas faces côncavas semicirculares internas 16, 18 ficam sobre a coluna de

ascensão, em uso. As proteções da cinta 12, 14 devem ser montadas ao redor da coluna de ascensão e presas umas nas outras por meio de parafusos de rosca cilíndrica 20, 22 recebidos em furos nas respectivas partes de extremidade das proteções da cinta. Atarraxar os parafusos de rosca cilíndrica 20, 22 une as proteções de cinta 12, 14 umas nas outras, de forma que elas agarrem sobre a coluna de ascensão e possam resistir ao movimento ao longo dela. Outras cintas que incorporam a invenção podem usar mais de duas proteções de cinta e, em princípio, uma única proteção de cinta flexível pode ser usada.

O material da cinta - particularmente sua flexibilidade - e o número de proteções de cinta usadas determinam a faixa de tolerância da cinta no diâmetro do elemento no qual ela é instalada. Estas propriedades podem ser escolhidas de forma que uma cinta possa ser instalada em elementos com uma faixa de diferentes diâmetros.

As duas faces de extremidade da cinta, formadas pelas proteções de cinta 12, 14, e uma das quais é indicada em 23, são chatas e servem como superfícies de apoio contra as quais correm as seções de carenagem rotatórias.

Embora a cinta exija alguma forma de dispositivo de tensão para unir suas proteções à coluna de ascensão, esta necessidade não toma, necessariamente, a forma de parafusos de rosca cilíndrica. Pode-se usar, por exemplo, uma faixa apertadamente puxada ao redor das proteções de cinta.

A cinta 10 serve para as seguintes funções:

- i. ela localiza axialmente as carenagens, ainda permitindo que elas rotacionem ao redor da coluna de ascensão,
- ii. ela fornece superfícies de apoio 23 para as carenagens rotatórias,
- iii. ela fornece uma mudança no diâmetro, que auxilia a reduzir a correlação dos vórtices entre as seções da carenagem, e
- iv. de acordo com a invenção, ela conduz recursos que auxiliam a diminuir adicionalmente a correlação dos vórtices emitidos.

O último destes aspectos será agora considerado.

De acordo com a invenção, a cinta incorpora uma palheta circunferencial 100 que se projeta radialmente a partir das superfícies externas das proteções de cinta 12, 14. Na presente modalidade, a palheta tem uma seção triangular com um raio de curvatura na sua ponta, vista em 102 na figura 2. Ela também tem cortes ou ranhuras 104 em intervalos ao redor de sua circunferência. As ranhuras 104 servem para obstruir fluxo - isto é, para promover uma mudança de fluxo laminar para turbulento - no fluido que se move além da montagem. Desta maneira, a correlação entre os vórtices emitidos das seções de carenagem em ambos os lados da cinta é reduzida.

Os recursos da cinta que servem para esta função não precisam necessariamente compreender uma palheta como tal, e podem, de fato, tomar qualquer número de diferentes

formas, incluindo as seguintes:

1. mais de uma palheta
2. pinos radiais
3. concavidades radiais

- 5 4. um anel elevado no exterior da cinta
5. recursos salientes para mudar a cinta de um perfil circular para um perfil não uniforme.

A altura da palheta ou dos outros recursos pode variar de $0,01 D$ até $0,25 D$, em que D é o diâmetro hidrodinâmico da carenagem ou tubo, o que for maior. Mais especificamente, ela pode variar de $0,05 D$ até $0,2 D$ ou de $0,05$ até $0,15 D$. Quando recursos discretos forem usados em intervalos ao redor da circunferência, eles podem ficar em um plano comum perpendicular ao eixo geométrico do tubo, ou eles podem ficar em posições axiais diferentes na cinta. Quando uma palheta for usada, como alternativas à seção triangular ilustrada, ela pode ter um perfil retangular, trapezoidal ou semicircular. O perfil não precisa ter forma simétrica. No lugar dos cortes usados na modalidade ilustrada, ranhuras helicoidais, furos axiais ou helicoidais ou ranhuras circunferenciais podem ser usados. Os cortes da modalidade ilustrada têm um perfil em “u”, mas ranhuras retangulares, triangulares ou trapezoidais podem ser fornecidas em vez deste.

O número de recursos de obstrução de fluxo instalados ao redor da circunferência - tais como as ranhuras, os furos, os pinos, etc. - pode ser de um mínimo de dois por cinta até, talvez, 72 por cinta. Na modalidade ilustrada, há 12 cortes 104.

As figuras 4, 5 e 6 mostram a cinta em uso. Uma coluna de ascensão cilíndrica marinha é vista em 106 e, sobre ela, são montadas inúmeras unidades de carenagem individuais 108. A coluna de ascensão passa através das unidades de carenagem que são livres para rotacionar ao redor dela, independentemente uma da outra, a fim de alinhá-las com o fluxo de água além da coluna de ascensão, por exemplo, em função de correntes da maré. As unidades de carenagem 108 têm uma forma de lágrima e um rabo de pato ampliado 110, e sua presença pode tanto reduzir o arraste quanto aliviar a VIV. Cintas 10 de acordo com a presente invenção são instaladas em intervalos entre as unidades de carenagem para localizá-las e resistir ao movimento ao longo da coluna de ascensão 106.

No arranjo ilustrado, são mostradas duas cintas costas com costas, em 111, entre um par de unidades de carenagem. Isto não é sempre necessário. Em vez disto, as cintas 10 podem ser arranjadas isoladamente.

A cinta ilustrada serve para descorrelacionar a emissão dos vórtices entre unidades de carenagem vizinhas e, desta maneira, para reduzir qualquer tendência de os vórtices emitidos exercerem uma força coerente sobre a coluna de ascensão de um tipo que ocasionaria um comportamento oscilatório.

Acredita-se que a combinação dos anéis dos recursos de descorrelação em intervalos discretos ao longo do comprimento da coluna de ascensão e das unidades de carenagem seja particularmente efetiva na supressão da VIV. Entretanto, também acredita-se que o efeito de descorrelação fornecido pelos recursos da cinta supradescritos seja potencialmente efetivo na supressão da VIV mesmo na ausência das unidades de carenagem. Pelo fato de se fazer com que a correlação dos vórtices que são emitidos ao longo do comprimento da coluna de ascensão seja limitada em comprimentos discretos, mesmo um arranjo sem as unidades de carenagem pode suprimir a VIV. Tipicamente, o comprimento de correlação aceitável para um elemento alongado nu, tal como uma coluna de ascensão, é entre 1 e 1,4 vezes o diâmetro hidrodinâmico. Como tal, os anéis de descorrelação serão preferivelmente instalados em um cilindro nu em intervalos de menos que duas vezes o diâmetro e, mais preferivelmente, entre 1 e 1,4 vezes o diâmetro. De fato, os anéis de descorrelação podem ser formados identicamente à cinta supradescrita. Entretanto, alternativamente, uma construção menos robusta pode ser usada, certamente, quando os anéis de descorrelação não forem exigidos para suportar cargas axiais. Na prática, os anéis dos recursos de descorrelação podem ser integralmente formados na coluna de ascensão marinha ou outro elemento alongado, ou frouxamente anexados nele.

Inúmeras variações sobre a construção real aqui ilustrada se apresentarão aos versados na técnica, e podem ser adotadas na implementação da presente invenção. Por exemplo, no caso no qual os anéis de descorrelação são usados em conjunto com as carenagens rotatórias, os anéis podem, em alguns casos, ser formados por colares frouxos em vez de cintas, como tal. As palhetas ou outros elementos eretos que formam os recursos usados para obstruir fluxo podem ser formados por material elastomérico anexado nas proteções que formam o anel. Desta maneira, eles se tornariam menos vulneráveis ao dano, por exemplo, durante o desdobramento.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para suprimir vibração induzida por vórtice de um elemento alongado em um fluxo de fluido, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o aparelho compreende uma pluralidade de unidades de carenagem, cada qual compreendendo um corpo de carenagem adaptado para ser montado sobre o elemento alongado, tal como para poder rotacionar ao seu redor, independentemente de outras unidades de carenagem, e para se alinhar com o fluxo de fluido, o aparelho compreendendo adicionalmente pelo menos um dispositivo de descorrelação para montagem entre corpos de carenagem vizinhos, o dispositivo de descorrelação compreendendo uma pluralidade de recursos de obstrução de vórtice posicionados, em uso, em intervalos ao redor da periferia do elemento alongado.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que é montado em um elemento alongado que é substancialmente circular em seção, os recursos de obstrução de vórtice ficando em intervalos ao redor da circunferência do elemento.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1 ou com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de descorrelação compreende uma palheta ereta que se estende, em uso, ao redor do elemento alongado.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a palheta é cortada em intervalos para formar os recursos de obstrução de vórtice.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os cortes na palheta são trapezoidais ou em forma de "U".

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4 ou com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a profundidade dos cortes é de pelo menos metade da altura da palheta.

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice são formados por furos através da palheta.

8. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice têm superfícies que são helicoidalmente inclinadas em relação ao elemento alongado.

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o ângulo da hélice é de 45 graus ou menos em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

10. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a palheta tem lados que são inclinados em um ângulo entre três e vinte e cinco graus em relação a um plano normal em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

11. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de descorrelação compreende pelo menos

duas palhetas que se estendem ao redor do elemento.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as duas palhetas são separadas por uma distância entre $0,1 D$ e $0,5 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

5 13. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice compreendem pinos eretos ou compreendem concavidades.

10 14. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice são formados sobre um anel de projeção.

15 15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1 ou com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice compreendem palhetas discretas arranjadas em intervalos ao redor do elemento.

16 16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as palhetas são helicoidalmente inclinadas em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

17 17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o ângulo de inclinação das palhetas está na faixa de 45 até 85 graus em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

20 18. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que é substancialmente circular e que os recursos de obstrução de vórtice têm uma altura radial entre $0,01 D$ e $0,25 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

25 19. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o número de recursos de obstrução de vórtice do dispositivo de descorrelação é de dois até setenta e dois, inclusive.

20 20. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o número de recursos de obstrução de vórtice do dispositivo de descorrelação é de três até vinte e quatro, inclusive.

30 21. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 - 5 e 7 - 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de descorrelação é substancialmente circular e que os recursos de obstrução de vórtice compreendem qualquer um de ranhuras helicoidais, de furos axiais ou helicoidais ou de ranhuras circunferenciais.

35 22. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que tem múltiplos dispositivos de descorrelação que são separados por não mais que $2 D$, em que D é a dimensão lateral máxima do elemento alongado.

23. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que tem múltiplos dispositivos de descorrelação separados por não mais que $1,4 D$, em que D é a dimensão lateral máxima do elemento.

5 24. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que tem múltiplos dispositivos de descorrelação separados por uma distância na faixa de $1 D$ até $1,4 D$, em que D é a dimensão lateral máxima do elemento.

10 25. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dispositivos de descorrelação são formados por uma estrutura de anel para montagem ao redor do elemento alongado.

26. Elemento alongado, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de descorrelação é uma cinta.

15 27. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as palhetas que definem os recursos de obstrução de vórtice têm forma triangular ou trapezoidal.

28. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que é montado em um elemento alongado formado como um tubo, uma coluna de ascensão marinha, um módulo de flutuação ou congêneres.

20 29. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a palheta tem pelo menos $0,03 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

25 30. Cinta para montagem sobre um elemento alongado submarino, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a cinta compreende pelo menos uma proteção de cinta e pelo menos um dispositivo de tensão para unir a proteção de cinta ao elemento alongado para impedir seu movimento ao longo deste, a proteção de cinta com faces de extremidade para apoiar as respectivas unidades de carenagem em ambos os lados da cinta, e a proteção de cinta com recursos de obstrução de vórtice modelados em intervalos discretos ao redor de sua periferia externa.

30 31. Cinta, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADA** pelo fato de que é substancialmente circular em seção, os recursos de obstrução de vórtice ficando em intervalos ao redor da circunferência do elemento.

35 32. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice para anexação em um elemento alongado submarino, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo compreende pelo menos um elemento de anel para montagem sobre o elemento alongado, o elemento de anel sendo fornecido com múltiplos recursos de obstrução de vórtice em intervalos ao longo de sua periferia.

33. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 32, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o elemento de anel tem uma palheta

ereta que se estende ao redor do elemento alongado quando o anel estiver montado.

34. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 33, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a palheta é cortada em intervalos para formar os recursos de obstrução de vórtice.

5 35. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 34, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que os cortes na palheta são trapezoidais ou em forma de "U".

10 36. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 34 ou com a reivindicação 35, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a profundidade dos cortes é pelo menos metade da altura da palheta.

37. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 34, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice são formados por furos através da palheta.

15 38. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 37, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice têm superfícies que são helicoidalmente inclinadas em relação ao elemento alongado.

20 39. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 38, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o ângulo da hélice é de 45 graus ou menos em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

40. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 40, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a palheta tem lados que são inclinados em um ângulo entre três e vinte e cinco graus em relação a um plano normal em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

25 41. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 30 a 40, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende pelo menos duas palhetas que se estendem ao redor do elemento.

30 42. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 41, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que as duas palhetas são separadas por uma distância entre $0,1 D$ e $0,5 D$, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

43. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 42, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice compreendem pinos eretos ou compreendem concavidades.

35 44. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 32, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que os recursos de obstrução de vórtice compreendem palhetas discretas arranjadas em intervalos ao redor do elemento, em uso.

45. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a rei-

vindicação 44, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que as palhetas são helicoidalmente inclinadas em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento alongado.

46. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 45, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o ângulo de inclinação das palhetas está na faixa de 45 até 85 graus em relação ao eixo geométrico longitudinal do elemento.

47. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 52, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que é substancialmente circular e que os recursos de obstrução de vórtice têm uma altura radial entre 0,01 D e 0,25 D, em que D é uma dimensão lateral do elemento alongado.

48. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 47, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o número de recursos de obstrução de vórtice por anel de descorrelação é de dois até setenta e dois, inclusive.

49. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 47, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o número de recursos de obstrução de vórtice por anel de descorrelação é de três até vinte e quatro, inclusive.

50. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com a reivindicação 32, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que é substancialmente circular e que os recursos de obstrução de vórtice compreendem qualquer um de ranhuras helicoidais, de furos axiais ou helicoidais ou de ranhuras circunferenciais.

51. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 50, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que é uma cinta para localizar carenagens sobre o elemento alongado.

52. Dispositivo de supressão de vibração induzida por vórtice, de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 51, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que as partes que formam os recursos de obstrução de vórtice compreendem elastômero e são anexadas no elemento de anel.

53. Método para suprimir a vibração induzida por vórtice de um elemento alongado desdobrado debaixo d'água, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o método compreende fornecer ao elemento alongado recursos de supressão da VIV que compreendem múltiplos dispositivos de descorrelação em intervalos ao longo do comprimento do elemento, cada dispositivo de descorrelação compreendendo múltiplos recursos de obstrução de vórtice em intervalos ao redor do elemento, desse modo, interrompendo a correlação dos vórtices emitidos ao longo do elemento alongado.

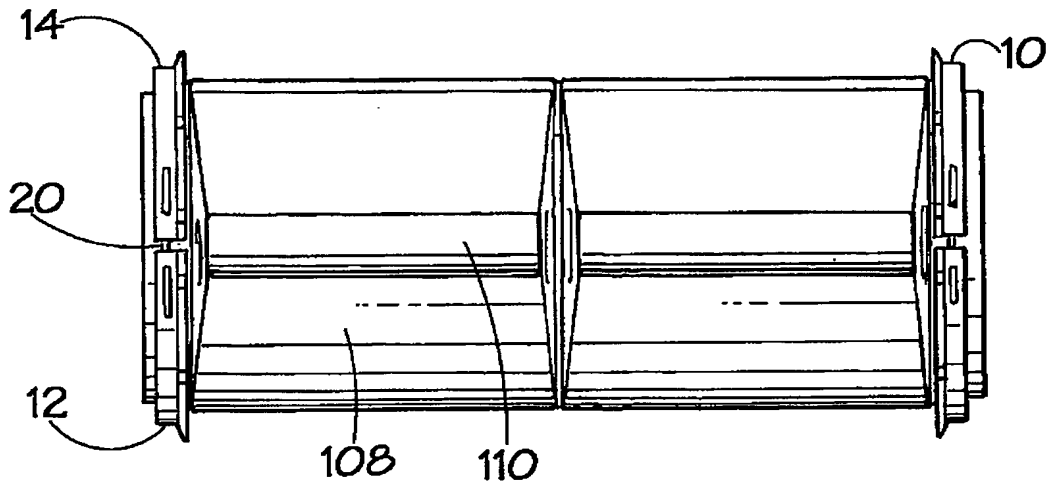
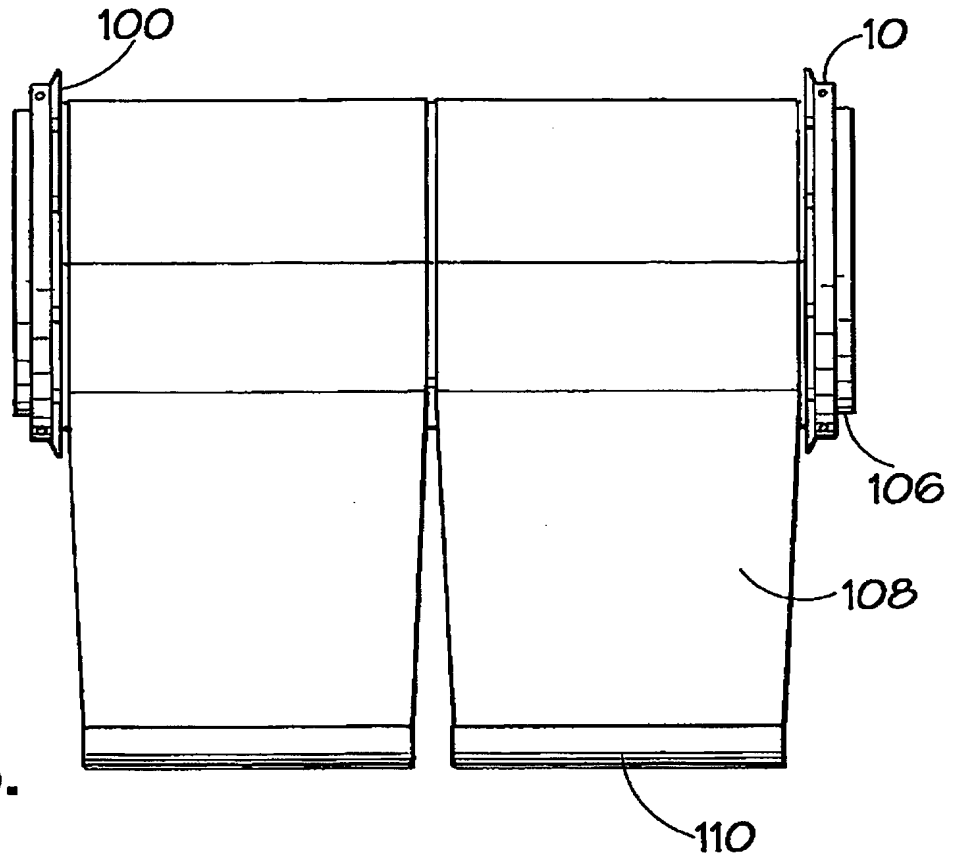


FIG. 3.

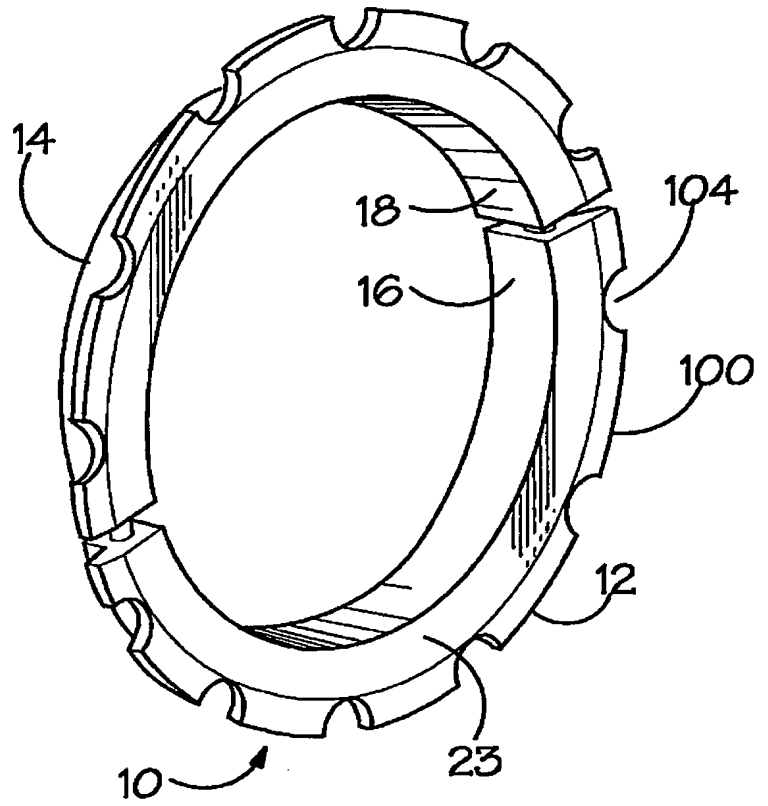
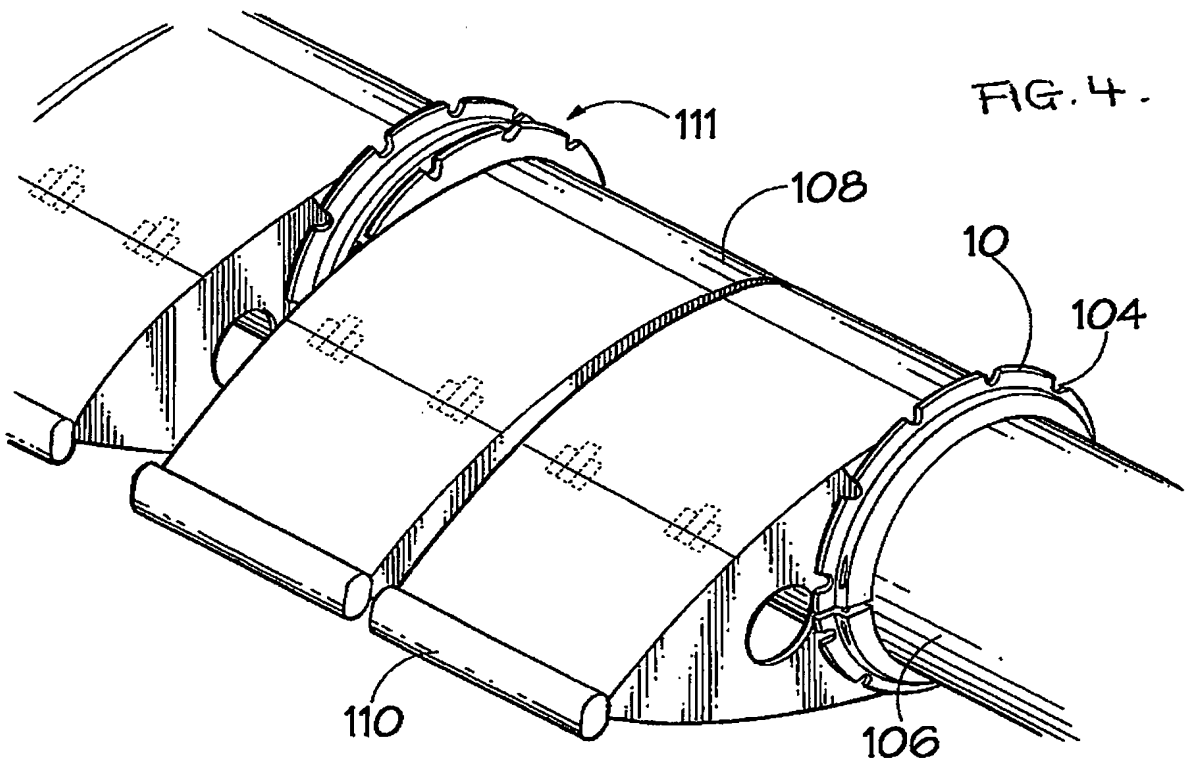


FIG. 4.



RESUMO

“SUPRESSÃO DE VIBRAÇÃO INDUZIDA POR VÓRTICE”

São divulgados um dispositivo e um método para suprimir vibração induzida por vórtice de um elemento alongado submerso, tal como uma coluna de ascensão marinha.

- 5 Uma coluna de ascensão marinha com recursos de supressão da VIV também é divulgada. Os recursos de supressão da VIV compreendem múltiplos anéis de descorrelação circunferenciais em intervalos ao longo do comprimento do elemento, cada anel compreendendo múltiplos recursos de obstrução de vórtice em intervalos ao redor do elemento. Por exemplo, o anel pode tomar a forma de uma cinta (10) usada para localizar unidades de carenagem (108). Entretanto, alternativamente, ele pode ser um anel frouxo montado no elemento, ou
- 10 pode compreender recursos discretos em intervalos ao redor da circunferência do elemento. Pela redução da correlação entre vórtices emitidos em diferentes locais do tubo, modalidades da invenção servem para impedir ou reduzir a ação coerente de vórtices emitidos que leva à VIV.