



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

(21) **PI0610803-2 A2**

(22) Data de Depósito: 12/05/2006
(43) Data da Publicação: 27/07/2010
(RPI 2064)



(51) *Int.Cl.:*
E04H 12/00

(54) Título: **TORRE ESTRUTURAL**

(30) Prioridade Unionista: 13/05/2005 US 60/681,235

(73) Titular(es): TRACY LIVINGSTON

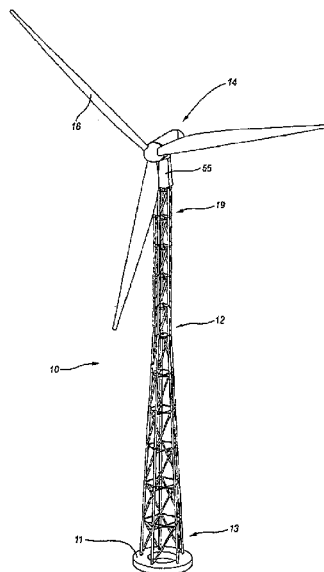
(72) Inventor(es): TODD ANDERSEN, TRACY LIVINGSTON

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006018388 de 12/05/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/124562 de 23/11/2006

(57) **Resumo:** TORRE ESTRUTURAL. A presente invenção refere-se a uma torre estrutural possuindo uma construção de estrutura espacial para aplicações de grandes elevações e carga pesada é descrita, com aplicação particular direcionada às turbinas eólicas. A torre estrutural inclui longarinas de amortecimento ou não nos elementos longitudinal, diagonal ou horizontal da estrutura espacial. Uma ou mais longarinas de amortecimento na torre estrutural amortecem as vibrações ressonantes ou vibrações geradas por rajadas de vento não periódicas ou velocidades de vento altas sustentadas. Os vários elementos longitudinal e diagonal da torre estrutural podem ser presos por pinos, parafusos, flanges ou soldas em juntas longitudinais, ou diagonais correspondentes da estrutura espacial.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "TORRE ESTRUTURAL"

Pedidos Relacionados

Esse presente pedido reivindica prioridade do pedido de patente provisório U.S. Nº 60/681.235, intitulado "Structural Tower", depositado em 13 de maio de 2005.

Campo Técnico da Invenção

A presente invenção refere-se a torres estruturais e dispositivos para o amortecimento de vibrações em torres estruturais, com aplicação específica a torres estruturais para turbinas eólicas.

Antecedentes da Invenção

As turbinas eólicas são cada vez mais uma fonte popular de energia nos Estados Unidos e na Europa e em muitos outros países em torno do globo. A fim de realizar as eficiências de escala na captura de energia do vento, os projetistas estão erguendo fazendas de turbina eólica possuindo números crescentes de turbinas eólicas com turbinas maiores posicionadas em alturas maiores. Em grandes projetos de fazendas de turbinas eólicas, por exemplo, os projetistas utilizam tipicamente vinte e cinco ou mais turbinas eólicas possuindo turbinas da ordem de 1,2 MW posicionadas a cinquenta metros ou mais. Esses números fornecem eficiências de escala que reduzem o custo de energia enquanto tornam o projeto lucrativo para o projetista. A colocação de turbinas maiores a alturas maiores permite que cada turbina opere substancialmente livre de efeitos de camada limítrofes criados através do cisalhamento do vento e interação com irregularidades perto do solo nos contornos de superfície - por exemplo, pedras e árvores. Alturas maiores de turbina também resultam em condições operacionais mais estáveis a velocidades de vento maiores sustentadas, produzindo, assim, na média, mais energia por tempo unitário. De acordo, existem incentivos de engenharia e econômicos para o posicionamento de turbinas maiores a alturas maiores.

O posicionamento de turbinas maiores a alturas maiores vem, no entanto, com um custo. O custo é associado com o número maior de torres

massivas e maiores que são necessárias para suportar o peso adicional de turbinas maiores e suportar cargas eólicas geradas pela colocação das estruturas a alturas maiores onde as velocidades eólicas também são maiores e mais sustentadas. Um custo adicional se refere ao equipamento que é necessário para se erguer a turbina eólica. Por exemplo, o peso das torres tubulares convencionais para as turbinas eólicas - por exemplo, torres possuindo configurações tubulares seccionadas construídas utilizando aço ou concreto - aumenta em proporção à altura da torre erguida para uma potência de 5/3. Dessa forma, uma torre de 1,5 MW pesando tipicamente 79.904 quilos (176.000 lbs) com uma altura padrão de 65 metros pesará aproximadamente 124.850 quilos (275.000 lbs) a uma altura de 85 metros, um aumento de cerca de 56%. As torres acima de 113.500 quilos (250.000 lbs), ou mais de 100 metros, no entanto, geralmente exigem guindastes especializados e onerosos para montagem de seções de torre e turbina. Apenas o custo de transporte e montagem de um desses guindastes pode exceder \$250.000 para uma turbina típica de 1,5-MW. A fim de amortizar os custos associados com tais guindastes grandes, os projetistas da fazenda de turbina eólica desejam empacotar o máximo de turbinas eólicas possível no projeto, dividindo, assim, os custos de guindaste pelo máximo número de turbinas. No entanto, com locais possuindo áreas afetadas/ocupadas limitadas, os projetistas são forçados a amortizar os custos de transporte e montagem do guindaste utilizando menos turbinas, o que pode ser economicamente impossível. Adicionalmente, os projetos instalados em terreno irregular exigem guindastes que são montados e desmontados repetidamente, o que também pode tornar o projeto economicamente impossível. Os projetos localizados em topos de montagem ou outros locais logisticamente difíceis podem, da mesma forma, ser todos eliminados devido à economia inviável, em adição às dificuldades de engenharia associadas com a localização de um guindaste em tais locais.

Existem outras preocupações associadas com torres maiores e mais massivas. Por exemplo, onde as alturas da turbina alcançam mais que aproximadamente 90 metros, os diâmetros de tubo das torres tubulares con-

vencionais podem exceder a altura da estrada ou as restrições de peso. A indústria de turbina eólica tem investigado a divisão das peças de torre no sentido do comprimento, o transporte e então a remontagem das peças no local. Os custos de montagem adicionais, no entanto, tornam essa alternativa pouco atraente. Mesmo a 80 metros, onde os diâmetros de tubo são menores que os utilizados para torres mais altas, todos com exceção dos segmentos de torre mais superiores excedem a capacidade de 36.320 quilos (8.000 lbs) da maior parte das estradas interestaduais. Os custos com frete associados com os reboques superdimensionados e a permissões especiais das seções de torre podem exceder muitas dezenas de milhares de dólares por turbina eólica. De acordo, os custos com o transporte de grandes torres tubulares de aço podem servir também para eliminar ou prejudicar o desenvolvimento de locais de outra forma viáveis para as turbinas eólicas.

As torres da turbina eólica tubular convencionais podem exceder 65 metros em altura e possuem diâmetros de rotor excedendo 70 metros (ou comprimentos de rotor de lâmina da ordem de 35 metros). O uso de diâmetros de rotor ainda maiores com alturas crescentes de turbina apresenta outros desafios para a indústria. Diâmetros maiores de rotor com alturas maiores são benéficos visto que a energia maior das velocidades eólicas menores pode ser capturada e transferida para a turbina por tempo unitário. No entanto, os diâmetros de rotor maiores com maiores alturas tendem a resultar em maiores vibrações induzidas por vento por toda a estrutura de turbina eólica e, em particular, à torre que suporta a turbina eólica. As vibrações induzidas por vento - em particular, as vibrações lateral e de torção ressonantes sofridas na torre - podem se tornar caras à medida que a altura da turbina se aproxima ou excede 80 a 100 metros com diâmetros de rotor excedendo 70 metros.

Para controlar os problemas estruturais que podem surgir através das vibrações ressonantes, os projetistas de turbina eólica são frequentemente forçados a dimensionar a turbina para velocidades de vento mais baixas, limitar o diâmetro máximo do rotor ou reduzir a altura da torre. Cada uma dessas opções reduz, no entanto, a eficiência econômica geral de cada

turbina eólica. Os projetistas também tentaram evitar as vibrações ressonantes pela mudança da rigidez da torre - por exemplo, aumentando a rigidez da torre através do aumento da massa da torre. Visto que a massa da torre aumenta geralmente de forma exponencial com a altura da torre, no entanto, o custo de construção também aumenta de forma exponencial, diminuindo, assim, as vantagens econômicas buscadas através do posicionamento dos rotores da turbina de maior comprimento a alturas maiores.

Sumário da Invenção

A presente invenção engloba muitas das dificuldades previamente discutidas e fornece uma torre estrutural possuindo um equilíbrio mais que ideal entre as propriedades estruturais - por exemplo, rigidez de dobra e torção e amortecimento - e peso, permitindo, dessa forma, o desenvolvimento de fazendas de turbinas eólicas economicamente viáveis possuindo um maior rendimento de energia por custo unitário. Os benefícios da presente invenção são vários, e incluem uma redução no custo da energia através de uma redução no custo da torre, transporte, e montagem. Os benefícios incluem adicionalmente uma geração mais eficiente de eletricidade através do uso de turbinas maiores possuindo comprimentos de rotor maiores posicionados em elevações ainda maiores. Esses benefícios reduzem o custo de captação da energia eólica e permitem instalações de fazenda de turbinas eólicas mais econômicas em mais locais que com as torres tubulares convencionais e, dessa forma, reduzem a dependência de fontes de energia não renováveis. Cada um dos benefícios é, adicionalmente, realizado independentemente de se as estruturas de turbina eólica são construídas individualmente ou em grandes números, em terra ou no mar. Reduções de custo adicionais através do uso das torres de estrutura espacial da presente invenção surgem através da eliminação do engarrafamento de transporte associado com as torres tubulares convencionais. A capacidade de utilizar turbinas de capacidade muito maior melhora adicionalmente a economia de escala.

A presente invenção inclui uma torre estrutural amortecida possuindo uma construção de estrutura espacial em uma ou mais seções ou

baías da torre que inclui uma pluralidade de elementos longitudinais direcionados para cima e uma pluralidade de elementos diagonais interconectando os elementos longitudinais, onde pelo menos um dos elementos longitudinal e diagonal ou, alternativamente, um elemento horizontal, é um elemento de amortecimento - por exemplo, um elemento longitudinal, diagonal ou horizontal que inclui um amortecedor ou dispositivo similar para amortecer a energia vibracional. Em uma modalidade, a torre estrutural inclui pelo menos um elemento de amortecimento possuindo um fluido viscoso. Em uma modalidade adicional, a torre estrutural inclui pelo menos um elemento de amortecimento possuindo um material viscoelástico ou tipo borracha. Em ambas as modalidades, as tensões de cisalhamento que ocorrem no fluido viscoso ou material viscoelástico ou tipo borracha afetam o amortecimento da energia vibracional. Ver, por exemplo, Chopra, Anil K., "Dynamic of Structures", Prentice-Hall (2001) para uma discussão do efeito de amortecimento nas estruturas que vibram perto das frequências ressonantes.

Como será aparente através da descrição da presente invenção, os elementos de amortecimento descritos aqui incluem geralmente um amortecedor e um elemento de mola construído de forma integral. O elemento de mola (por exemplo, uma viga de aço, alumínio ou viga composta) fornece rigidez ao elemento de amortecimento para o elemento de amortecimento e o amortecedor (por exemplo, um amortecedor viscoso ou hidráulico) serve para amortecer a energia vibracional. Várias modalidades de elemento de amortecimento descritas aqui incluem ambos os elementos de mola e amortecedor como uma unidade integral e operando em paralelo. Deve-se apreciar, no entanto, que os elementos de amortecedor e de mola podem ser construídos de forma não integral - por exemplo, podem ser construídos e dispostos em uma ou mais baías da torre e aparecem substancialmente lado a lado ou substancialmente perpendiculares um ao outro. Mais especificamente, a última modalidade contempla o posicionamento de um amortecedor - por exemplo, um absorvedor de choque de fluido - perto de um elemento de mola (ou elemento de não amortecedor) tal como uma viga de aço. Várias modalidades do acima exposto são descritas abaixo com referência aos

desenhos em anexo.

Por exemplo, em uma modalidade de um elemento de amortecimento, um elemento de amortecimento de fluido viscoso inclui um primeiro elemento diagonal possuindo primeira e segunda extremidades configuradas para interconectar um par de elementos longitudinais, um segundo elemento disposto dentro do primeiro possuindo uma primeira extremidade conectada a uma extremidade do primeiro elemento, e um amortecedor viscoso ou hidráulico conectado de forma operacional a uma segunda extremidade do segundo elemento. Em uma modalidade, o amortecedor viscoso ou hidráulico inclui um cilindro, um pistão engatado de forma deslizante dentro do cilindro, e um elemento de conexão possuindo uma primeira extremidade conectada ao pistão e uma segunda extremidade conectada à segunda extremidade do segundo elemento. Para fins de esclarecimento, o termo elemento amortecedor de fluido viscoso ou simplesmente elemento de amortecimento viscoso se refere geralmente a um elemento diagonal, longitudinal ou horizontal de uma torre estrutural de estrutura espacial compreendendo um amortecedor fluido, ou, mais especificamente e por meio de exemplo, um amortecedor fluido viscoso ou hidráulico ou um amortecedor de ar para efetuar o amortecimento da energia vibracional. Os termos amortecedor viscoso ou amortecedor hidráulico são utilizados de forma intercambiável aqui e se referem geralmente a um dispositivo amortecedor possuindo um fluido viscoso para dissipar a energia vibracional. De forma similar, um amortecedor de ar se refere a um dispositivo amortecedor onde o ar ou um gás similar age como um fluido de trabalho para dissipar a energia vibracional.

Como outro exemplo, em uma modalidade de um elemento de amortecimento, um elemento de amortecimento viscoelástico inclui primeiro e segundo elementos tubulares com cada elemento possuindo uma primeira extremidade e uma segunda extremidade e com o primeiro elemento tubular sendo disposto dentro do segundo elemento tubular. O primeiro elemento tubular possui um primeiro padrão de fibras de reforço disposto em uma primeira matriz, e o segundo elemento tubular possui um segundo padrão de fibras de reforço disposto em uma segunda matriz. Um material viscoelástico

é disposto entre os primeiro e segundo padrões de fibras de reforço. Em uma modalidade, um primeiro conector é disposto nas primeiras extremidades dos primeiro e segundo elementos tubulares e um segundo conector é disposto nas segundas extremidades dos primeiro e segundo elementos tubulares, com os conectores sendo configurados para interconectar um par de elementos longitudinais. Para fins de esclarecimento, o termo elemento de amortecimento viscoelástico se refere geralmente a um elemento diagonal, longitudinal ou horizontal de uma torre estrutural de estrutura espacial compreendendo um amortecedor não fluido ou, mais especificamente, e por meio de exemplo, um material viscoelástico ou tipo borracha para efetuar o amortecimento da energia vibracional.

Como utilizado aqui, o termo amortecedor se refere geralmente a um dispositivo que efetua o amortecimento ou dissipação da energia de vibração, e pode incluir um ou ambos os dispositivos fluidos e não fluidos para dissipação de energia através, por exemplo, de tensões de cisalhamento apresentadas nos dispositivos fluidos e não fluidos - por exemplo, fluido ou material hidráulico ou viscoso, respectivamente. Os versados na técnica apreciarão, obviamente, que um amortecedor, em seu sentido mais geral, se refere a qualquer dispositivo para dissipação de energia ou efetuação de amortecimento em um sistema vibracional. De acordo, e como outro ponto de esclarecimento, o termo elemento de amortecimento se refere geralmente a um elemento diagonal, longitudinal ou horizontal de uma torre estrutural de estrutura espacial que inclui um amortecedor como o termo é utilizado em seu sentido mais geral.

Em uma modalidade da torre, um ou mais elementos de amortecimento são dispostos de forma diagonal e interconectam elementos longitudinais adjacentes. Em uma segunda modalidade, um ou mais elementos de amortecimento são dispostos longitudinalmente e interconectam elementos longitudinais adjacentes. Em uma terceira modalidade, um ou mais elementos de amortecimento são dispostos horizontalmente e interconectam elementos longitudinais e diagonais adjacentes. Em uma modalidade adicional, um ou mais elementos de amortecimento ou, alternativamente, conjuntos de

amortecedor são conectados de forma operacional a elementos de amplificação, que servem para amplificar pequenos deslocamentos em vários elementos da torre em deslocamentos relativamente grandes dos elementos de amortecimento ou conjuntos de amortecedor. Em outras modalidades, várias

5 combinações de elementos de amortecimento substituem um ou mais dos vários elementos longitudinais, diagonais ou horizontais que compreendem uma torre estrutural possuindo uma construção de baia única ou uma construção de estrutura espacial de múltiplas baias.

A presente invenção inclui adicionalmente uma torre estrutural

10 possuindo uma pluralidade de elementos longitudinais direcionados para cima e uma pluralidade de elementos diagonais interconectando os elementos longitudinais, onde a pluralidade de elementos longitudinais e a pluralidade de elementos diagonais são dispostos e interconectados em uma configuração de baia única ou múltipla se estendendo para cima presa utilizando-se pinos que conectam os elementos longitudinais aos elementos longi-

15 tudinais adjacentes ou elementos diagonais adjacentes. A torre estrutural inclui pelo menos três elementos longitudinais direcionados para cima espaçados substancialmente de forma equidistante em torno de um eixo geométrico longitudinal. Em uma modalidade, os elementos diagonais interconec-

20 tam cada par adjacente de pelo menos três elementos longitudinais direcionados para cima. Em uma modalidade adicional, as juntas de pino são utilizadas para interconectar as extremidades de cada elemento diagonal aos pares adjacentes correspondentes de elementos longitudinais. Em modalidades adicionais, cada extremidade dos elementos diagonais inclui um ele-

25 mento de flange possuindo uma abertura dimensionada e configurada para receber de forma justa o pino, enquanto os pares adjacentes correspondentes de elementos longitudinais incluem, cada um, elementos de flange correspondentes possuindo aberturas dimensionadas e configuradas para receber de forma justa o pino.

30 A presente invenção inclui adicionalmente um método de montagem de uma torre estrutural possuindo uma construção de estrutura espacial compreendendo as etapas de fornecimento de primeiras pluralidades de

elementos longitudinais e diagonais e uma fundação para a torre estrutural, a fundação possuindo uma pluralidade de elementos de suporte configurados para receber uma extremidade dos elementos longitudinais. Uma extremidade de cada um dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais é presa a um elemento correspondente dentre a pluralidade de elementos de suporte, e os elementos longitudinais são propriamente ditos interconectados por elementos diagonais, onde a pluralidade de elementos longitudinais e a pluralidade de elementos diagonais são dispostos e interconectados em uma configuração de baía se estendendo ascendentemente.

10 Em uma modalidade, etapas adicionais de construção da torre incluem o fornecimento de segundas pluralidades de elementos longitudinais e diagonais. As extremidades da segunda pluralidade de elementos longitudinais são conectadas às extremidades correspondentes da primeira pluralidade de elementos longitudinais, e a segunda pluralidade de elementos longitudinais é interconectada pela segunda pluralidade de elementos diagonais, onde as pluralidades de primeiro e segundo elementos longitudinais e as pluralidades dos primeiro e segundo elementos diagonais são dispostas e interconectadas em uma configuração de múltiplas baias se estendendo ascendentemente.

20 As características de qualquer uma das modalidades mencionadas acima podem ser utilizadas em combinação uma com a outra de acordo com a presente invenção. Adicionalmente, outras características e vantagens da presente invenção se tornarão aparentes aos versados na técnica através de consideração da descrição, dos desenhos em anexo e das reivindicações em anexo.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 ilustra uma vista em perspectiva de uma torre estrutural da presente invenção possuindo um conjunto de turbina eólica montado na mesma;

30 A figura 2 ilustra uma vista em perspectiva de uma seção de baía da torre estrutural da presente invenção ilustrada na figura 1;

A figura 3 ilustra uma vista aproximada de uma seção de junta

típica da seção de baia ilustrada na figura 2;

A figura 4 ilustra uma vista explodida e parcialmente recortada de uma construção de junta no sentido do comprimento entre dois elementos longitudinais ilustrados na figura 3;

5 A figura 5 ilustra uma vista explodida e parcialmente recortada de uma construção de junta no sentido do comprimento e diagonal entre dois elementos longitudinais e um elemento diagonal;

A figura 6 ilustra uma vista dos componentes explodidos da figura 5 na forma totalmente montada;

10 A figura 7 ilustra uma vista lateral da seção de baia cilíndrica da torre estrutural da presente invenção ilustrada na figura 1 com uma turbina eólica fixada à mesma;

A figura 8 ilustra uma vista recortada em perspectiva de um conjunto conector fixado a uma longarina composta;

15 A figura 9 ilustra uma longarina composta da presente invenção utilizada como um elemento longitudinal;

A figura 10 ilustra uma longarina composta da presente invenção utilizada como um elemento horizontal;

20 A figura 11 ilustra uma vista recortada em perspectiva de um conjunto conector fixado a uma longarina de amortecimento composta;

A figura 12 ilustra uma vista recortada em perspectiva de um conjunto de conector fixado a uma longarina de amortecimento composta alternativa;

25 A figura 13 ilustra uma vista recortada de uma alternativa para a longarina de amortecimento composta da presente invenção;

A figura 14 ilustra uma vista recortada de uma segunda alternativa para a longarina de amortecimento composta da presente invenção;

A figura 15 ilustra uma vista recortada de uma longarina de amortecimento viscosa;

30 A figura 16 ilustra uma vista recortada de uma longarina de amortecimento viscosa alternativa;

A figura 17 ilustra uma vista recortada de uma longarina de a-

mortecimento viscosa alternativa;

A figura 18 ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de baia alternativo possuindo ambos os elementos diagonais de amortecimento e não amortecimento;

5 A figura 19 ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de baia alternativo possuindo ambos os elementos diagonais de amortecimento e não amortecimento;

A figura 20 ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de baia alternativo possuindo ambos os elementos diagonais de amortecimento e não amortecimento, e elementos de amplificação de amortecimento;

As figuras 21a e b ilustram o princípio da operação dos elementos de amplificação ilustrados na figura 20;

A figura 22 ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de baia alternativo possuindo ambos os elementos diagonais de amortecimento e não amortecimento, e elementos de amplificação de amortecimento;

A figura 23 ilustra uma torre tubular convencional possuindo longarinas de amortecimento da presente invenção substituída por uma seção de baia de tubo de aço;

A figura 24 ilustra uma vista aproximada das longarinas de amortecimento ilustradas na figura 23;

A figura 25 ilustra um conjunto de baia alternativo para uso com a presente invenção; e

A figura 26 ilustra uma conexão de pino alternativa para uso com a presente invenção.

25 Descrição Detalhada da Invenção

Geralmente, a presente invenção se refere a uma torre estrutural compreendendo uma estrutura espacial que é adequada para aplicações de altas elevações e carga pesada. Em maiores detalhes, a presente invenção se refere a uma torre estrutural compreendendo uma estrutura espacial e possuindo elementos de amortecimento para amortecer as vibrações ressonantes e outras vibrações induzidas, por exemplo, pela operação normal da turbina eólica e em resposta a cargas de vento extremas. A presente inven-

ção se refere adicionalmente a aplicações de turbina eólica, onde a turbina eólica é elevada a alturas que se aproximam de 80 a 100 metros ou mais e onde os diâmetros de rotor se aproximam de 70 metros ou mais. Detalhes das modalidades ilustrativas da presente invenção são apresentados abaixo.

5 A figura 1 ilustra uma vista em perspectiva de uma modalidade de uma torre estrutural 10 da presente invenção. A torre estrutural 10 compreende uma pluralidade de seções de estrutura espacial também comumente chamadas de conjuntos ou seções 12, 13, 19 que são montados, um em cima do outro, até a altura desejada da torre estrutural 10. O conjunto de
10 baixa mais inferior 13 da torre estrutural 10 é preso a uma fundação 11. A torre estrutural 10 possui uma turbina eólica de eixo geométrico horizontal 14 posicionada em cima do conjunto de baia mais superior 19, apesar de uma turbina de eixo geométrico vertical poder ser igualmente bem posicionada em cima da torre. Uma ou mais torres estruturais 10 também podem ser conectadas
15 juntas para suportar a turbina eólica ou múltiplas turbinas eólicas. Uma seção de baia tipo tubo convencional 55 conecta a turbina eólica 14 ao conjunto de baia mais superior 19, mas a turbina eólica 14 também pode ser conectada ao conjunto de baia mais superior 19 utilizando-se conexões prontamente conhecidas dos versados na técnica como descrito abaixo. A
20 turbina eólica 14 transporta uma pluralidade de lâminas 16 que giram de forma típica em resposta ao vento. A rotação das lâminas 16 aciona um gerador (não ilustrado) que é integral com a turbina eólica 14 e tipicamente utilizado para gerar eletricidade. Os versados na técnica apreciarão, no entanto, que a turbina eólica pode ser utilizada para outras finalidades, tal como,
25 por exemplo, acionar uma bomba para bombeamento de água ou um acionador de moinho para moer grãos.

 Em uma modalidade, a torre estrutural 10 da presente invenção tem uma turbina eólica convencional 14 de capacidade de 1,5 MW e lâminas 16 posicionadas na mesma, com a torre se estendendo a oitenta ou cem
30 metros ou mais de altura acima da fundação 11. Cada seção de baia individual 12 tem três a oito metros de comprimento, apesar de o comprimento de cada seção de baia individual 12 poder variar ao longo do comprimento da

torre estrutural 10 e, em particular, na direção da base da torre estrutural 10 onde as seções de baia possuem tipicamente um diâmetro maior do que as posicionadas perto do topo da torre. O diâmetro de cada seção de baia individual 12 tem de três a quatro metros de comprimento ao longo das seções intermediária e superior da torre e aumentará tipicamente para cerca de oito a doze metros na fundação 11. Diâmetros de seção de baia maiores ou menores são contemplados à medida que a altura geral da torre aumenta ou diminui, respectivamente, e dependerá da aplicação pretendida e da carga esperada na torre. Uma modalidade ilustrativa de uma seção de baia 12 tirada da parte superior da torre estrutural 10 é doravante descrita com ênfase em particular fornecida às aplicações de turbina eólica onde a turbina eólica é elevada para alturas que se aproximam de cem metros ou mais e onde os diâmetros de rotor se aproximam de setenta metros ou mais. A descrição da seção de baia ilustrativa se aplica geralmente a cada seção de baia da torre estrutural, apesar de os versados na técnica reconhecerem determinadas variações em construção e montagem que podem ser incorporadas em qualquer seção de baia em particular da torre.

A figura 2 ilustra uma vista em perspectiva de uma seção de baia típica 12 da torre estrutural 10. Em uma modalidade, cada uma das seções de baia 12 inclui uma pluralidade de elementos longitudinais 20 se estendendo substancialmente de forma vertical e disposta e espaçada de forma substancialmente eqüidistante em um perímetro circular centralizado em torno de um eixo geométrico central da torre estrutural 10. Os elementos longitudinais 20 são tipicamente o comprimento da seção de baia individual 12, ou em torno de três a oito metros de comprimento, dependendo da posição da seção de baia ao longo do comprimento da torre estrutural 10. Em outras modalidades, os elementos longitudinais individuais podem abranger os comprimentos de duas ou mais seções de baia, reduzindo, assim, o número de conexões longitudinal para longitudinal nas seções de baia adjacentes. Os elementos longitudinais 20 são tipicamente construídos a partir de aço de alta resistência e sãoocos e quadrados em seção transversal, apesar das geometrias transversais redondas, anguladas, de feixe em I e canal

em C ou similares também serem contempladas. As dimensões transversais típicas dos elementos longitudinais transversais quadrados 20 são de 25,4 por 25,4 cm (10 por 10 polegadas), com a espessura de parede de cada elemento sendo de 1,27 a 1,90 cm (1/2 a 3/4 polegadas), e em uma modalidade
5 cerca de 1,58 cm (5/8 polegadas). Os materiais tal como alumínio e compostos fornecem alternativas adequadas para a construção dos elementos longitudinais 20. Por exemplo, em uma modalidade alternativa, os elementos longitudinais são construídos a partir de materiais compostos que são circulares em seção transversal com um diâmetro transversal da ordem
10 de 25,4 cm (10 polegadas). e uma espessura de parede da ordem de 2,54 a 5,08 cm (1 a 2 polegadas).

Com referência ainda à figura 2, os elementos longitudinais 20 são interconectados por uma pluralidade de elementos horizontais 22 que se estendem substancialmente de forma horizontal entre os pares adjacentes
15 de elementos longitudinais 20. Em uma modalidade, os elementos horizontais 22 interconectam pares de elementos longitudinais sucessivos 20 da seção de baia 12 em ambas as disposições poligonal 23 e de baia cruzada 25, apesar de a disposição poligonal 23 poder ser utilizada sem a utilização da disposição de baia cruzada 25 e vice-versa. Um elemento anular rígido
20 (não ilustrado), tal como o anel de aço, possuindo um diâmetro substancialmente igual ao espaçamento diamétrico dos elementos longitudinais fornece uma alternativa adequada para, ou pode complementar, o uso dos elementos horizontais 22. Em qualquer caso, os elementos horizontais 22, ou o elemento anular, são conectados aos elementos longitudinais 20 utilizando
25 parafusos, pinos (por exemplo, como discutido abaixo) ou por solda. Em uma modalidade, os elementos horizontais 22 são construídos utilizando aço de alta resistência, mas materiais tal como alumínio e compostos servem como alternativas adequadas. Por exemplo, os elementos horizontais 22 podem ser construídos utilizando-se vigas anguladas de alta resistência
30 possuindo dimensões laterais da ordem de 5,08 a 10,16 cm (2 a 4 polegadas) de largura e espessura de ordem de 0,95 a 1,27 cm (3/8 a 1/5 polegadas). Alternativamente, os elementos horizontais 22 podem ser construídos

utilizando-se materiais tipo aço, alumínio ou compostos de qualquer formato transversal adequado, tal como circular, quadrado, em forma de viga em I ou canal em C como será compreendido pelos versados na técnica.

Com referência ainda à figura 2, elementos diagonais 26 se estendem de forma diagonal entre pares adjacentes de elementos longitudinais 20. Os elementos diagonais 26 interconectam pares de elementos longitudinais sucessivos 20 em torno do perímetro de cada seção de baia 12. Os elementos diagonais 26 possuem tipicamente entre três e oito metros de comprimento e são orientados em um ângulo de aproximadamente trinta a sessenta graus com relação aos elementos longitudinais adjacentes 20. Por fim, o comprimento de cada elemento diagonal 26 dependerá do comprimento dos elementos longitudinais adjacentes 20 que o elemento diagonal 26 conecta, o espaçamento dos elementos longitudinais adjacentes e o ângulo de orientação que o elemento diagonal cria com relação aos elementos longitudinais 20. Por exemplo, os comprimentos dos elementos diagonais 26 incluídos nas seções de baia 12 localizadas na direção da base da torre aumentarão com relação aos comprimentos dos elementos diagonais 26 incluídos nas seções de baia 12 localizadas perto do topo da torre estrutural 10. Os elementos diagonais 26 são construídos tipicamente a partir de aço de alta resistência e são ocós e quadrados em seção transversal, apesar de geometrias transversais redondas, anguladas, de feixe em I e canal em C ou similares também são contempladas. As dimensões transversais típicas dos elementos diagonais transversais quadrados 20 são de 25,4 por 25,4 cm (10 por 10 polegadas), com a espessura de parede de cada elemento sendo de 1,27 a 1,90 cm (1/2 a 3/4 polegadas), e em uma modalidade de cerca de 1,58 cm (5/8 polegadas) de espessura. Os materiais tais como alumínio e materiais compostos fornecem alternativas adequadas para a construção dos elementos diagonais 26. Por exemplo, em uma modalidade alternativa, os elementos diagonais são construídos de materiais compostos que são circulares em seção transversal com um diâmetro de seção transversal da ordem de 25,4 cm (10 polegadas) e uma espessura de parede da ordem de 2,54 a 5,08 cm (1 a 2 polegadas).

A descrição acima com relação à figura 2 se aplica a uma seção de baia 12 compreendendo a metade superior da torre estrutural ilustrada na figura 1. A descrição é, no entanto, geralmente aplicável aos componentes similares que compreendem seções de baia que compreendem a metade inferior da torre. As diferenças, se existir alguma, são geralmente limitadas à geometria da seção de baia em particular. Em uma modalidade, por exemplo, as seções de baia compreendendo a extremidade inferior da torre estrutural 10 incluem elementos horizontais relativamente mais longos 22 para acomodar os diâmetros relativamente maiores de cada seção de baia à medida que a base da torre adjacente à fundação 11 se aproxima. De forma similar, o comprimento dos elementos diagonais 26 também aumentará para acomodar os diâmetros relativamente maiores de cada seção de baia, ou, consistente com isso, o espaçamento relativamente maior entre os pares adjacentes de elementos longitudinais 20. Adicionalmente, os elementos longitudinais 20 são, em uma modalidade, posicionados em um ângulo leve com relação a um eixo geométrico central da torre estrutural 10 de forma a acomodar um aumento gradual no diâmetro de cada seção de baia 12 à medida que a fundação 11 se aproxima. Adicionalmente, os elementos longitudinais 20 são presos à fundação 11 utilizando-se uma série de elementos de placa ou suporte (não ilustrados). Os elementos de placa ou suporte são aparafusados ou de outra forma fixados à fundação 11. As extremidades inferiores dos elementos longitudinais conectados à fundação são presas aos elementos de placa ou suporte por solda das extremidades inferiores diretamente aos elementos de placa ou suporte ou por solda dos elementos de flange (não ilustrados) às extremidades inferiores e então aparafusamento dos elementos de flange aos elementos de placa ou suporte. Os versados na técnica reconhecerão outras formas adequadas de se prender as extremidades inferiores aos elementos de placa ou suporte, tal como através do uso de um pino em conjunto com uma junta no sentido do comprimento, a construção do qual é discutida em detalhes abaixo.

Como os versados na técnica apreciarão, o número exato de seções de baia individuais e as dimensões precisas de cada seção de baia -

ou a variação, se existir alguma, nas dimensões dos vários elementos que compreendem cada seção de baia ao longo do comprimento da torre estrutural 10 - podem variar dependendo da aplicação pretendida, das cargas esperadas ou antecipadas devido a vento ou outras fontes, ou o desejo de se mudar uma ou mais frequências ressonantes pela variação da rigidez da torre. Em uma modalidade, no entanto, cada seção de baia ao longo do comprimento da torre estrutural é idêntica a cada outra das seções de baia, significando que todos os elementos longitudinais 20 são iguais ou quase iguais ao outro, todos os elementos diagonais 26 são iguais ou quase iguais aos outros, e todos os elementos horizontais 22 são iguais ou quase iguais aos outros. Adicionalmente, e como descrito acima, os versados na técnica apreciarão que os vários elementos que compreendem cada seção de baia - isto é, elementos longitudinais, diagonais e horizontais - podem ser omitidos ou incluídos e construídos utilizando-se aço, alumínio ou materiais compostos, por exemplo, ou combinações dos mesmos possuindo várias geometrias transversais. Por exemplo, a adição de elementos diagonais adicionais pode permitir a remoção de um ou mais dos elementos horizontais e longitudinais. A seleção específica dos elementos de componente, seu material de construção e sua geometria transversal pode, no entanto, depender de seu posicionamento na torre estrutural. Por exemplo, as tensões e cargas sofridas pelos vários elementos perto do topo da torre podem ser menores do que as sofridas por vários elementos perto da base da torre, permitindo, assim, que os elementos perto do topo da torre tenham, por exemplo, geometrias transversais menores ou espessuras de parede menores, ou sejam construídos a partir de materiais que exibem resistências finais ou rendimento comparativamente reduzido.

Tendo descrito determinadas características dos vários elementos de componente que compreendem uma ou mais modalidades da torre estrutural 10 da presente invenção, a descrição prossegue aqui com uma descrição de um dispositivo novo de fixação dos elementos de componente um ao outro utilizando pinos. As figuras 3 e 4 ilustram, por exemplo, uma modalidade de uma seção de junta 30 ilustrando a interseção de um conjun-

to de elementos longitudinais 20, elementos horizontais 22 e elementos diagonais 26. Os elementos longitudinais 20 são presos juntos em cada junta no sentido de comprimento 31 por um pino 32 se estendendo através das extremidades macho 34 e fêmea 36 correspondentes da junta no sentido de comprimento 31. O pino 32 tem em uma modalidade 10,16 cm (4 polegadas). de diâmetro e construído a partir de aço. Com referência à figura 4, o pino 32 se estende através de um par de seções tubulares 33 (apenas uma é ilustrada na figura) possuindo tolerâncias diamétricas combinadas de forma muito aproximada com o pino 32. Um elemento de lingüeta 37 da extremidade macho 34 da junta no sentido de comprimento 31 é intercalado entre as seções de tubo 33. As seções de tubo 33 são em uma modalidade aparadas na borda dianteira 38 para facilitar a inserção do elemento de lingüeta 37. O elemento de lingüeta 37 possui uma abertura 35 que é dimensionada também para combinar de perto com o diâmetro do pino 32. Quando a junta no sentido do comprimento 31 é montada, o par de seções de tubo 33 impedem ou minimizam o movimento lateral do elemento de lingüeta 37, enquanto tolerâncias justas entre o diâmetro externo do pino 32 e o diâmetro interno das seções de tubo 33 e a abertura 35 mantêm um encaixe justo na junta no sentido do comprimento 31. Em uma modalidade, a tolerância diamétrica entre o diâmetro externo do pino 32 e o diâmetro interno das seções de tubo 33 e abertura 35 pode ser de não mais que 0,07 cm (0,030 polegadas) onde um pino 32 possuindo um diâmetro de 10,16 cm (4 polegadas) é utilizado.

Com referência novamente à figura 3, cada elemento horizontal 22 é preso a um elemento longitudinal adjacente 20 utilizando-se parafusos 38 que se estendem através de um elemento de lingüeta 40 que é soldado ao elemento longitudinal 20. Alternativamente, os elementos horizontais 22 podem ser soldados diretamente no elemento longitudinal 20 ou presos aos elementos longitudinais utilizando-se qualquer uma das maneiras discutidas acima ou abaixo. As extremidades de cada elemento diagonal 26 são presas a um elemento longitudinal correspondente 20 em uma junta diagonal 41 utilizando um pino 42 que se estende através de um par de flanges de extremidade 44 que são formados como uma parte de um conector de junta de

pino 28. A conexão de pino na junta diagonal 41 é similar à conexão de pino discutida acima com relação à junta longitudinal 31. O pino 42 em uma modalidade possui 10,16 cm (4 polegadas) de diâmetro e é construído a partir de aço. O pino 42 se estende através do par de flanges de extremidade 44 possuindo aberturas com diâmetros que combinam de perto com o diâmetro do pino 42. Intercalado entre os flanges de extremidade 44 encontra-se um elemento de lingüeta 46 possuindo uma abertura (não ilustrada) que também é dimensionado para combinar de perto com o diâmetro do pino 42. Quando a junta diagonal 41 é montada, o par de flanges de extremidade 44 impede o movimento lateral do conector 28, enquanto as tolerâncias justas entre o diâmetro externo do pino 42 e o diâmetro interno dos flanges de extremidade 44 e abertura através do elemento de lingüeta 46 mantêm um encaixe justo na junta diagonal 41. Em uma modalidade, a tolerância diamétrica entre o diâmetro externo do pino 42 e o diâmetro interno dos elementos de lingüeta 44 e abertura é de não mais que 0,07 cm (0,030 polegadas), onde um pino de diâmetro de 10,16 cm (4 polegadas) 42 é utilizado. O elemento de lingüeta 46 é, em uma modalidade, soldado ao elemento longitudinal 20. Apesar de um único elemento de lingüeta 46 e flanges de extremidades duplos 44 poderem ser utilizados, será aparente que os elementos de lingüeta duplos e um único flange de extremidade no conector 28 também podem ser utilizados para se prender um elemento diagonal 26 a um elemento longitudinal correspondente 20.

As figuras 5 e 6 ilustram uma modalidade alternativa de uma seção de junta 130 ilustrando a interseção de um conjunto de elementos longitudinais 120 e um elemento diagonal 126. Os elementos longitudinais 120 são presos juntos em cada junta no sentido do comprimento 131 por um conjunto de pinos 132 se estendendo através das extremidades macho 134 e fêmea 136 correspondentes da junta no sentido do comprimento 131. O conjunto de pino 132 compreende em uma modalidade um elemento de pino 150 que inclui partes afuniladas 151 em cada uma das extremidades do elemento de pino 150. O conjunto de pino 132 inclui adicionalmente um par de elementos de colar 153 possuindo uma superfície interna 154 configurada

para engatar de forma justa a parte afunilada 151 do elemento de pino 150 quando o elemento de colar é totalmente fixado à parte afunilada 151 do elemento de pino 150. O conjunto de pino 132 inclui adicionalmente um par de elementos de arruela 155 e um par de parafusos 156 que são configurados para aparafusar dentro dos furos rosqueados 157 posicionados nas extremidades do elemento de pino 150. A extremidade macho 134 da junta no sentido do comprimento 131 inclui um elemento de lingüeta 137 possuindo uma abertura 135 que é dimensionada para combinar de perto o diâmetro de uma parte não afunilada 158 localizada entre as partes afuniladas 151 do elemento de pino 150. O elemento de pino 150 se estende através de um par de seções de tubo 133 possuindo tolerâncias diamétricas combinadas de perto com os elementos de colar 153 quando totalmente expandidos. Uma fenda no sentido do comprimento 159 é posicionada ao longo do comprimento de cada elemento de colar 153 para permitir a expansão diamétrica do elemento de colar 153 quando totalmente forçado para a parte afunilada 151 do elemento de pino 150. Similar ao que foi discutido acima, as seções de tubo são em uma modalidade aparadas na borda dianteira 138 para facilitar a inserção do elemento de lingüeta 137.

Em uma modalidade, a montagem da junta no sentido do comprimento do pino afunilado 131 ocorre como se segue. As extremidades macho 134 e fêmea 136 dos elementos longitudinais 120 são unidas com a abertura 135 do elemento de lingüeta 137 posicionada adjacente às seções de tubo 133. O elemento de pino 150 é inserido através das seções de tubo 133 e da abertura 135 do elemento de lingüeta 137. A tolerância entre a abertura 135 e a parte não afunilada 158 do elemento de pino 150 é muito justa e, em uma modalidade, da ordem de 0,07 cm (0,030 polegadas) ou menos. Em geral, a tolerância é suficientemente justa para exigir que uma prensa (ou martelo) engate a parte não afunilada 158 do elemento de pino 150 com a abertura 135 do elemento de lingüeta 137. Os elementos de colar 153 são então assentados entre as partes afuniladas 151 do elemento de pino 151 e as seções de tubo 133. Em uma modalidade, a superfície interna 154 de cada elemento de colar 153 é dimensionada de forma menor que a

dimensão externa da parte afunilada 151 do elemento de pino 150, impedindo, dessa forma, a inserção completa do elemento de colar 153 através da parte afunilada 151 do elemento de pino 150. Nessa mesma modalidade, o diâmetro externo do elemento de colar 153 é um pouco menor do que o diâmetro interno das seções de tubo 133. As arruelas 155 são então localizadas adjacentes às extremidades do elemento de pino 150 e os parafusos 156 inseridos nos furos rosqueados 157. Os parafusos 156 são então rosqueados completamente dentro dos furos rosqueados 157, o que força os elementos de colar 153 sobre as partes afuniladas 151 do elemento de pino 150. À medida que cada elemento de colar 153 é forçado para sua parte afunilada respectiva 151 do elemento de pino 150, a superfície externa do elemento de colar 153 expande contra a superfície interna de seu respectivo elemento de tubo 133.

Com referência agora à figura 6, quando totalmente expandida pelo rosqueamento completo do parafuso 156 para dentro de seu furo rosqueado respectivo 157, a superfície externa de cada elemento de colar 153 é engatada de forma justa com a superfície interna da seção de tubo respectiva 133, enquanto a superfície interna de cada elemento de colar 154 é engatada de forma justa com sua respectiva parte afunilada 151 do elemento de pino 150. Em uma modalidade, cada colar inclui adicionalmente uma borda interna 160 que se apóia a um lado respectivo 161 do elemento de lingüeta 137 para auxiliar na prevenção de qualquer movimento lateral do elemento de lingüeta 137 com relação às seções de tubo 133 ou extremidade fêmea 136 da junta longitudinal 131. Nas modalidades adicionais, um fixador rosqueado, tal como Loctite®, pode ser utilizado para prender melhor os parafusos 156 ao elemento de pino 150 ou, alternativamente, solda pode ser utilizada para prender permanentemente o conjunto de pino montado 132. De forma similar à descrição acima, um segundo conjunto de pino 142 pode ser utilizado para prender cada elemento diagonal 126 a seu respectivo elemento longitudinal 120 em cada junta diagonal 141.

As descrições acima para conexões no sentido do comprimento e juntas diagonais 31, 41, 131 são ilustrativas das características principais

de utilização de pinos possuindo tolerâncias justas para prender os vários elementos longitudinal e diagonal um ao outro. Os versados na técnica irão, no entanto, apreciar que qualquer junta localizada na torre estrutural é capaz de ser presa por conjuntos de pino recém descritos ou variações dos mesmos. Adicionalmente, os versados na técnica reconhecerão que outros modos de fixação das juntas estão disponíveis. Por exemplo, os flanges podem ser soldados a extremidades opostas dos elementos longitudinais, com os flanges conectados um ao outro utilizando uma série de parafusos. Alternativamente, os pinos discutidos acima podem ser substituídos utilizando-se os parafusos. Alternativamente novamente, as conexões podem ser criadas utilizando-se soldas, ou uma combinação de soldas, parafusos e pinos. A característica essencial das conexões de junta, independentemente do método escolhido para se fixar a conexão, é que as juntas sejam justas quando a conexão for completada. Não pode haver qualquer translação relativa ou apenas uma translação mínima, divisão ou movimento de torção para fora de plano ocorrendo entre os vários elementos diagonais, longitudinais e horizontais uma vez conectados em várias juntas e as juntas de pino devem exibir o mesmo mas permitir a rotação dos elementos de conexão em torno do eixo geométrico central do pino quando a torre está sendo estruturalmente carregada.

Com referência novamente à figura 1, a torre estrutural 10 é ilustrada como possuindo onze conjuntos de baia 12 - por exemplo, um conjunto de baia superior 19, um conjunto de baia inferior 13, e uma série de conjuntos de baia intermediários 12, que, no sentido amplo, incluem os conjuntos de baia superior e inferior. O conjunto de baia mais inferior 13 possui um diâmetro relativamente maior do que o conjunto de baia mais superior 19. Os conjuntos de baia superior 12 são menores em diâmetro basicamente para acomodar a turbina eólica 14 e as lâminas do rotor 16. O diâmetro menor dos conjuntos de baia superior permitem a rotação desimpedida das lâminas do rotor 16 e permite que a combinação de turbina eólica 14 e a lâmina do rotor 16 gire completamente em torno do eixo geométrico central a torre estrutural 10 para acomodar direções de vento variáveis. O conjunto de baia

mais inferior 13 e os adjacentes ou de outra forma próximos do mesmo são relativamente maiores em diâmetro para acomodar uma área afetada/ocupada maior perto da fundação 11 e, dessa forma, fornecer mais estabilidade lateral à torre estrutural 10. De forma similar aos dispositivos para o fornecimento de outra conexão descritos acima, as extremidades mais inferiores dos elementos longitudinais 20 (120) compreendendo o conjunto de baia mais inferior 13 podem ser presas à fundação 11 utilizando-se soldas, parafuso ou juntas de pino - por exemplo, as extremidades mais inferiores dos elementos longitudinais 20 (120) são presas aos elementos de lingüeta (não ilustrados) que se estendem ascendentemente a partir da fundação 11 utilizando-se os mesmos dispositivos de conexão descritos acima para a seção de junta no sentido de comprimento 31 (131).

Com referência agora à figura 7, a turbina eólica 14 é presa a uma seção de baia cilíndrica tubular convencional 55. A seção de baia cilíndrica 55 é em uma modalidade construída a partir de aço e possui uma pluralidade de elementos de lingüeta de aço 37 (137) se estendendo descendentemente. Cada um dos elementos de lingüeta 37 (137) é configurado para interconectar com as extremidades superiores dos elementos longitudinais 20 (120) da seção de baia mais superior 19. As conexões são feitas utilizando-se soldas, parafusos ou os mesmos dispositivos de conexão de pino descritos acima para a seção de junta no sentido do comprimento 31 (131). A turbina eólica 14 é presa de forma rotativa à seção de baia cilíndrica 55 utilizando-se dispositivos padrão ou sistemas de conexão padrão conhecidos pelos versados na técnica para fixação de turbinas eólicas a torres tubulares convencionais.

Como discutido acima, o uso de materiais além do aço para construção de vários elementos que compreendem a torre estrutural 10 pode ser vantajoso, particularmente com relação aos elementos diagonais e longitudinais que compreendem as seções de baia 12 perto do topo da torre. O uso de materiais compostos, por exemplo, para construção dos elementos diagonais ou horizontais reduz substancialmente o peso da torre e pode alterar as características de rigidez e, dessa forma, as frequências ressonantes

associadas com a torre. Com referência à figura 8, uma modalidade de um elemento diagonal composto 226 da presente invenção é descrito, juntamente com os dispositivos de fixação de tal elemento diagonal 226 aos respectivos elementos longitudinais adjacentes. O elemento diagonal 226 é ilustrado possuindo um conector 27 da presente invenção fixado em uma extremidade. O elemento diagonal 226 inclui um elemento tubular 60 de material composto. Um conector 27 é preso em ambas as extremidades do elemento tubular 60. O conector 27 inclui uma manga interna 62 e uma manga externa 64. A manga interna 62 fornece uma superfície de contato externa 66 em um diâmetro externo 67 da manga. De forma similar, a manga externa 64 fornece uma superfície de contato interna 68 e um diâmetro interno 69 da manga. O elemento tubular 60 também fornece uma superfície de contato interna 70 e uma superfície de contato externa 71 em ambas as extremidades do elemento tubular 60. As dimensões da manga interna 62, da manga externa 64 e do elemento tubular 60 são selecionadas para criar um encaixe por interferência entre o conector 27 e o elemento tubular 60 quando montado como descrito abaixo. Em uma modalidade, o diâmetro da superfície de contato interna 70 do elemento tubular 60 tem cerca de 25,4 cm (10 polegadas), enquanto o diâmetro da superfície de contato externa 71 do elemento tubular 60 tem cerca de 29,21 cm (11,5 polegadas), resultando em uma espessura de parede de cerca de 3,81 cm (1,5 polegadas). Nessa modalidade, uma tolerância negativa de cerca de 0,25 a 0,53 cm (0,010 a 0,020 polegadas) é preferida. Consistente com os diâmetros da superfície de contato acima, então, o diâmetro interno 69 da manga externa tem, em uma modalidade, cerca de 29,15 a 29,18 cm (11,48 a 11,49 polegadas), enquanto o diâmetro externo 67 da manga interna 62 tem cerca de 25,42 a 25,45 cm (10,01 a 10,02 polegadas). O comprimento do elemento tubular 60 da torre estrutural 10 nessa modalidade varia de cerca de três a cerca de oito metros, dependendo de sua localização na torre. O comprimento axial 61 para cada superfície de contato 66, 68, 70, 71 nessa modalidade é de cerca de 10,16 a cerca de 15,24 cm (4 a 6 polegadas). As dimensões acima são utilizadas nessa modalidade para elementos diagonais 226 posicionados nos conjuntos de baia

superior para a torre estrutural 10. As dimensões podem, no entanto, aumentar ou diminuir dependendo da altura, diâmetro e carga esperada ou das condições operacionais para qualquer aplicação particular da torre estrutural.

Um método de montagem do conector 27 a um elemento tubular composto 60 é descrito como se segue. A manga externa 64 é aquecida a uma temperatura suficientemente alta para expandir a superfície de contato interna 68 de modo a receber a superfície de contato externa 71 do elemento tubular 60. De forma similar, a manga interna 62 é resfriada para uma temperatura suficientemente baixa para encolher a superfície de contato externa 66 de modo a receber a superfície de contato interna 70 do elemento tubular 60. Em uma modalidade, a manga externa 64 é aquecida a uma temperatura de cerca de 148°C (300°F), que é alta o suficiente para realizar a expansão desejada da superfície de contato interna 68, mas não tão alta de forma a causar danos à matriz composta do elemento tubular 60 quando a manga e o elemento são unidos. Ao mesmo tempo, a manga interna 62 é resfriada a uma temperatura de cerca de -212°C (-350°F). Quando as temperaturas desejadas são alcançadas para a manga interna 62 e manga externa 64, os componentes são então unidos e deixados para equilibrar à temperatura ambiente. Uma vez que a temperatura se equilibra, as mangas externa e interna se prendem ao elemento tubular composto 60 com pressão ou tensão radial muito alta, formando um encaixe de interferência nas superfícies de contato capazes de transmitir cargas tremendas em ambas a compressão e tensão.

Uma modalidade do conector 27 inclui uma parte de virola se estendendo para fora 76 na manga interna 62 e uma parte de virola se estendendo para dentro 77 na manga externa 64. A parte de virola 76 na manga interna 62 se estende sobre a região de parede circunferencial 78 do elemento tubular 60. De forma similar, a parte de virola 77 da manga externa 64 se estende aproximadamente pela mesma distância que a parte de virola 76 da manga interna 62, mas na direção oposta. As partes de virola sobrepostas 76, 77 das mangas interna e externa 62, 64 servem para distribuir melhor as cargas de fricção entre as superfícies de contato interna e externa

do elemento tubular 60 quando o elemento diagonal composto 226 é colocado sob tensão. Similar aos dispositivos para o fornecimento das conexões descritas acima, os conectores 27 dos elementos diagonais compostos 226 são presos aos elementos longitudinais 20 (120) utilizando-se parafusos, soldas ou juntas de pino - por exemplo, dispositivos de conexão descritos acima para as seções de junta diagonal 41 (141).

A descrição acima do uso de elementos tubulares compostos 60 na construção da torre estrutural 10 da presente invenção focaliza no uso de tais elementos compostos 60 nos elementos diagonais compostos 226. Os mesmos princípios se aplicam de forma geral a ambos os elementos longitudinal e horizontal também. Por exemplo, as figuras 9 e 10 ilustram elementos tubulares compostos sendo utilizados para se construir elementos longitudinais compostos 220 e elementos horizontais compostos 222, respectivamente, para alcançar os mesmos benefícios de redução de peso. A substituição de elementos compostos por elementos de aço descrita acima pode ser realizada seletivamente por toda a torre estrutural 10 - isto é, em qualquer um ou mais, ou até mesmo em todos os elementos longitudinais, diagonais e horizontais, sem se importar com sua localização na torre estrutural 10. Por exemplo, as figuras 9 e 10 ilustram a substituição dos elementos compostos - similar aos elementos compostos diagonais 226 discutidos acima - para os elementos longitudinais 20 e elementos horizontais 22 que aparecem em um conjunto de baia típico 12, respectivamente.

Com referência à figura 9, por exemplo, os elementos longitudinais compostos 220 são ilustrados como longarinas compostas possuindo conectores de extremidade 225. Os conectores de extremidade são presos aos elementos longitudinais compostos 220 de uma forma similar à descrita acima com relação ao conector de encaixe por interferência 27 para os elementos diagonais compostos 226. Ao invés de se possuir um par de flanges de extremidade 44, no entanto, o conector de extremidade 225 possui um flange 221 que é aparafusado ou soldado a um flange correspondente de um conector de extremidade oposto 225. Alternativamente, o conector de extremidade 225 inclui configurações de lingüeta macho e fêmea similares às

descritas acima que permitem a conexão utilizando-se parafusos ou um conjunto de conexão de pino como descrito acima com referência à junta longitudinal 31 (131). De forma similar, a figura 10 ilustra elementos horizontais compostos 222 possuindo conectores de extremidade 223 que são presos, aparafusados ou retidos de outra forma aos elementos longitudinais de aço 20. Em ambas as figuras 9 e 10, os elementos diagonais 229 são elementos de aço, ou alternativamente elementos diagonais compostos 226, que são presos aos elementos longitudinais 20 ou ao flange de extremidade 225 utilizando-se técnicas descritas acima para a construção da junta diagonal 41 (141). Como ilustrado na figura 9, no entanto, onde os elementos longitudinais compostos 220 são utilizados, é preferível se prender os elementos diagonais 26 (226) diretamente aos flanges de extremidade, em oposição aos elementos tubulares compostos. Apesar de as figuras 9 e 10 ilustrarem seções de baía possuindo elementos longitudinais compostos 220 ou elementos horizontais compostos 222, respectivamente, deve ser apreciado que modalidades adicionais contemplam toda a torre estrutural 10 sendo construída utilizando-se os elementos longitudinal 220, diagonal 226 e horizontal 222 compostos, ou qualquer combinação dos mesmos.

Nas modalidades adicionais da presente invenção, a incorporação na torre estrutural 10 de um ou mais elementos longitudinal, diagonal ou horizontal que são configurados para amortecer as vibrações - por exemplo, elementos de amortecimento viscosos ou viscoelásticos ou, mais geralmente, elementos de amortecimento ou longarinas - fornece uma integridade estrutural melhorada à torre sob condições operacionais normais e em resposta a condições operacionais extremas, particularmente onde aplicações de turbina eólica de grande peso são utilizadas. Várias modalidades de longarinas de amortecimento (ou amortecidas) ou elementos são discutidas. As discussões focalizam amplamente em duas classes de longarinas de amortecimento. A primeira classe considera o uso de materiais viscoelásticos em conjunto com elementos compostos ou outros elementos de reforço para formar uma disposição de mola e amortecedor paralela integral com uma longarina de forma que o elemento de amortecimento inclua rigidez e amor-

tecimento significativos. A segunda classe considera o uso de amortecedores de fluido hidráulico ou viscoso dispostos de maneira integral com um elemento para formar uma disposição de mola e amortecedor paralela para incluir rigidez e amortecimento significativos. Alternativamente, a remoção do elemento de fornecimento de rigidez resulta em um amortecedor que fornece basicamente o amortecimento. Enquanto outros dispositivos para a realização do amortecimento - por exemplo, magnetismo - são conhecidos dos versados na técnica, as classes descritas aqui são benéficas para uso em aplicações de turbina eólica de grande elevação para a torre estrutural 10 da presente invenção. Sua discussão não deve, no entanto, ser considerada limitadora, ou excludente do uso de mecanismos de amortecimento similares possuindo propriedades de amortecedor que se encontrem dentro do escopo da presente invenção. Adicionalmente, a discussão prossegue com uma descrição que é direcionada basicamente para os elementos diagonais amortecidos. A partir da discussão acima, no entanto, deve-se apreciar que tal descrição se aplica geralmente a elementos longitudinais e horizontais também e, portanto, a descrição com relação aos elementos diagonais amortecidos não deve ser considerada limitadora do escopo da invenção, visto que os princípios descritos aqui e acima se aplicam geralmente a cada um dos elementos longitudinal, diagonal e horizontal da torre estrutural 10.

Com referência agora à figura 11, uma modalidade de um elemento diagonal amortecido 126 é ilustrado possuindo um conector 127 da presente invenção fixado em uma extremidade. A modalidade ilustrada na figura 11 inclui um elemento tubular interno 81 e um elemento tubular externo 82. Os elementos tubulares interno e externo 81, 82 são nessa modalidade construídos a partir de materiais de fibra composta possuindo fibras em camadas em padrões distintos. Intercalada entre os elementos tubulares compostos interno e externo 81, 82 encontra-se uma camada de material viscoelástico 83. A combinação da camada viscoelástica 83 intercalada entre os elementos tubulares interno e externo 81, 82 fornece uma longarina de amortecimento composta para amortecer as vibrações da torre estrutural 10. O conector 127 é preso à combinação de elementos tubulares interno e ex-

terno 81, 82 e camada viscoelástica 83 da mesma forma descrita acima com relação ao encaixe por interferência para o elemento diagonal composto 226 possuindo um único elemento tubular composto 60. As dimensões para o elemento diagonal amortecido 126 podem ser iguais às do elemento diagonal composto 226 descrito acima. A espessura da camada viscoelástica é relativamente pequena - em uma modalidade da ordem de (0,2 mm) - em comparação com a espessura de parede dos tubos compostos que, consistente com o elemento diagonal previamente descrito 226, têm cerca de 1,90 cm (3/4 polegadas). cada, resultando em uma espessura de parede total de cerca de 3,81 cm (1/2 polegadas). Adicionalmente, a camada viscoelástica nessa modalidade não se estende para dentro da região de conector. Se desejado, um colar axial muito fino de material adequado, tal como o composto, da ordem de espessura da camada viscoelástica, pode se estender para dentro da região de conector ao invés de estender a camada viscoelástica para dentro da região de conector. Essa última disposição será benéfica para as modalidades onde a espessura da camada viscoelástica é da ordem de um milímetro ou mais.

O uso de elementos de amortecimento compostos (ou longarinas) para amortecer as vibrações foi proposto na patente U.S. Nº 5.203.435 (Dolgin), a descrição para o qual é incorporada aqui por referência. Os métodos de criação de longarinas de amortecimento compostas também são descritos na patente U.S. Nº 6.048.426 (Pratt), na patente U.S. Nº 6.287.664 (Pratt), na patente U.S. Nº 6.453.962 (Pratt) e na patente U.S. Nº 6.467.521 (Pratt), as descrições das quais também é incorporada aqui por referência.

As longarinas de amortecimento compostas da presente invenção - por exemplo, elemento diagonal amortecido 126 - são construídas com as seguintes propriedades estruturais e funcionais. Os elementos tubulares compostos interno e externo 81, 82 são fabricados de forma que a colocação da matriz de fibra nos tubos siga padrões definidos, com o padrão do elemento tubular interno 81 estando fora de fase com o padrão do elemento tubular externo 82. Padrões particularmente úteis incluem ondas de seno possuindo frequências constantes ou variáveis e amplitudes ao longo do comprimento

axial ou direção de carga dos elementos. Padrões alternados incluem ondas serrilhadas (ou ondas em V) e espirais helicoidais. Uma característica dos padrões é que pelo menos uma parte do padrão no tubo interno esteja fora de fase com o padrão no tubo externo ou seja alterado em fase com relação ao padrão no tubo externo. Isso causa a geração de tensões de cisalhamento na camada viscoelástica 83 quando a longarina composta é carregada em compressão ou tensão. As tensões de cisalhamento produzem fricção interna dentro da camada viscoelástica que gera calor que posteriormente se dissipa para o ambiente, realizando, assim, o amortecimento da torre estrutural 10 através do uso de longarinas de amortecimento - por exemplo, através do uso de elementos diagonais amortecidos 126. Modalidades alternativas para os padrões nos tubos interno e externo incluem quaisquer padrões que realizam uma tensão de cisalhamento dentro da camada viscoelástica mediante aplicação de forças de compressão ou tensão nas extremidades da longarina de amortecimento. Os padrões alternativos podem ser gerados, por exemplo, pela colocação das fibras compostas correndo nas direções axial, helicoidal ou de alça (ou circunferencial) dos elementos tubulares compostos 81, 82.

Com referência ainda à figura 11, o elemento tubular interno 81 inclui um primeiro padrão de fibras compostas (ou de reforço) 87. O primeiro padrão de fibras de reforço 87 se estende radialmente em torno da circunferência interna e externa do tubo (além de dentro da espessura do tubo) e axialmente ao longo do comprimento do tubo. Em uma modalidade, o primeiro padrão de fibras de reforço 87 está na forma de uma onda de seno possuindo um comprimento de onda constante (ou frequência) e amplitude (apenas uma parte do padrão é ilustrada). O elemento tubular externo 82 inclui um segundo padrão de fibras de reforço 88. O segundo padrão de fibras de reforço 88 também está na forma de uma onda de seno possuindo um comprimento de onda constante e amplitude (uma parte do segundo padrão é ilustrada sobreposta ao elemento tubular interno utilizando-se linhas pontilhadas). Outros padrões podem ser utilizados sem se distanciar do escopo da presente invenção. Ambos os primeiro e segundo padrões das fibras de

reforço 87, 88 estão, em uma modalidade, 180 graus fora de fase um com o outro ao longo de todo o comprimento dos elementos tubulares 81, 82. Será apreciado pelos versados na técnica, no entanto, que os padrões não precisam estar completamente 180 graus fora de fase. Adicionalmente, será apreciado que a camada viscoelástica só precisa residir ao longo de uma parte do comprimento para que o amortecimento ocorra. Quando o elemento diagonal amortecido 126 é carregado em compressão ou tensão, os picos e vales e outras partes dos padrões de onda de seno se movem com relação uma à outra, efetuando assim as tensões de cisalhamento na camada viscoelástica e no amortecimento resultante das vibrações. Os versados na técnica reconhecerão, no entanto, que qualquer padrão da fibra composta realizará as tensões de cisalhamento dentro da camada viscoelástica e no amortecimento resultante - quanto maiores as tensões de cisalhamento, no entanto, maior o amortecimento.

Apesar de a figura 11 ilustrar uma única camada de material viscoelástico intercalada entre um par de elementos tubulares compostos, será aparente aos versados na técnica que camadas adicionais de material viscoelástico e elementos tubulares compostos também podem ser utilizados para afetar o amortecimento. Com referência à figura 12, por exemplo, uma alternativa à longarina de amortecimento composta descrita acima é ilustrada. Especificamente, uma longarina de amortecimento composta alternativa 136 inclui um primeiro elemento tubular composto 183, um segundo elemento tubular composto 184 disposto dentro do primeiro, e um terceiro elemento tubular composto 185 disposto com o segundo. Uma primeira camada viscoelástica 188 é disposta entre os primeiro e segundo elementos tubulares compostos 183, 184, e uma segunda camada viscoelástica é disposta entre os segundo e terceiro elementos tubulares compostos 184, 185. O primeiro elemento tubular composto 185 inclui um primeiro padrão de fibras de reforço (não ilustrado) se estendendo no sentido da alça ou circunferencialmente em torno da circunferência e axialmente ao longo do comprimento do tubo. O primeiro padrão de fibras de reforço está, em uma modalidade, na forma de uma onda de seno possuindo um comprimento de onda (ou frequência)

ou amplitude constantes. O segundo elemento tubular composto 184 inclui um segundo padrão de fibras de reforço que está, em uma modalidade, fora de fase com o primeiro padrão de fibras de reforço. O terceiro elemento tubular composto 183 inclui um terceiro padrão de fibras de reforço que está, em uma modalidade, fora de fase com o segundo padrão de fibras de reforço (e, talvez, completamente em fase com o primeiro padrão de fibras de reforço, se desejado). Quando a longarina de amortecimento composta - por exemplo, o elemento diagonal alternativo 136 - é carregada em compressão ou tensão, os picos e vales e outras partes dos padrões de onda de seno mudam de posição com uma com relação à outra, realizando, assim, as tensões de cisalhamento nas camadas viscoelásticas e causando o amortecimento resultante das vibrações. Consistente com a modalidade anterior, os versados na técnica reconhecerão, no entanto, que quaisquer padrões das fibras compostas entre os vários elementos tubulares realizam as tensões de cisalhamento dentro da camada viscoelástica e o amortecimento resultante - quanto maior a tensão de cisalhamento, no entanto, maior o amortecimento.

Como já mencionado, a descrição acima do uso de elementos compostos amortecidos na construção da torre estrutural 10 da presente invenção focaliza o uso de tais elementos compostos nos elementos diagonais 126, 136. Os mesmos princípios se aplicam, no entanto, geralmente a ambos os elementos longitudinal e horizontal também. De acordo, a discussão acima com relação ao uso de elementos tubulares compostos para a construção de compostos longitudinal e horizontal, como ilustrado nas figuras 9 e 10, se aplica igualmente à construção de elementos compostos longitudinal e horizontal amortecidos. Adicionalmente, a substituição de elementos compostos amortecidos para elementos de aço (ou compostos amortecidos não viscoelásticos) descritos acima pode ser realizada seletivamente por toda a torre estrutural 10 - isto é, para um ou mais, até mesmo todos os elementos longitudinal, diagonal e horizontal, sem relação com sua localização na torre estrutural 10.

Várias modalidades alternativas ou sistemas para o amorteci-

mento da torre estrutural 10 são contemplados como incluídos no escopo da presente invenção. Com referência à figura 13, por exemplo, uma longarina de amortecimento alternativa 226 é ilustrada. A longarina de amortecimento 226 inclui um elemento tubular interno 227, um elemento tubular externo 228 e um material viscoelástico (ou tipo borracha) 229 disposto entre os elementos tubulares interno e externo 227, 228. Os elementos tubulares interno e externo 227, 228 são construídos utilizando-se materiais compostos possuindo fibras colocadas em padrões como discutido acima. Alternativas adicionais podem incluir aço, alumínio ou plástico, possuindo padrões que são similares às descritas acima inscritas nas superfícies que cercam a camada viscoelástica. Alternativamente, nenhum padrão pode ser utilizado, resultando em um grau inferior de tensão de cisalhamento e menor grau de amortecimento resultante. Os elementos tubulares interno e externo 227, 228 incluem segmentos de conector 222, 223 para conexão da longarina de amortecimento 226 com os elementos longitudinais 20 da torre estrutural 10 da forma descrita acima. Os elementos tubulares interno e externo 227, 228 estão livres para transladar na direção axial com relação um ao outro à medida que a longarina de amortecimento 226 sofre tensão ou compressão. À medida que a longarina de amortecimento sofre tensão ou compressão, tensões de cisalhamento no material viscoelástico ocorrem, gerando calor que é dissipado para o ambiente, realizando, assim, o amortecimento na torre estrutural 10.

Com referência à figura 14, uma alternativa adicional para a longarina de amortecimento da presente invenção é ilustrada. A longarina de amortecimento alternativa 326 inclui um par de elementos de placa 327, 328, entrelaçado e intercalando camadas de material viscoelástico (ou tipo borracha). Os elementos de placa 327, 328 são construídos utilizando-se materiais compostos possuindo fibras colocadas em padrões como discutido acima, exceto aqui que os padrões aparecem em superfícies essencialmente planas em oposição a uma superfície axial. Alternativas adequadas incluem aço, alumínio ou plástico, possuindo padrões inscritos nas superfícies de contato. Os segmentos de conector 322, 323 prendem a longarina de amor-

tecimento 326 aos elementos longitudinais 20 da torre estrutural 10 da forma descrita acima. Os elementos de placa 327, 328 são confinados por dispositivos adequados (não ilustrados) para transladar na direção longitudinal com relação um ao outro à medida que a longarina de amortecimento sofre tensão ou compressão. À medida que a longarina de amortecimento sofre tensão ou compressão, as tensões de cisalhamento no material viscoelástico ocorrem, gerando calor que é dissipado para o ambiente, realizando, assim, o amortecimento na torre estrutural 10.

Várias outras modalidades de amortecimento alternativas podem ser utilizadas para amortecer as vibrações na torre estrutural 10 da presente invenção. Por exemplo, meios viscosos ou hidráulicos como aplicado na tecnologia de longarina d desenvolvida para uso em estruturas de armação de precisão podem ser utilizados para amortecer vibrações. A tecnologia de "longarina d" é descrita, por exemplo, em Anderson ET al., "Testing and Application of a Viscous Passive Damper for Use in Precision Truss Structures," PP. 2796-2808 (AIAA Paper, 1991), a descrição da qual é incorporada aqui por referência. A tecnologia de longarina d emprega um amortecedor viscoso ou hidráulico configurado em uma disposição de longarina tubular interna/externa. Com referência às figuras 15 e 16, por exemplo, uma longarina tubular externa 400 (500) é construída a partir de um material tal como alumínio, enquanto uma longarina tubular interna 402 (502) é construída a partir de um material possuindo uma rigidez maior ou módulo de elasticidade que a longarina externa. Quanto maior a diferença na rigidez eficaz (ou área transversal multiplicada pelo módulo de elasticidade) entre as longarinas interna e externa 400, 402 (500, 502), maior o amortecimento que é alcançado. Um amortecedor pode ser derivado das duas modalidades acima, isto é, as ilustradas nas figuras 15 e 16, pela remoção da rigidez fornecendo as longarinas tubulares externa 400 (500), reduzindo assim a rigidez eficaz dos elementos de amortecimento para quase zero e com o elemento resultante realizando basicamente o amortecimento. Em uma modalidade, a longarina interna 402 (502) é conectada à longarina externa 400 (500) em uma extremidade comum 404 (504). A extremidade oposta 405 (505) da longarina in-

terna 402 (502) é fixada a um amortecedor viscoso ou hidráulico 406 (506), que inclui um conjunto sanfonado 407 (507) ou outro elemento flexível, um pequeno orifício 409 (509), e um elemento de mola 410 (510) e disposição de pistão 411 (511) ou dispositivo acumulador similar. As extremidades da longarina externa 400 (500) são conectadas aos elementos longitudinais 20 através de conectores de extremidade 421, 422 (521, 522) utilizando, por exemplo, as técnicas descritas acima com relação às juntas diagonais 41, 141 ou outros meios adequados. Sob cargas de compressão ou tensão, a longarina externa 400 (500) é tensionada na direção axial causando um deslocamento relativo entre as longarinas interna e externa, e ativando, assim, o amortecedor viscoso ou hidráulico 406 (506). O fluido 420 (520) movendo através do orifício pequeno 409 (509) cria forças de cisalhamento dentro do fluido viscoso que, por sua vez, fornece o amortecimento para a torre estrutural 10. A parte do acumulador do amortecedor viscoso ou hidráulico, por exemplo, o elemento de mola 410 (510) e o pistão 411 (511), pode ser localizada dentro da longarina d como ilustrado na figura 16 ou fora da longarina d como ilustrado na figura 15. Alternativamente, a parte de acumulador do amortecedor viscoso ou hidráulico 406 (506) pode ser posicionada entre as longarinas interna e externa 400, 402 (500, 502). Os versados na técnica reconhecerão que a parte de mola e pistão do amortecedor é um acumulador que pode ser substituído por acumuladores hidráulicos similares como já prontamente sabido, e reconhecerão adicionalmente que a tensão na mola 410 ou a pressão da carga de gás para os acumuladores a gás deve ser suficientemente grande para reduzir as bolhas de ar no fluido para impedir a redução do amortecimento sob cargas de tensão.

Com referência agora à figura 17, uma modalidade adicional de uma longarina de amortecimento viscoso ou elemento é ilustrada. Uma longarina tubular externa 600 aloja uma longarina tubular interna 602. Similar às modalidades da longarina d descritas acima, a longarina tubular externa 600 é construída de um material tal como alumínio, enquanto que a longarina tubular interna 602 é construída a partir de um material possuindo uma maior rigidez ou módulo de elasticidade, por exemplo, aço, do que a longarina ex-

terna. Quando maior a diferença na rigidez eficaz (ou área transversal multiplicada pelo módulo de elasticidade) entre as longarinas interna e externa 600, 602, maior o amortecimento alcançado. Os versados na técnica reconhecerão que uma disposição alternativa para a criação de apenas um amortecedor inclui, essencialmente, a remoção da longarina tubular externa (600). A longarina externa 600 possui uma primeira extremidade 601 e uma segunda extremidade 603. Uma tampa de extremidade 605 possui um elemento de flange 607 que é configurado para engatar um elemento de flange complementar posicionado na primeira extremidade 601 da longarina externa 600. Uma série de parafusos 609 é utilizada para prender de forma justa a tampa de extremidade 605 à primeira extremidade 601 da longarina externa 600. A longarina interna 602 possui uma primeira extremidade 617 que é presa à tampa de extremidade 605 utilizando qualquer meio adequado, tal como, por exemplo, solda. A longarina interna possui uma segunda extremidade na forma de um segundo flange 619 que é propriamente dito fixado a uma haste de conexão 620. Uma primeira extremidade da haste de conexão 620 é presa ao segundo flange 619 utilizando qualquer meio adequado, tal como, por exemplo, uma parte macho rosqueada 621 da haste de conexão rosqueada em uma parte rosqueada fêmea correspondente 623 do flange 619.

Uma segunda tampa de extremidade 630 possui um elemento de flange 631 que é configurado para engatar um elemento de flange complementar posicionado na segunda extremidade 603 da longarina externa 600. Uma série de parafusos 609 é utilizada para prender de forma justa a segunda tampa de extremidade 630 à segunda extremidade 603 da longarina externa 600. Um alojamento de vedação 624 é preso a uma parte interna 626 do elemento de flange posicionado na segunda extremidade 603 da longarina externa 600. O alojamento de vedação 624 é preso à parte interna 626 do elemento de flange utilizando-se uma série de parafusos 637 ou outros meios adequados. O alojamento de vedação possui uma superfície de parede interna 643 que é usinada para combinar com uma superfície de parede externa da haste de conexão 620. Uma vedação 641 é posicionada

entre a haste de conexão 620 e o alojamento de vedação 624 para impedir que o fluido de amortecimento, por exemplo, fluido viscoso ou hidráulico, vaze ao longo da interface que existe entre os dois componentes. Uma faixa de desgaste tipo polímero 645 pode ser colocada entre o alojamento de vedação 624 e a haste de conexão 620 para impedir o desgaste dos componentes devido ao movimento relativo das duas partes. Alternativamente, o diâmetro da superfície de parede interna 643 pode ser aumentado de forma que um espaço seja criado entre a superfície de parede interna 643 e a superfície de parede externa da haste de conexão 620. O espaço criado pela separação pode ser preenchido com um mecanismo deformável, tal como, por exemplo, uma sanfona ou um material emborrachado que é unido tanto à haste de conexão 620 substancialmente ao longo de seu comprimento quanto ao alojamento de vedação 624, eliminando, assim, a necessidade de se criar uma vedação 641. Esse material deformável alternativo é particularmente benéfico para uso na longarina de amortecimento onde pequenos deslocamentos ocorrem da ordem de menos de 2,54 cm (1 polegada), visto que o material não rígido pode esticar para acomodar o movimento relativo. A eliminação da vedação 641 também fornece uma superfície não deslizante para vedar o fluido, fornecendo, assim, características de vida útil estendidas. Um pistão 622 é preso a uma segunda extremidade da haste de conexão 620 utilizando-se um parafuso 627 ou uma série de parafusos. A segunda tampa de extremidade 630 possui uma superfície de parede interna 633 que é usinada para combinar com uma superfície de parede externa 635 do pistão 622.

25 O fluido de amortecimento 650 (por exemplo, fluido viscoso ou hidráulico) é contido em uma primeira cavidade 651 e uma segunda cavidade 653 que são formadas pelo pistão 620, a segunda tampa de extremidade 630 e o alojamento de vedação 624. O amortecimento ocorre quando o pistão 620 translada na direção de e para longe de uma parte de base 632 da segunda tampa de extremidade 630 devido ao deslocamento relativo entre as longarinas interna 602 e externa 600 quando a longarina de amortecimento sofre cargas de compressão e tensão. Mais especificamente, quando o

30

pistão 620 translada na direção da parte de base 632, o fluido da primeira cavidade 651 é forçado para dentro da segunda cavidade 653 através de uma região circunferencial definida pelo espaço entre a parede de superfície interna 633 da segunda tampa de extremidade 630 e a parede de superfície externa 635 do pistão 620. Alternativamente, condutos ou furos pequenos podem ser usinados através do corpo principal do pistão 620 a partir de uma face para a outra, onde o amortecimento ocorre quando o fluido flui de um lado do pistão 620 para o outro através de um ou mais condutos pequenos. Um acumulador 660 é conectado à primeira cavidade através de um duto 662. Alternativamente, o acumulador 660 pode ser conectado à segunda cavidade de fluido 653. O acumulador 660, ou um dispositivo similar, é necessário para se acomodar o volume do espaço que o corpo da haste de conexão 619 ocupa na segunda cavidade 653. Mais especificamente, à medida que o pistão 620 translada por uma distância na direção da parte de base 632, o volume da primeira cavidade 651 será reduzido e o volume da segunda cavidade 653 será aumentada. Devido à presença da haste de conexão 619 na segunda cavidade 653, no entanto, o volume do fluido que é deslocado da primeira cavidade 651 é maior do que o volume de espaço que é gerado na segunda cavidade 653 devido à translação do pistão 620. O excesso de fluido, igual em volume ao volume do espaço na segunda cavidade 653 que é ocupado pela haste de conexão à medida que a haste translada para dentro da segunda cavidade 653, é transferido através do duto 662 para dentro do acumulador. Uma válvula de controle 664 posicionada entre a primeira cavidade 651 e o acumulador 660 serve para permitir que o fluido flua para dentro do acumulador durante a compressão da longarina de amortecimento, isto é, onde o pistão 620 translada na direção da parte de base 632 e serve para permitir que o fluido escape do acumulador de volta para dentro da primeira cavidade 651 durante a tensão da longarina de amortecimento, isto é, onde o pistão 620 translada para longe da parte de base 632. As descrições acima de um acumulador para fornecer fluido adicional para a haste de conexão 619 são ilustrativas das características principais necessárias para se fornecer a criação do fluido. Os versados na técnica, no entanto,

apreciarão que outros dispositivos ou mecanismos são conhecidos e podem fornecer esse fluido nas proporções corretas para se efetuar a operação adequada.

Como discutido previamente, em uma modalidade, o fluido 650 é transportado da primeira cavidade 651 para a segunda cavidade 653 e vice-versa através do espaço entre a parede de superfície interna 633 da segunda tampa de extremidade 630 e a parede de superfície externa 635 do pistão 620. Como discutido abaixo, esse modo de transporte de fluido permite que a longarina de amortecimento seja menos sensível a variações de temperatura do que se o fluido fosse transportado através de pequenos condutos se estendendo através do corpo do pistão. Mais especificamente, a eficiência do amortecimento pode ser realizada pelas mudanças na temperatura devido à mudança na viscosidade do fluido de amortecimento que ocorre como uma função da temperatura. Por exemplo, à medida que a temperatura aumenta, a viscosidade de um fluido de amortecimento irá geralmente diminuir, levando a um amortecimento menos eficiente para um deslocamento determinado do pistão 620. Essa tendência pode ser contornada onde o pistão 620 é construído utilizando-se um material que possui um coeficiente maior de expansão térmica do que o material utilizado para construir a segunda tampa de extremidade 630 (ou parede de cilindro adjacente ao pistão). Em uma modalidade, por exemplo, o pistão 620 é construído utilizando-se alumínio e a segunda tampa de extremidade 630 é construída utilizando-se aço. O alumínio possui um maior coeficiente de expansão térmica do que o aço, significando que o alumínio expandirá e contrairá como uma função da temperatura a uma taxa maior do que a do aço. Essa variação na taxa de expansão térmica faz com que o espaço entre a parede de superfície interna 633 da segunda tampa de extremidade 630 e a parede de superfície externa 635 do pistão 620 aumente à medida que a temperatura cai com relação a uma temperatura de desenho específico e caia à medida que a temperatura aumenta com relação à temperatura especificada. O efeito de amortecimento que ocorre devido às forças de cisalhamento geradas em um fluido entre duas superfícies móveis depende em parte do espaço ou distância entre as

superfícies, quanto maior a distância, menor o amortecimento. De acordo, à medida que a temperatura aumenta, a redução na eficiência de amortecimento devido à redução da viscosidade do fluido é parcialmente desviada pela redução no espaço ou distância entre a parede de superfície interna 633 da segunda tampa de extremidade 630 e a parede de superfície externa 635 do pistão 620. Essa característica da presente invenção é particularmente benéfica visto que reduz a sensibilidade da longarina de amortecimento devido às variações na temperatura que surgem devido às variações diárias e sazonais no clima.

10 A descrição acima fornece detalhes referentes a vários modos e métodos de construção de uma torre estrutural que inclui elementos longitudinal, diagonal ou horizontal amortecidos ou não dispostos em um ou mais conjuntos de baia da torre estrutura. Os versados na técnica reconhecerão, no entanto, várias alternativas para a forma de montagem descrita acima.

15 Por exemplo, as seções de baia 12 são ilustradas como possuindo um único elemento diagonal 26 disposto entre pares de elementos longitudinais 20 em cada face da seção de baia 12. Os versados na técnica apreciarão, no entanto, que os pares de elementos diagonais 26 podem ser dispostos entre os pares de elementos longitudinais 20 em formato cruzado, podem ser dispostos entre quaisquer pares de elementos longitudinais através do interior do espaço da torre, e a orientação dos elementos diagonais de modo único 26 pode ser misturada, isto é, os elementos diagonais podem ser dispostos tanto na direção horária quanto na direção anti-horária (ou configurações que rodam para a direita ou para a esquerda visto que as seções de baia adjacentes são seqüenciadas ao longo do eixo geométrico central da torre 10).

25 Alternativamente, elementos diagonais podem ser eliminados das faces individuais de um conjunto de baia; elementos longitudinais podem abranger um ou mais conjuntos de baia; e elementos horizontais podem ser seletivamente eliminados de um ou mais conjuntos de baia. Com referência agora às figuras de 18 a 24, várias outras modalidades alternativas de uma torre estrutura

30 incluindo combinações de longarinas ou elementos amortecidos e não amortecidos são ilustradas e descritas. Enquanto essas ilustrações e descrições

são fornecidas de forma qual, isto é, determinados detalhes dos elementos específicos não são ilustrados, deve-se apreciar que os detalhes fornecidos acima com relação às várias construções ou aplicações dos vários elementos amortecidos ou não são aplicáveis a várias aplicações fornecidas abaixo.

5 Com referência à figura 18, por exemplo, uma modalidade alternativa de um conjunto de baia 712 é ilustrada. O conjunto de baia 712 inclui elementos longitudinal 720, diagonal 726 e horizontal 722 não amortecidos, por exemplo, de aço, alumínio ou composto construídos utilizando-se uma ou mais das várias modalidades descritas acima. Em uma modalidade, o

10 conjunto de baia 712 inclui adicionalmente uma série de elementos diagonais amortecidos 730 espaçados de forma adjacente e paralela a cada um dos elementos diagonais não amortecidos 726. Com relação à essa modalidade, quando a torre estrutural é sujeita à carga, os elementos diagonais não amortecidos 726 sofrerão uma leve deformação axial devido às cargas

15 de compressão ou tensão experimentadas pelo elemento diagonal 726. Enquanto o elemento diagonal não amortecido 726 sofre tal deformação na direção axial, os elementos amortecidos adjacentes 730 deformarão, da mesma forma, axialmente, fazendo com que a energia seja dissipada. A disposição de longarinas diagonais não amortecidas e amortecidas 726, 730 a

20 esse respeito pode ser considerada análoga a uma disposição de mola e amortecedor unidimensional carregada de forma dinâmica conectada em paralelo. Enquanto qualquer um dentre os vários elementos de amortecimento descritos acima pode ser empregado para elementos diagonais amortecidos 730 ilustrados na figura 18, modalidades alternativas contemplam o

25 uso de grandes absorvedores de choque (ou amortecedores) que fornecem um amortecimento quase puro e muito baixa rigidez. Na verdade, os versados na técnica reconhecerão que a disposição lado a lado paralela de um absorvedor de choque (amortecedor) e elemento de não amortecimento rígido é análoga aos elementos de amortecimento descritos acima onde cada

30 elemento inclui ambos um elemento de rigidez tipo mola (elemento de não amortecimento) e um elemento de amortecimento, por exemplo, o elemento tubular externo dos elementos de amortecimento viscosos 400, 500, 600

fornece o componente de rigidez não amortecido enquanto o elemento tubular interno 402, 502, 602 e os componentes de amortecedor hidráulico fornecem o componente de amortecimento. Essa discussão se aplica às várias outras alternativas que aparecem abaixo. Os amortecedores de absorção de choque basicamente para fins de amortecimento, em oposição aos elementos de amortecimento ou longarinas descritos aqui e possuindo ambas as características de mola e amortecedor, são comercialmente disponíveis através, por exemplo, de Taylor Devices, Inc., North Tonawanda, NY.

Com referência agora à figura 19, modalidades alternativas às ilustradas na figura 18 contemplam as longarinas diagonais amortecidas 730 posicionadas acima ou abaixo da longarina diagonal não amortecida adjacente 726, e pares adjacentes de longarinas amortecidas e não amortecidas orientadas na direção horária 741 ou anti-horária 743 ou combinações das mesmas. Como ilustrado adicionalmente na figura 19, as modalidades alternativas dos conjuntos de baia contemplam o uso de pares de longarinas diagonais amortecida e não amortecida em uma ou mais faces 745 do conjunto de baia, enquanto outras faces 746, 747 do conjunto de baia incluem um ou a outra dentre uma longarina diagonal amortecida ou não amortecida ou nenhuma dentre as longarinas diagonais amortecida e não amortecida.

Com referência agora à figura 20, uma modalidade alternativa adicional da disposição de longarinas em uma seção de baia é ilustrada. Nessa modalidade, o conjunto de baia 762 inclui elementos longitudinal 770, diagonal 776 e horizontal 772 não amortecidos construídos utilizando-se uma ou mais dentre as várias modalidades descritas acima. Em uma modalidade, o conjunto de baia 762 inclui adicionalmente uma série de longarinas amortecidas 780 espaçadas de forma adjacente e substancialmente perpendicular a cada um dos elementos diagonais não amortecidos 776. As longarinas amortecidas 780 possuem primeiras extremidades 781 conectadas aos elementos longitudinais adjacentes 770 e as segundas extremidades 782 conectadas a um par de elementos de amplificação 785, cada um dos quais é um elemento não amortecido que pode ser construído utilizando-se os métodos e as técnicas descritas acima. Cada um dentre o par de elementos de

amplificação 785 é posicionado em um ângulo, em uma modalidade, de cerca de cinco a cerca de quinze graus, com relação ao elemento diagonal adjacente 776. As primeiras extremidades 786 dos elementos de amplificação 785 e a segunda extremidade 782 da longarina de amortecimento são acopladas juntas em uma junta de articulação 790. Com relação a essa modalidade, quando a torre estrutural é submetida à carga, os elementos diagonais 776 sofrerão uma leve deformação axial devido às cargas de compressão ou tensão sofridas pelo elemento diagonal 776. Enquanto um elemento diagonal 776 sofre tal deformação na direção axial, a junta de articulação 790 que conecta os elementos de amplificação adjacentes 785 e a longarina de amortecimento 780 transladarão na direção de ou para longe do elemento diagonal 776, dependendo de se a carga é de tensão ou compressão, respectivamente. A translação da junta de articulação 790 resulta na deformação axial da longarina de amortecimento 780 fazendo com que a energia seja dissipada.

Com referência agora à figura 21a, o efeito de amplificação que os elementos de amplificação 785 fornecem para o amortecimento é mais bem compreendido com referência ao teorema de Pitágoras para um triângulo reto. Especificamente, um triângulo 750 possuindo uma base 751 é ilustrado. A base 751 do triângulo 750 pode ser associada com o elemento diagonal não amortecido 776 ilustrado na figura 20. De forma similar, o par de elementos de amplificação 785 ilustrados na figura 20 podem ser associados com os dois lados restantes 752, 753 do triângulo 750 (que não são necessariamente iguais em comprimento). Os ângulos β e θ (que também não são necessariamente iguais) podem ser associados com os ângulos nos quais cada um dos elementos de amplificação 785 se encontra com relação à longarina diagonal não amortecida 776. Como ilustrado na figura 21b, essa disposição fornece dois triângulos retos 754, 755, com cada triângulo possuindo uma hipotenusa H, uma base B e lado S. Focalizando-se no triângulo 755, se a hipotenusa H for considerada substancialmente rígida, então uma mudança no comprimento da base B devido a uma carga de compressão ou tensão resultará em uma mudança correspondente no comprimento do lado

S. A álgebra básica fornece a relação a seguir a esse respeito: $dS/dB \approx (B/S) \approx (1/\tan\theta)$. Dessa forma, para um S inicial pequeno com relação a um B inicial (ou θ pequeno), a mudança em S será relativamente grande em comparação com uma mudança em B. Em outras palavras, uma deformação axial pequena no comprimento da longarina diagonal não amortecida 776 resultará em um deslocamento axial relativamente grande da longarina de amortecimento 780, desde que o ângulo entre os mesmos seja pequeno. Em uma modalidade, o efeito de amplificação é garantido pela construção de elementos de amplificação 785 utilizando um material possuindo um módulo elástico relativamente alto tal como o aço e elementos diagonais não amortecidos 776 utilizando um material que possui um módulo elástico relativamente mais baixo tal como alumínio.

Com referência agora à figura 22, uma modalidade adicional de uma seção de baia 812 é ilustrada. A seção de baia 812 inclui elementos longitudinal 820, diagonal 826 e horizontal 822 não amortecidos construídos utilizando uma ou mais dentre as várias modalidades descritas acima. A seção de baia 812 inclui adicionalmente elementos de amplificação 821 e longarinas de amortecimento 823. Os elementos de amplificação 821 e a longarina de amortecimento 823 são construídos e funcionam de forma similar aos descritos acima; exceto, no entanto, que os elementos de amplificação 821 são, na modalidade ilustrada, dispostos de forma adjacente aos elementos longitudinais 820 ao invés dos elementos diagonais.

Com referência agora às figuras 23 e 24, uma torre de tubo convencional modificada 232 é ilustrada possuindo elementos diagonais de amortecimento 230 e elementos longitudinais de aço 231. A torre convencional modificada 232 possui elementos tubulares convencionais 234, 235 que são montados de forma típica. O elemento tubular de concreto ou aço superior 235 possui um anel de aço ou outro elemento adequado que é configurado para aceitar as extremidades de uma pluralidade de elementos longitudinais 231. As longarinas diagonais, por exemplo, longarinas diagonais de amortecimento ou não amortecimento ou combinações de elementos de amortecedores e mola, são presos a pares adjacentes de elementos longitu-

dinais 231 utilizando a forma descrita acima com relação às juntas diagonais presas 41, 141 ou outros dispositivos adequados tal como parafuso, soldas ou flanges. Longarinas similares, por exemplo, longarinas longitudinais de amortecimento ou não amortecimento ou combinações de elementos de amortecedores e mola, podem ser substituídas pelos elementos longitudinais 231 também e presas aos elementos tubulares convencionais 234, 235, utilizando-se qualquer uma dentre as formas descritas acima, por exemplo, parafusos, soldas, pinos ou flanges. O elemento tubular mais superior 236 é então preso às extremidades superiores dos elementos longitudinais 230. O conjunto de baia de longarina 239 é localizado em qualquer lugar na torre tubular, e pode ser coberto com um envoltório tubular de aço (não ilustrado) ou outro material adequado, por exemplo, alumínio, por motivos estéticos ou estruturais, se desejado. As torres tubulares modificadas também são contempladas possuindo qualquer número de seções de baia 239 localizadas por toda a torre. Será aparente também que a torre estrutural 10 da presente invenção pode incluir seções de tubo substituídas por um ou mais conjuntos de baia 12 da presente invenção. Adicionalmente, será apreciado que qualquer uma dentre as várias modalidades descritas acima ou variações das mesmas pode ser incluída na construção do conjunto de baia 239, incluindo, por exemplo, as modalidades possuindo elementos de amplificação, elementos de aço ou compostos, ou elementos de amortecimento com base em material viscoso ou viscoelástico.

Com referência agora à figura 25, uma seção de baia alternativa 700 da presente invenção é descrita. A seção de baia 700 inclui pares de primeiros 701 e segundos 702 elementos diagonais posicionados em cada face da seção de baia 700. Os elementos horizontais 703 são dispostos em torno do perímetro da seção de baia 700, mas podem ser eliminados se a seção de baia 700 for incorporada a uma torre tubular convencional tal como a ilustrada na figura 24. O uso de pares de elementos diagonais em uma ou mais faces da seção de baia permite que os elementos longitudinais correspondentes sejam eliminados. Como ilustrado, cada extremidade dos primeiro 70 e segundo 702 elementos diagonais é conectada a um flange 705. Como

ilustrado adicionalmente, as conexões são desviadas uma da outra para permitir o cruzamento dos pares de elementos diagonais 701, 702. A seção de baia 700 pode ser repetida ao longo do comprimento da torre estrutural, como ilustrado de forma geral na figura 1, ou pode ser substituída por qualquer uma ou mais seções de baia que incluem geralmente ambos os elementos longitudinal e diagonal. Adicionalmente, a seção de baia 700 pode incluir qualquer combinação de elementos diagonais amortecidos ou não ou combinações de elementos de amortecedor e mola, detalhes ilustrativos do que são como descrito acima. De forma similar, seções de baia individuais podem compreender apenas elementos longitudinais, e ser substituídas por qualquer uma ou mais seções de baia que incluem geralmente ambos os elementos longitudinal e diagonal, e podem incluir qualquer combinação de elementos longitudinais amortecidos ou não, ou combinações de elemento de amortecedor e mola, detalhes ilustrativos do que são descritos acima.

Com referência agora à figura 26, uma modalidade alternativa para a construção de uma junta de pino da presente invenção é ilustrada. A junta alternativa de pino e esfera 741 inclui um pino 742, um par de elementos ou lingüetas de flange 743 e uma esfera 744 em contato deslizante com a lingüeta de extremidade 745 de um elemento diagonal amortecido ou não (ou, alternativamente, um elemento de amortecedor ou mola) 746. O pino 742 (ou, alternativamente, o pino em expansão a partir de cima) é inserido através das lingüetas 743 e esfera 744 de forma similar à descrita acima, e cria uma junta de seção que permite o movimento axial zero ou mínimo do elemento diagonal com relação ao elemento longitudinal correspondente 747. Alternativamente, as lingüetas 743 no elemento longitudinal 743 podem ser posicionadas no elemento diagonal 746, com a lingüeta 745 e a esfera 744 posicionadas no elemento longitudinal 747, sem qualquer mudança na função da junta. A junta de pino e esfera montada 741, no entanto, permite o movimento lateral e o movimento rotativo em torno do pino 742, o que pode facilitar a construção de um ou mais conjuntos de baia compreendendo a torre de estrutura espacial da presente invenção. Os conjuntos de junta esférica 741 do tipo descrito aqui são comercialmente disponíveis em uma varie-

dade de tamanhos, por exemplo, na Taylor Devices, Inc., North Tonawanda, NY. Como com a discussão acima, os conjuntos de junta de pino e esfera 741 podem ser utilizados para conectar os elementos longitudinais, diagonais ou horizontais um ao outro, ou qualquer elemento a um flange para conexão subsequente.

5 Enquanto a descrição acima focou principalmente no uso da torre estrutural para instalações terrestres, a torre estrutural da presente invenção tem aplicações similares para uso offshore. Em uma modalidade, os elementos longitudinal e diagonal da torre estrutural que se estendem abaixo da superfície da água são aumentados em espessura de parede para cerca de 1,90 a cerca de 2,54 cm (3/4 a cerca de 1 polegada) onde os elementos são construídos a partir de aço possuindo seção transversal quadrada, apesar de os elementos possuindo seções transversais redondas, em forma de feixe em I ou canal em C poderem, por exemplo, ser utilizados também. Acima da superfície da água, a modalidade utiliza um ou mais dos mesmos elementos longitudinais e diagonais amortecidos ou não descritos acima. O aumento da espessura da parede dos elementos de aço abaixo da superfície resulta em uma maior capacidade de suportar correntes e impacto das ondas. As partes restantes da torre estrutura acima da superfície da água são construídas como descrito acima para suportar as vibrações ressonantes da torre. Se for desejado, elementos de amortecimento podem ser incorporados às partes da torre estrutural abaixo da superfície da água também para realizar o amortecimento das vibrações causadas pelas correntes oceânicas e pela ação das ondas. Dessa forma, as torres são construídas em profundidades de entre quinze e cem metros, com a parte acima da água da torre se estendendo a elevações que se aproximam de sessenta e cinco a cem metros. Para torres estruturais da presente invenção construídas em terra ou offshore, uma cobertura de envoltório modular, feita de qualquer material adequado, pode ser presa aos elementos longitudinal ou diagonal para cobrir a estrutura interna da torre estrutural. A cobertura tipo envoltório fornece à torre estrutural 10 a aparência das torres tubulares mais convencionais da presente invenção.

Enquanto determinadas modalidades e detalhes foram incluídos aqui e descrição da invenção para fins de ilustração da invenção, será aparente aos versados na técnica que várias mudanças nos métodos e aparelhos descritos aqui podem ser realizadas sem se distanciar do escopo da invenção, que é definido pelas reivindicações em anexo.

5

REIVINDICAÇÕES

1. Torre estrutural para aplicações de turbina eólica, compreendendo:

5 uma pluralidade de elementos longitudinais direcionados para cima;

uma pluralidade de elementos diagonais interconectando os elementos longitudinais; e

onde pelo menos um dos elementos longitudinais e diagonais é um elemento de amortecimento.

10 2. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 1, na qual o pelo menos um elemento de amortecimento inclui um amortecedor.

3. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 1, na qual o pelo menos um elemento de amortecimento inclui:

15 um primeiro elemento possuindo primeira e segunda extremidades configuradas para interconectar um par de elementos longitudinais;

um segundo elemento disposto dentro do primeiro elemento e possuindo uma primeira extremidade conectada ao primeiro elemento e a um segundo elemento, o segundo elemento possuindo uma rigidez eficaz diferente da do primeiro elemento; e

20 um amortecedor viscoso contendo um fluido viscoso conectado de forma operacional a ambos os primeiro e segundo elementos.

4. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 3, na qual o amortecedor viscoso inclui:

um cilindro;

*25 um pistão engatado de forma deslizante dentro do cilindro; e

um elemento de conexão possuindo uma primeira extremidade conectada ao pistão e uma segunda extremidade conectada à segunda extremidade do segundo elemento.

30 5. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 4, na qual o amortecedor viscoso inclui adicionalmente um acumulador em comunicação por fluido com o fluido viscoso.

6. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 1, na qual o

pelo menos um elemento de amortecimento é disposto diagonalmente entre e interconecta um par de elementos longitudinais.

5 7. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 1, na qual o pelo menos um elemento de amortecimento é disposto longitudinalmente entre e interconecta um par de elementos longitudinais.

8. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 1, na qual o pelo menos um elemento de amortecimento é disposto substancialmente de forma horizontal entre e interconecta um par de elementos longitudinais.

10 9. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 1, na qual a pluralidade de elementos longitudinais e a pluralidade de elementos diagonais são dispostas e interconectadas em uma configuração de múltiplas baias de extensão ascendente.

15 10. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 9, na qual cada baia da configuração de múltiplas baias compreende pelo menos três elementos longitudinais direcionados para cima.

11. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 9, na qual cada baia da configuração de múltiplas baias compreende:

20 pelo menos três elementos longitudinais direcionados para cima espaçados substancialmente de forma equidistante em torno de um eixo geométrico longitudinal.

25 12. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 1, na qual o pelo menos um elemento de amortecimento compreende um elemento tubular externo e um elemento tubular interno disposto dentro do elemento tubular externo, os elementos tubulares interno e externo possuindo primeira e segunda extremidades e sendo conectados de forma fixa um ao outro nas primeiras extremidades, as primeira e segunda extremidades do elemento tubular externo interconectando um par de elementos longitudinais, e a segunda extremidade do elemento tubular interno sendo conectada de forma operacional a um amortecedor viscoso possuindo um fluido viscoso.

30 13. Torre estrutural para aplicações de turbina eólica, compreendendo:

uma pluralidade de elementos longitudinais direcionados para

cima;

uma pluralidade de elementos diagonais interconectando os elementos longitudinais;

5 onde a pluralidade de elementos longitudinais e a pluralidade de elementos diagonais são dispostas e interconectadas em uma configuração de múltiplas baias de extensão ascendente; e

um pino conectando um elemento longitudinal a um de um elemento longitudinal adjacente ou um elemento diagonal adjacente.

10 14. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 13, na qual uma primeira baia de configuração de múltiplas baias inclui pelo menos três elementos longitudinais direcionados para cima espaçados substancialmente de forma eqüidistante em torno de um eixo geométrico longitudinal.

15 15. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 14, incluindo adicionalmente um elemento diagonal interconectando um par adjacente de pelo menos três elementos longitudinais direcionados para cima.

16 16. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 15, incluindo adicionalmente um pino que interconecta uma extremidade do elemento diagonal a um elemento correspondente dentre o par adjacente de elementos longitudinais.

20 17. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 16, na qual uma extremidade do elemento diagonal inclui um elemento de flange possuindo uma abertura dimensionada e configurada para receber de forma justa o pino.

*25 18. Torre estrutural, de acordo com a reivindicação 16, na qual o elemento correspondente dentre o par adjacente de elementos longitudinais inclui um elemento de flange possuindo uma abertura dimensionada e configurada para receber de forma justa o pino.

19. Método de montagem de uma torre estrutural para aplicações de turbina eólica, compreendendo as etapas de:

30 fornecer uma primeira pluralidade de elementos longitudinais, cada elemento longitudinal possuindo uma primeira extremidade e uma segunda extremidade;

fornecer uma primeira pluralidade de elementos diagonais;

fornecer uma fundação para a torre estrutural, a fundação possuindo uma pluralidade de elementos de suporte, cada elemento de suporte configurado para receber uma extremidade de um dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais;

5

conectar uma extremidade de um primeiro elemento dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais a um primeiro elemento correspondente dentre a pluralidade de elementos de suporte;

conectar uma extremidade de um segundo elemento dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais a um segundo elemento correspondente dentre a pluralidade de elementos de suporte.

10

interconectar os primeiro e segundo elementos dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais com um primeiro elemento da primeira pluralidade de elementos diagonais;

15

conectar uma extremidade dos elementos restantes da primeira pluralidade de elementos longitudinais aos elementos de suporte correspondentes dentre os elementos restantes da pluralidade de elementos de suporte; e

interconectar os elementos restantes dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais com os elementos diagonais correspondentes dos elementos restantes dentre a primeira pluralidade de elementos diagonais;

20

onde a pluralidade de elementos longitudinais e a pluralidade de elementos diagonais são dispostas e interconectadas em uma configuração de baia de extensão ascendente.

25

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, compreendendo as etapas adicionais de:

fornecer uma segunda pluralidade de elementos longitudinais, cada elemento longitudinal possuindo uma primeira extremidade e uma segunda extremidade;

30

fornecer uma segunda pluralidade de elementos diagonais;

conectar uma extremidade de um primeiro elemento dentre a

segunda pluralidade de elementos longitudinais a uma extremidade correspondente de um primeiro elemento dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais;

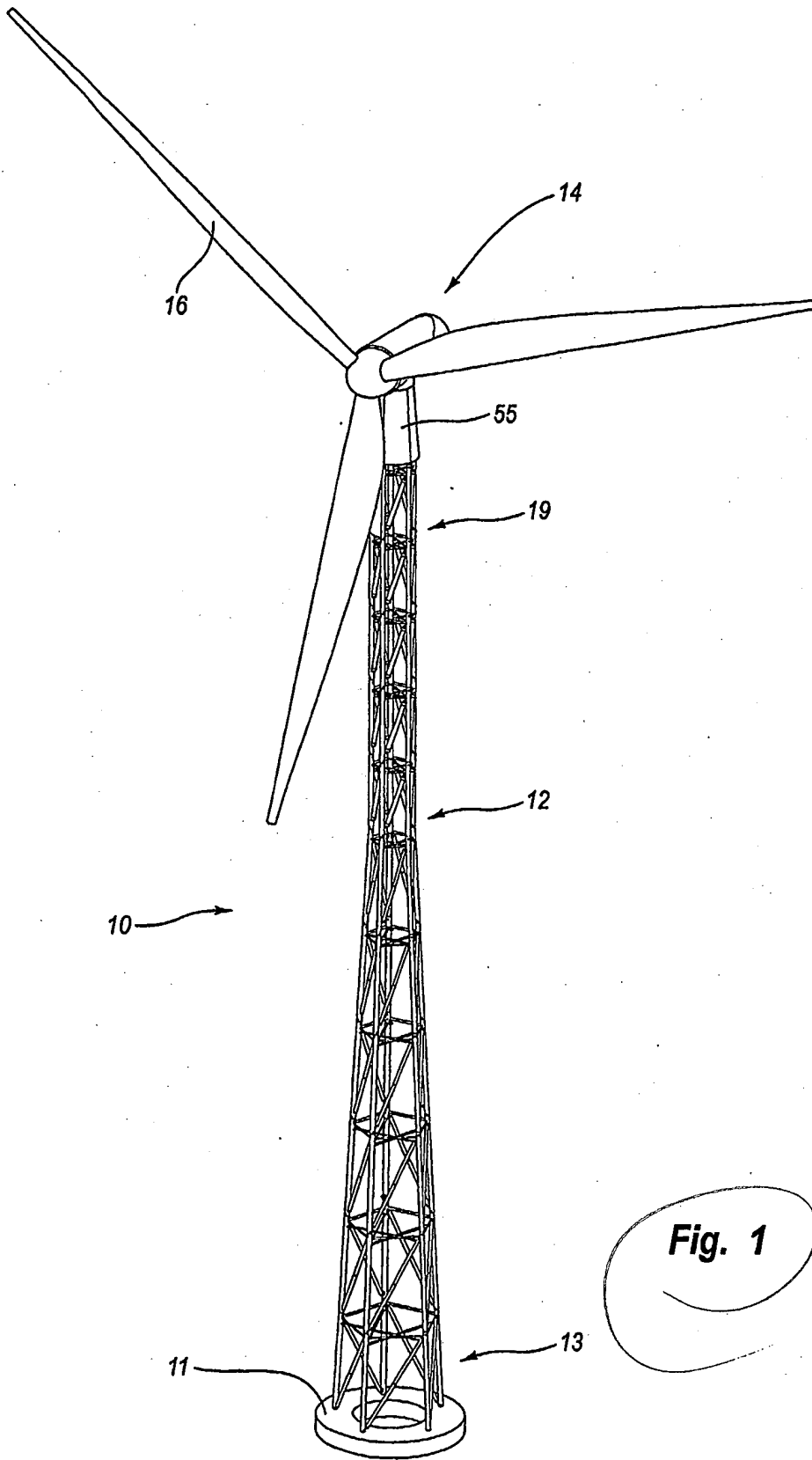
5 conectar uma extremidade de um segundo elemento dentre a segunda pluralidade de elementos longitudinais a uma extremidade correspondente de um segundo elemento dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais;

10 interconectar os primeiro e segundo elementos da segunda pluralidade de elementos longitudinais a um primeiro elemento da segunda pluralidade de elementos diagonais;

 conectar uma extremidade dos elementos restantes dentre a segunda pluralidade de elementos longitudinais às extremidades correspondentes dos elementos restantes dentre a primeira pluralidade de elementos longitudinais; e

15 interconectar os elementos restantes dentre a segunda pluralidade de elementos longitudinais com os elementos diagonais correspondentes dos elementos restantes da segunda pluralidade de elementos diagonais;

20 onde as pluralidades de primeiro e segundo elementos longitudinais e as pluralidades dos primeiro e segundo elementos diagonais são dispostas e interconectadas em uma configuração de múltiplas baias de extensão ascendente.



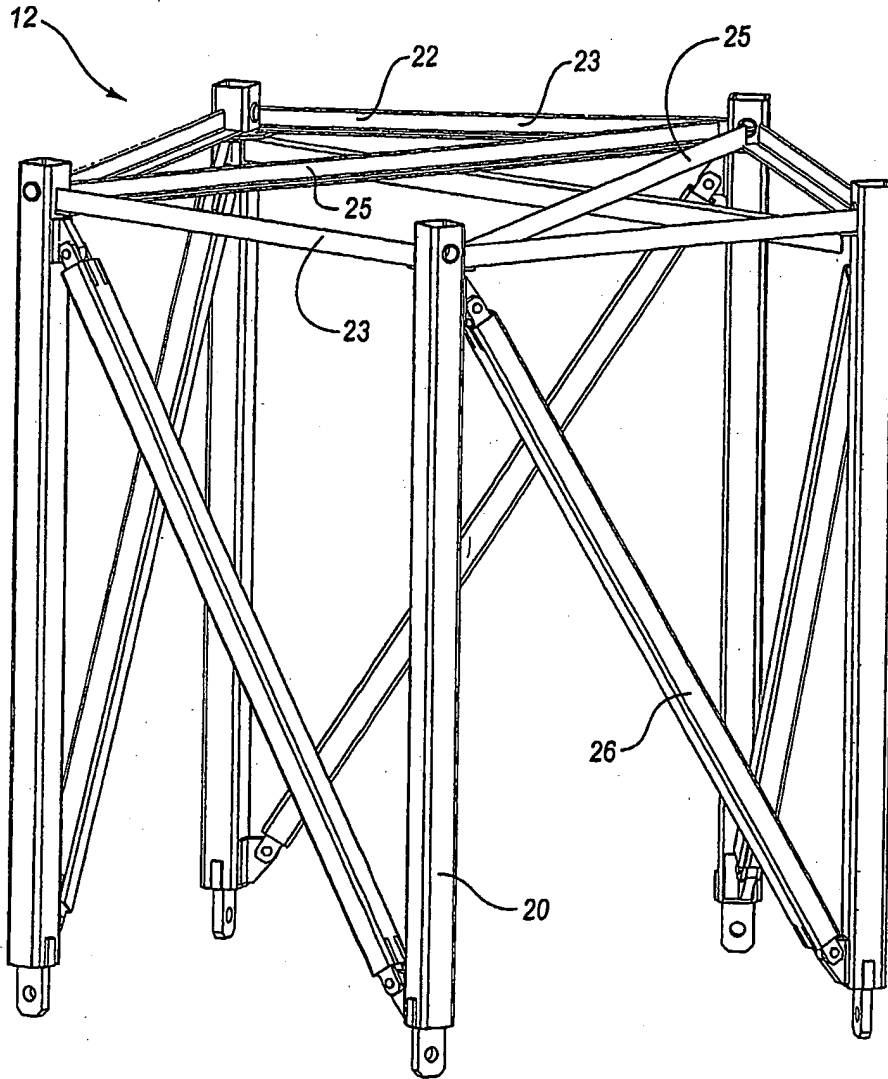


Fig. 2

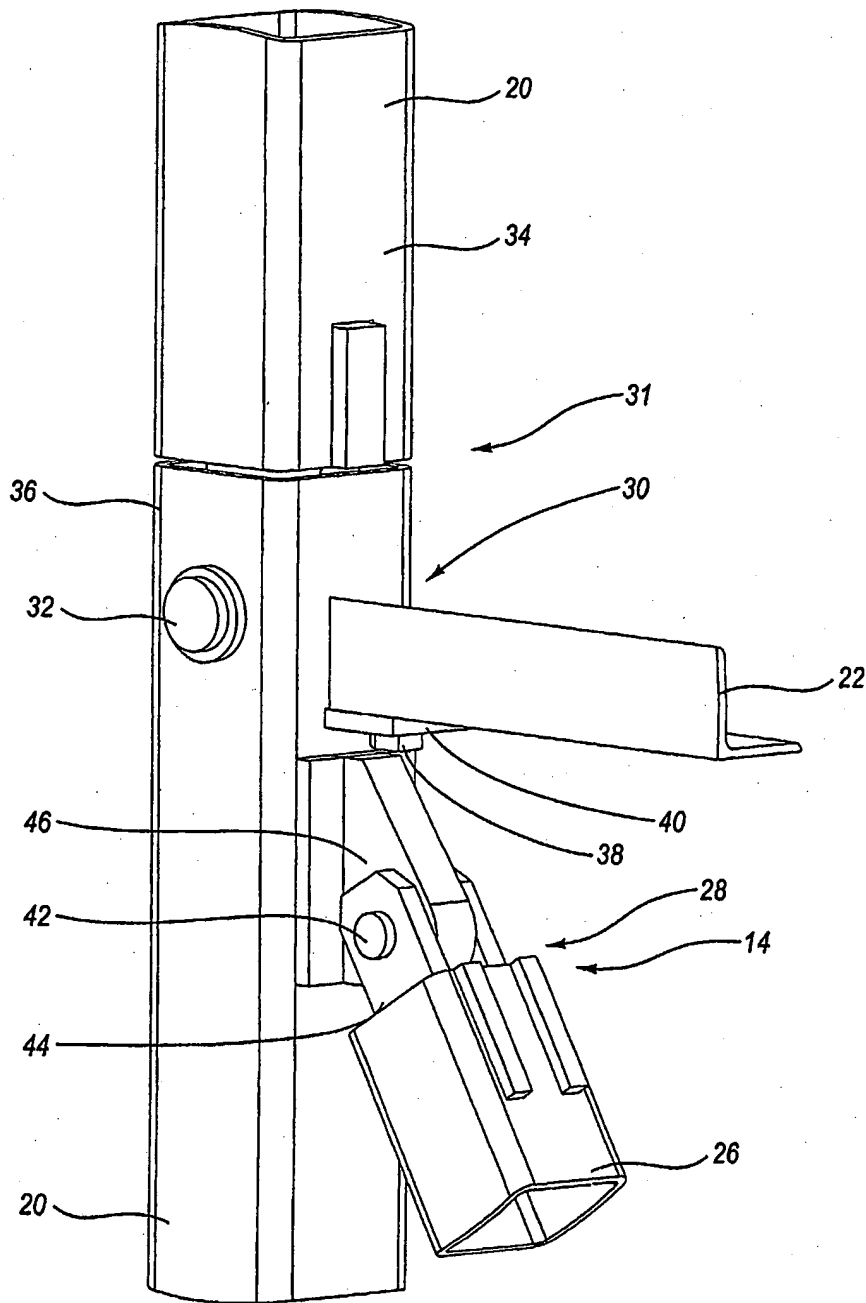


Fig. 3

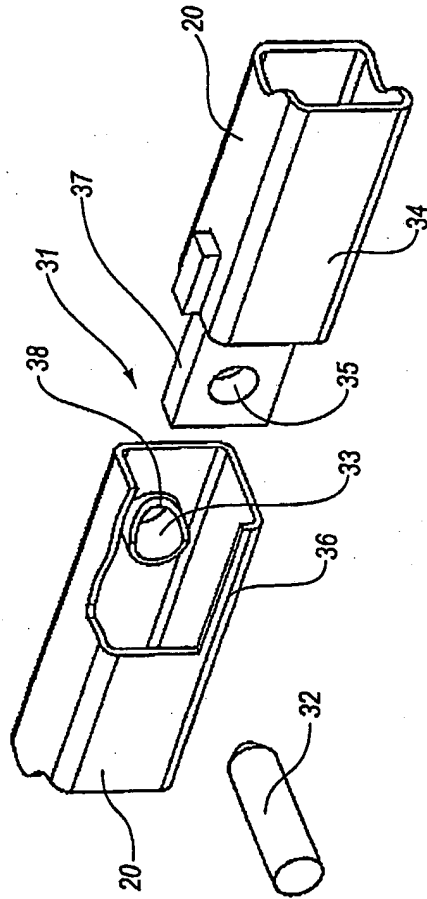


Fig. 4

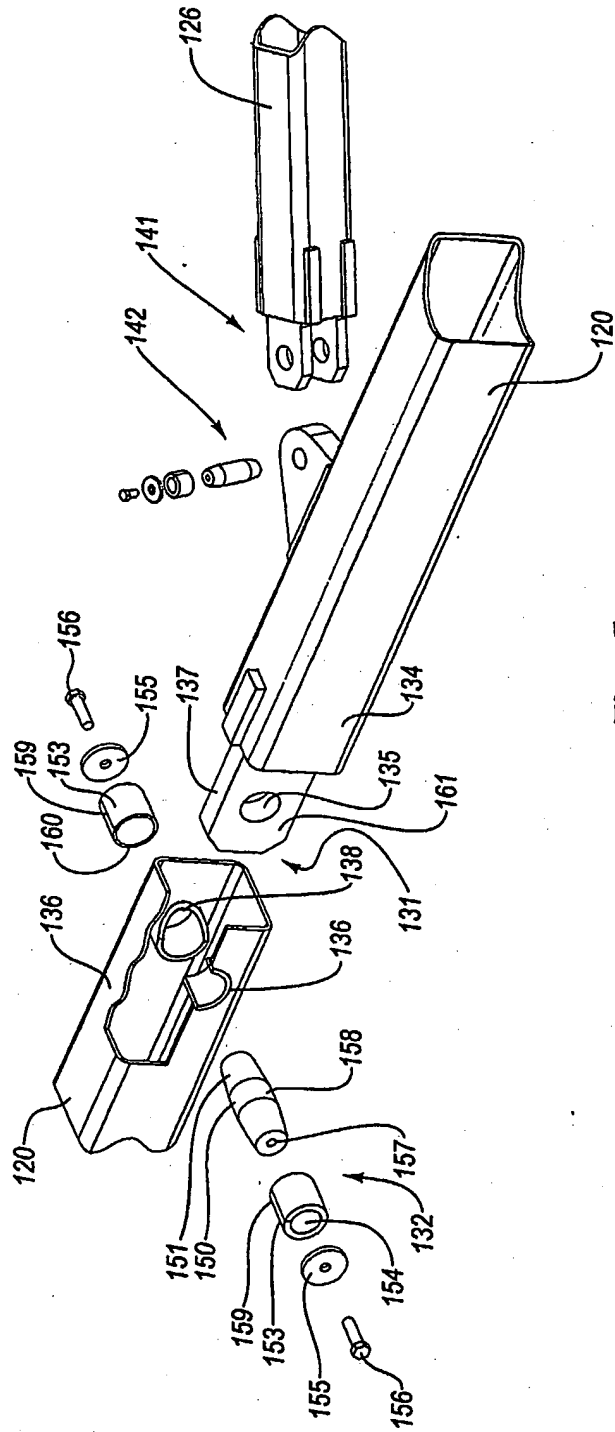


Fig. 5

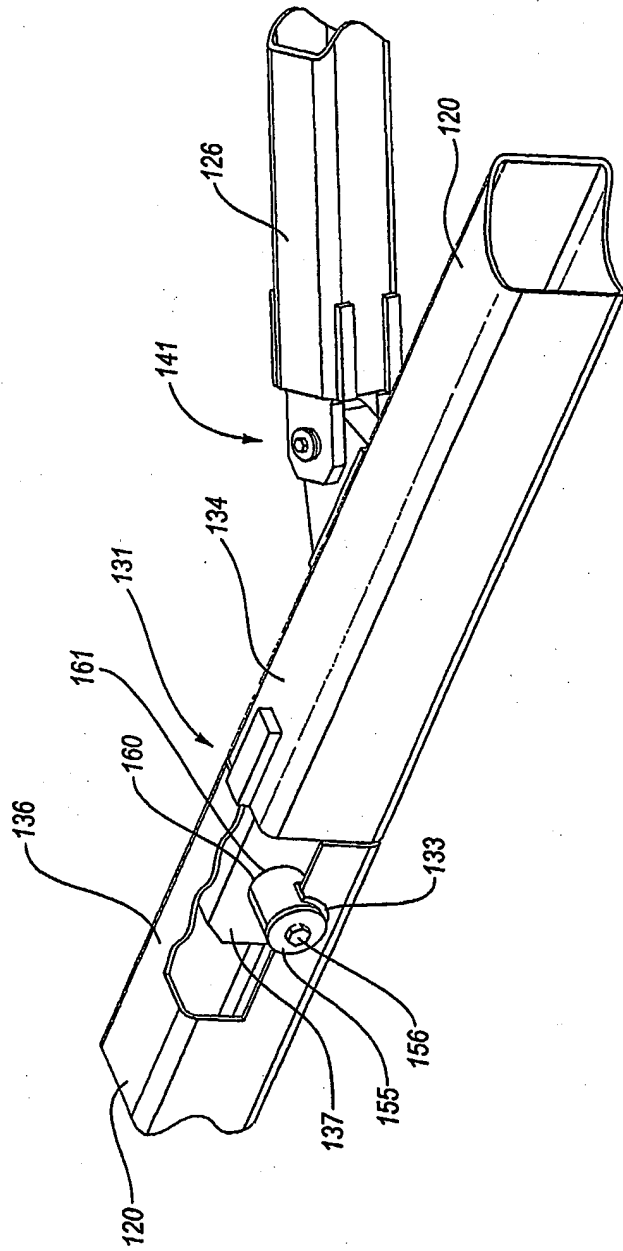


Fig. 6

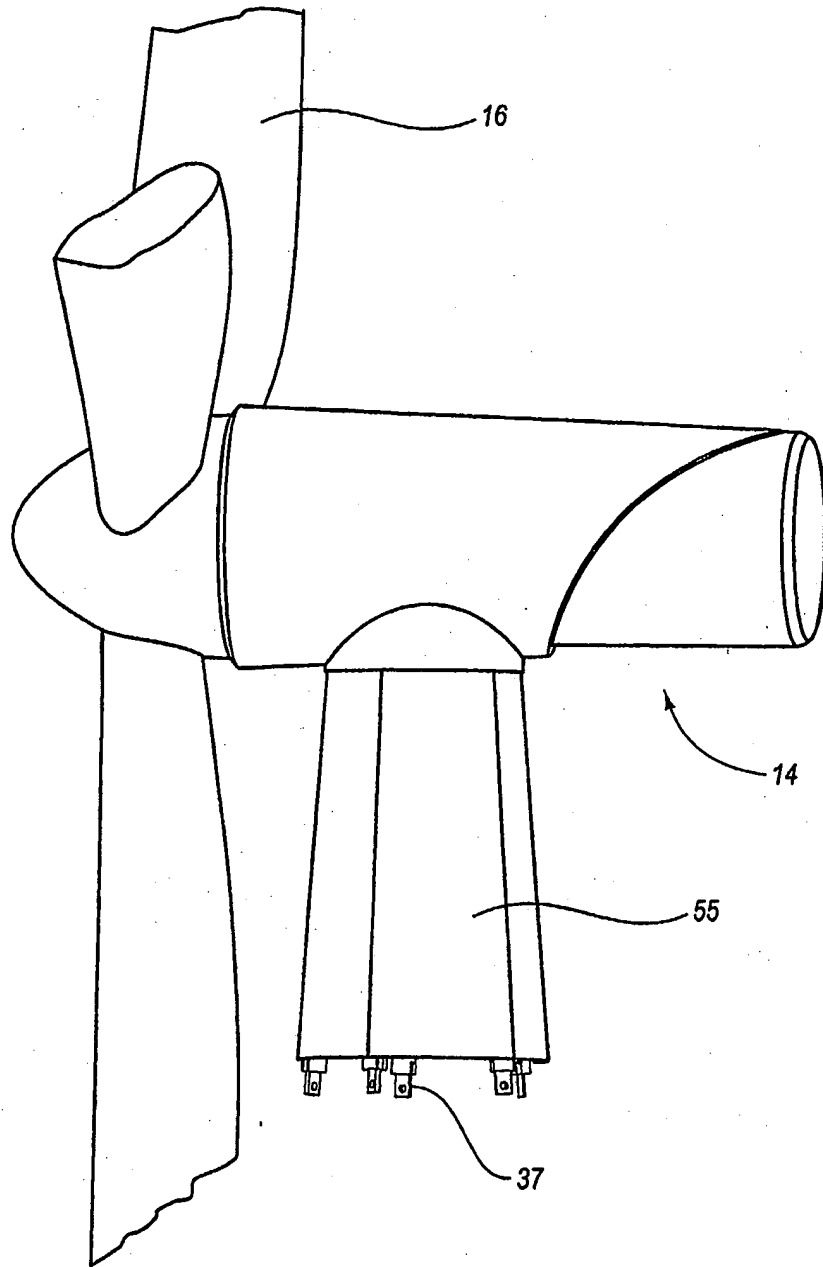


Fig. 7

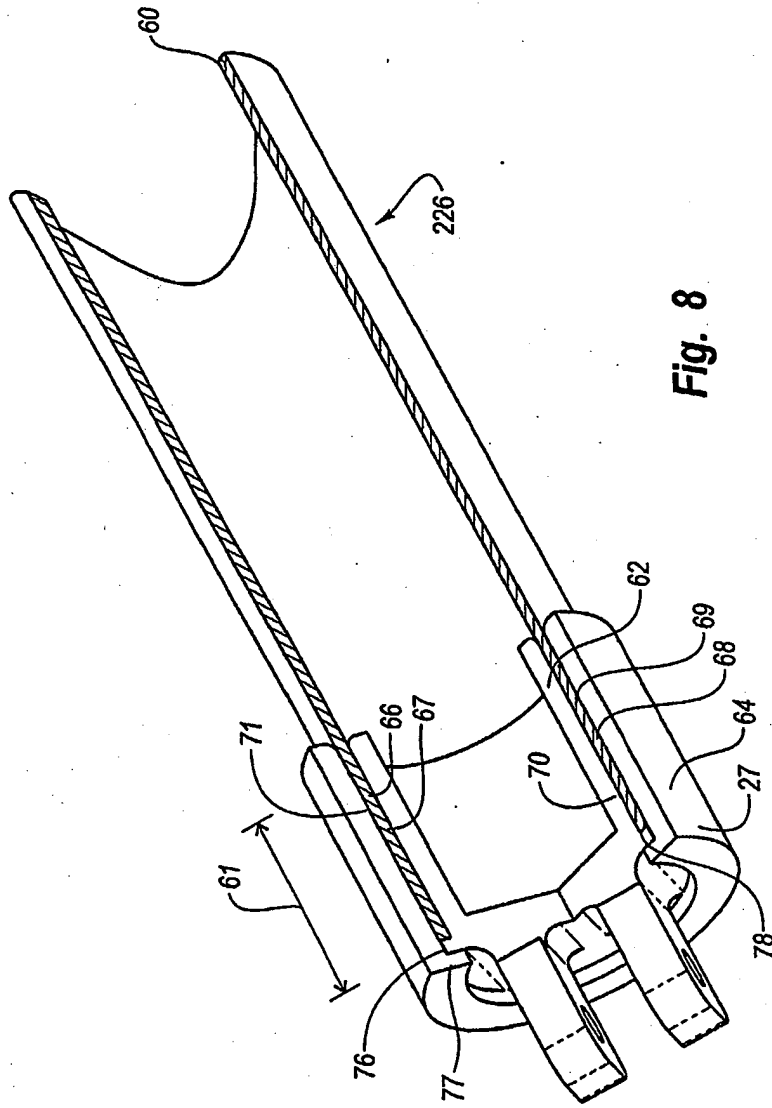


Fig. 8

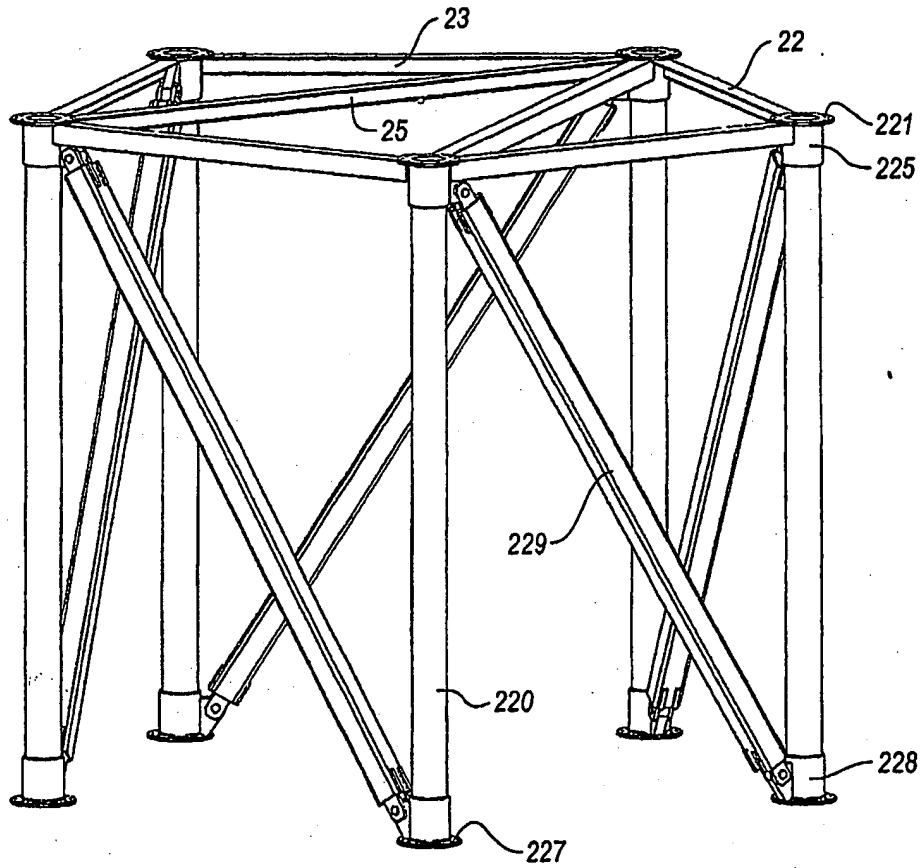


Fig. 9

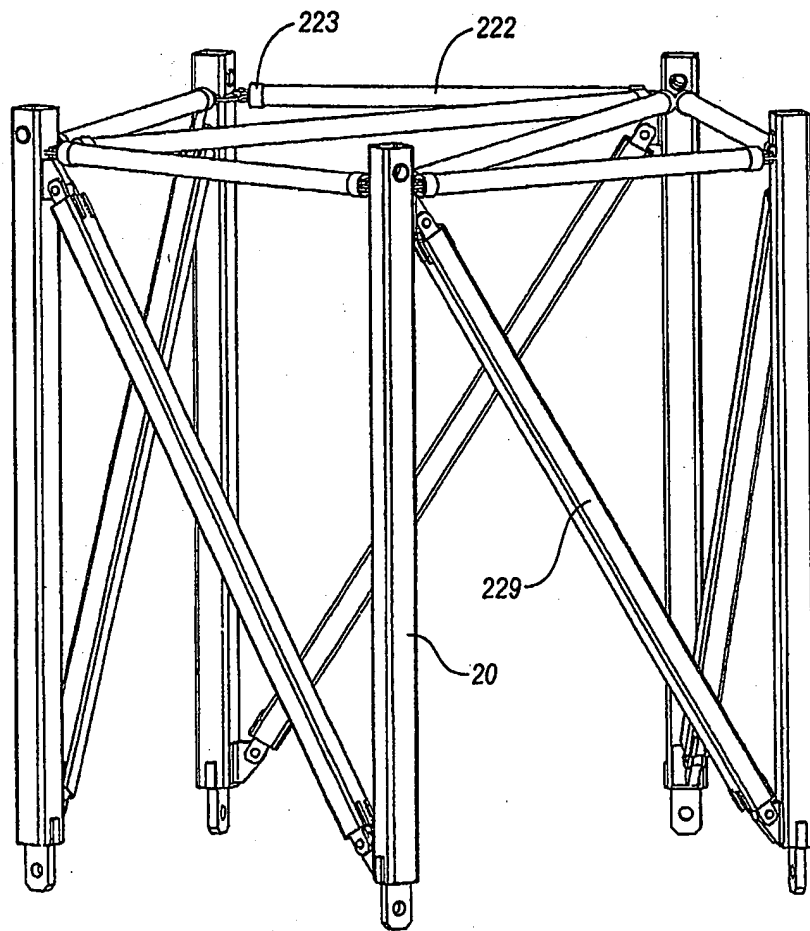


Fig. 10

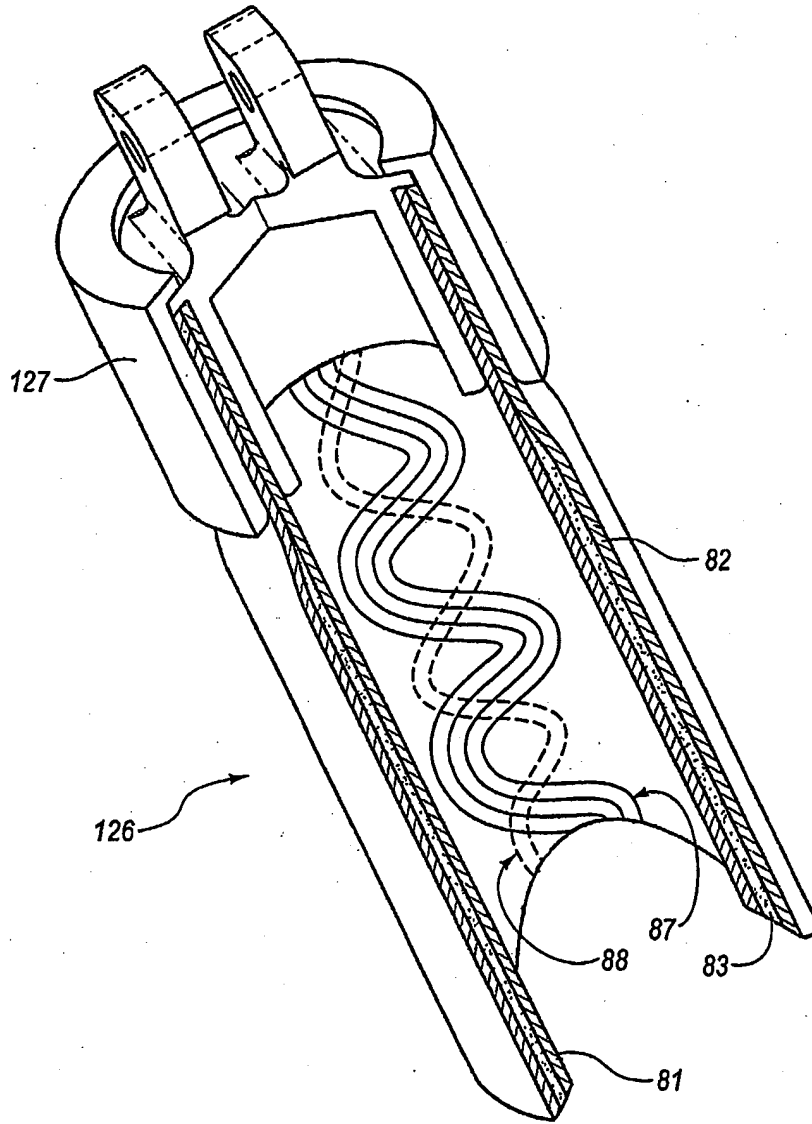


Fig. 11

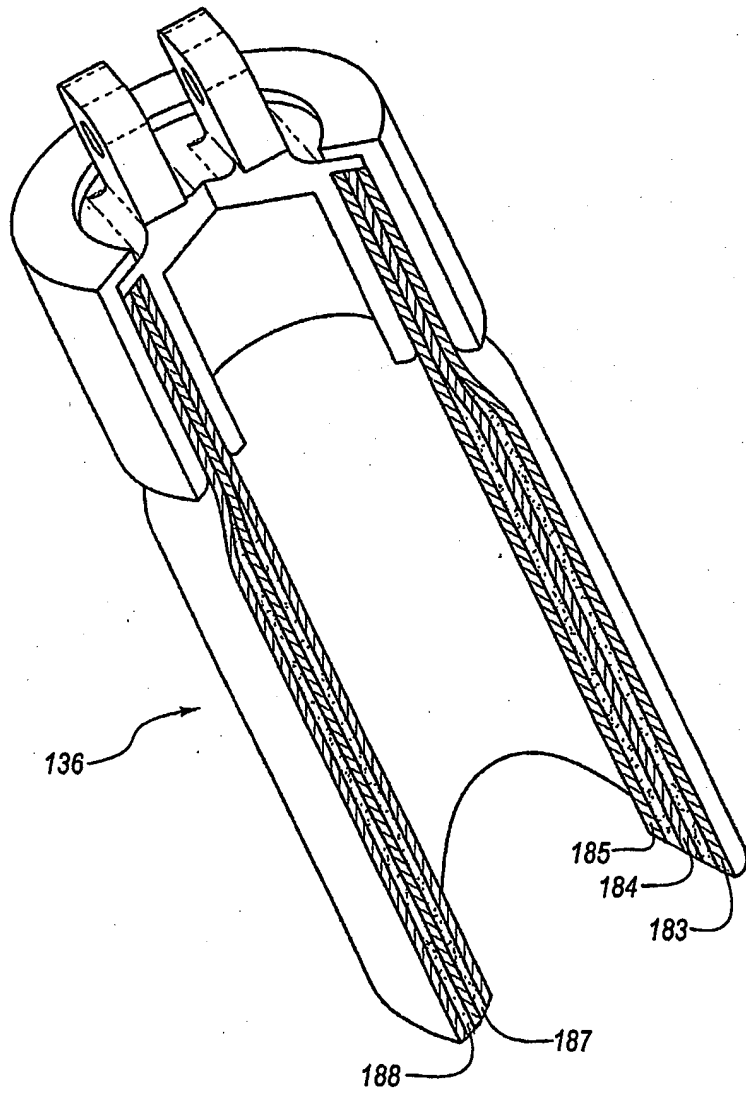


Fig. 12

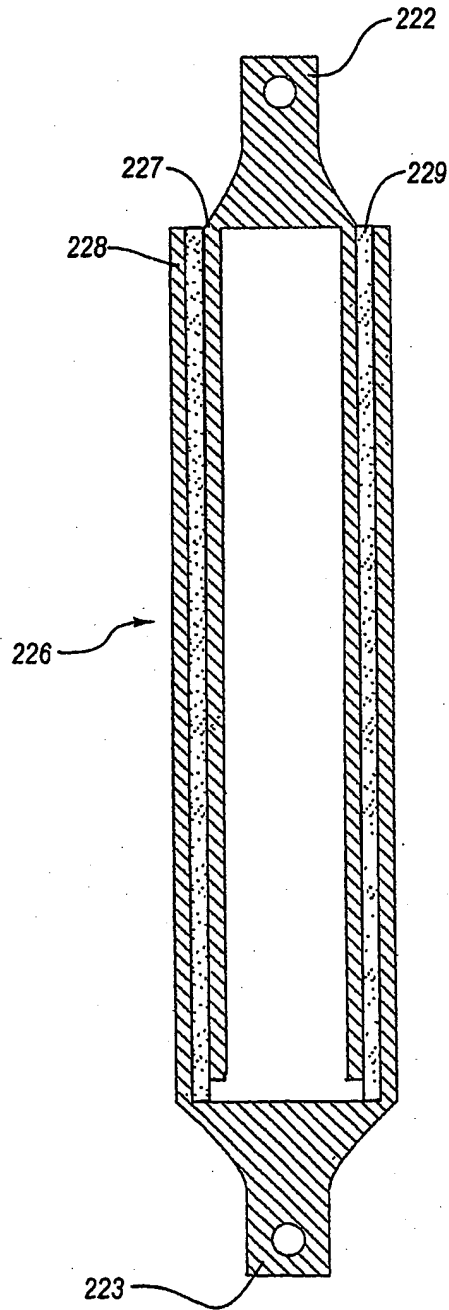


Fig. 13

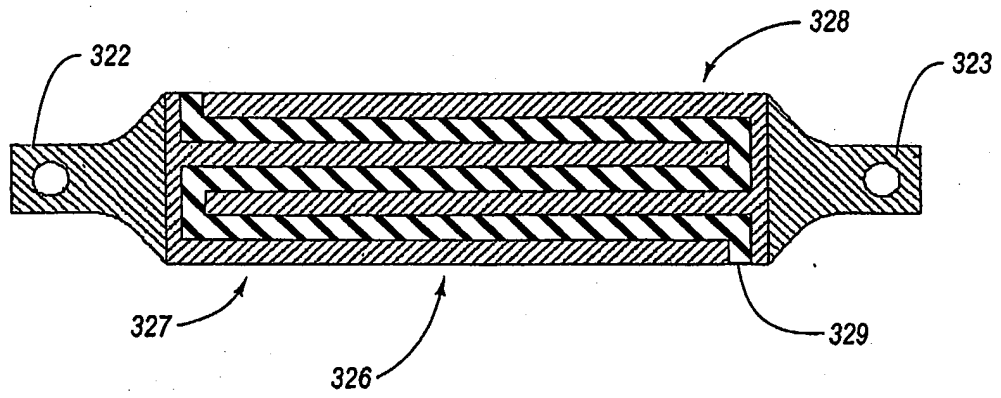


Fig. 14

15 / 26

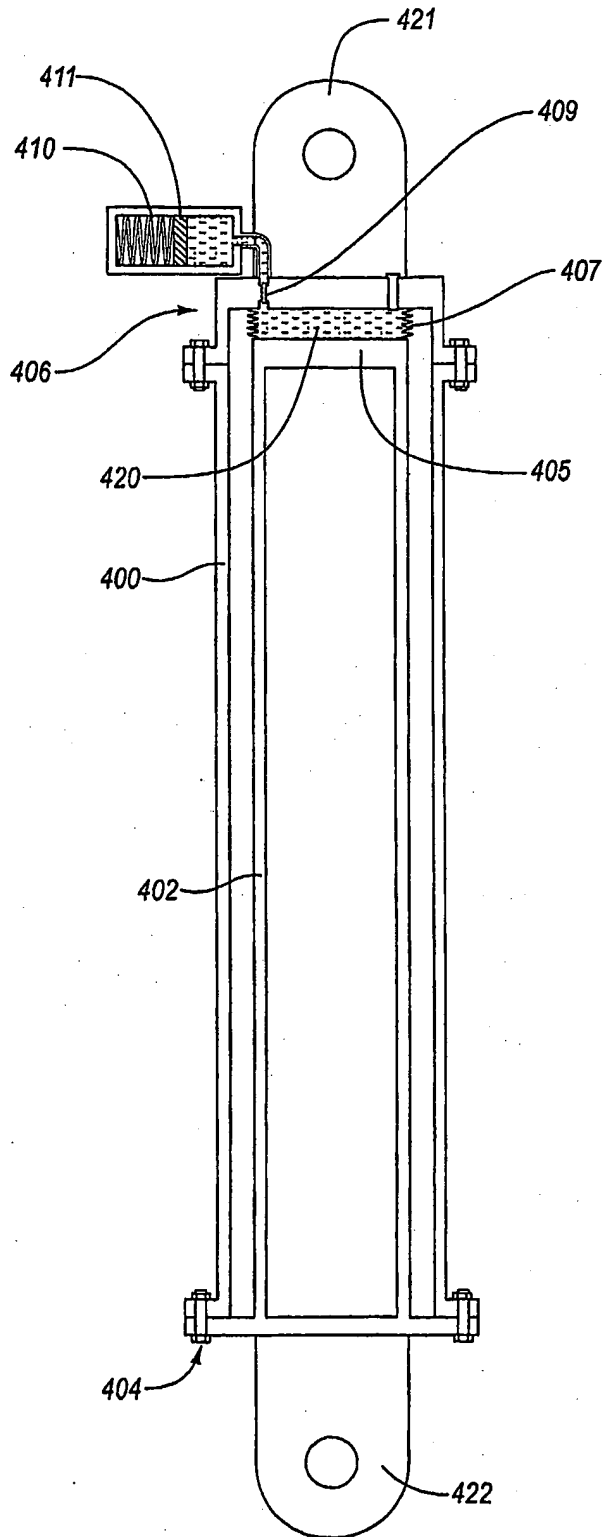


Fig. 15

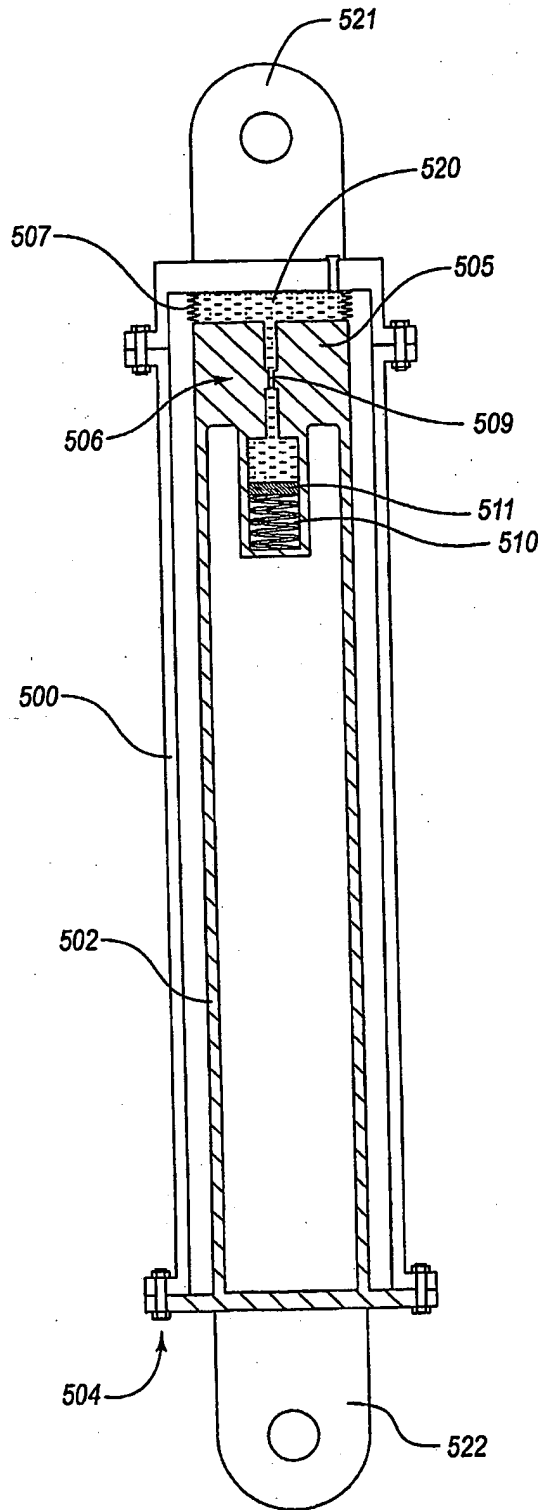


Fig. 16

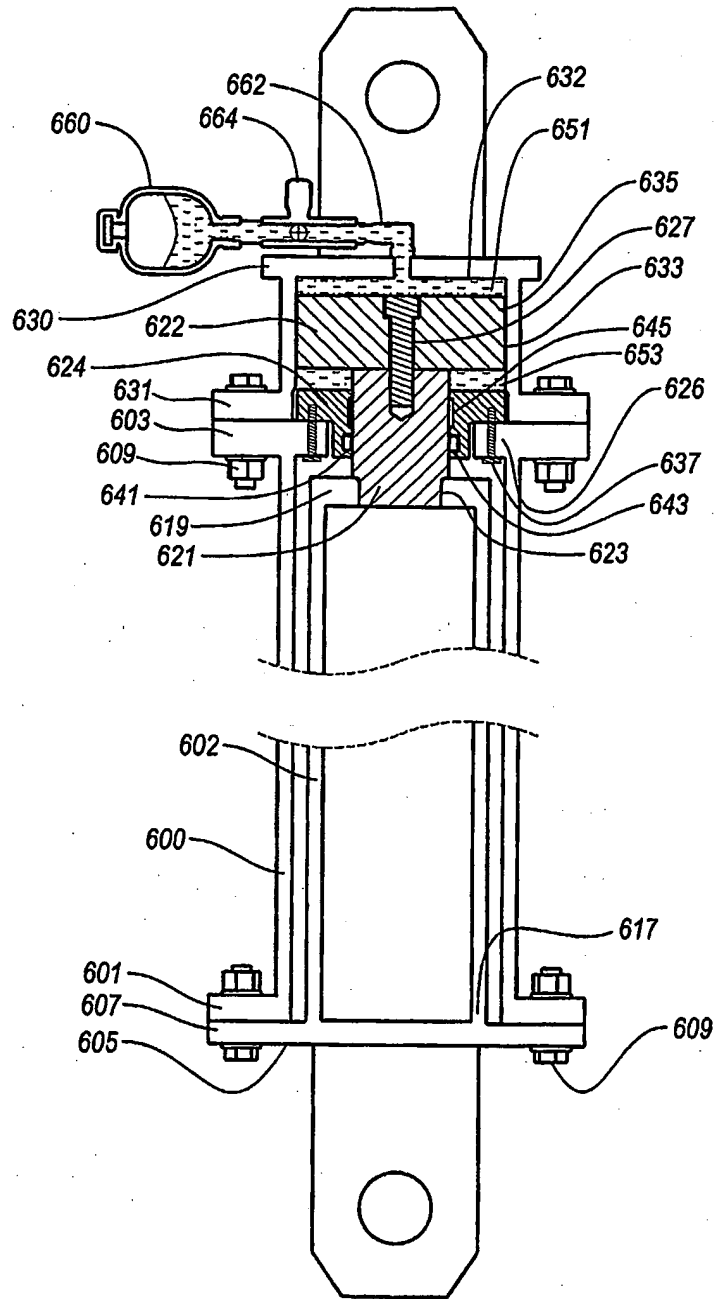


Fig. 17

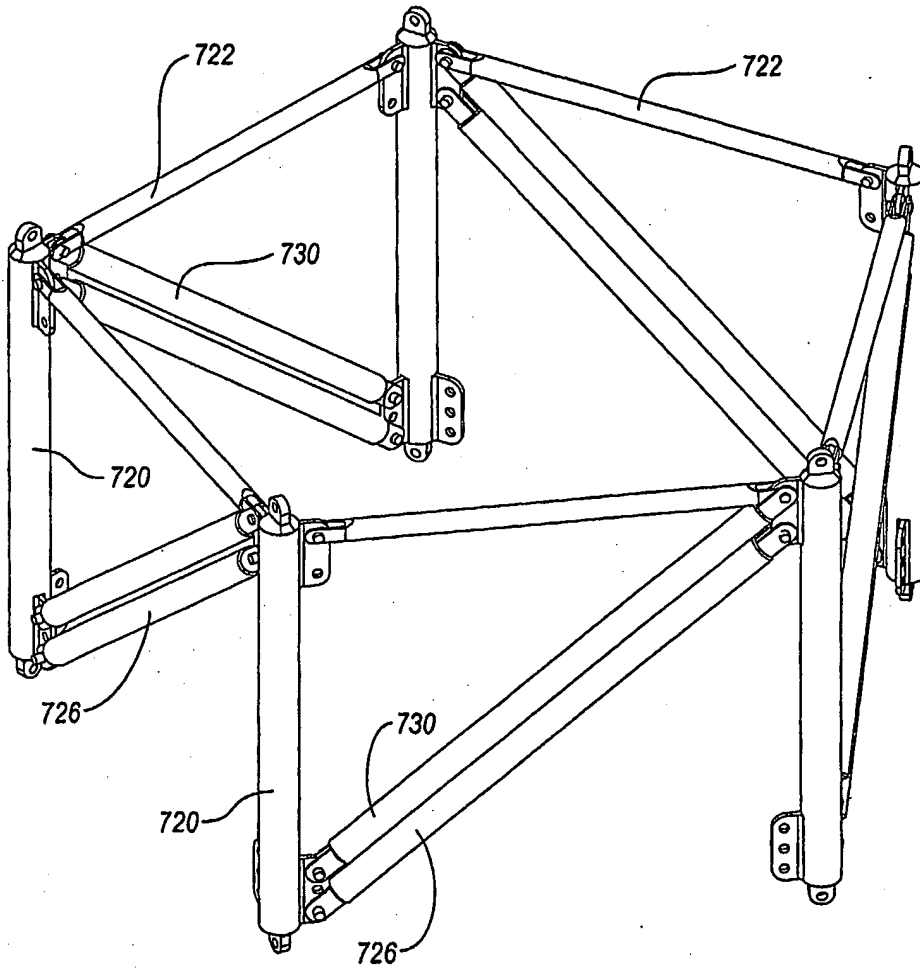


Fig. 18

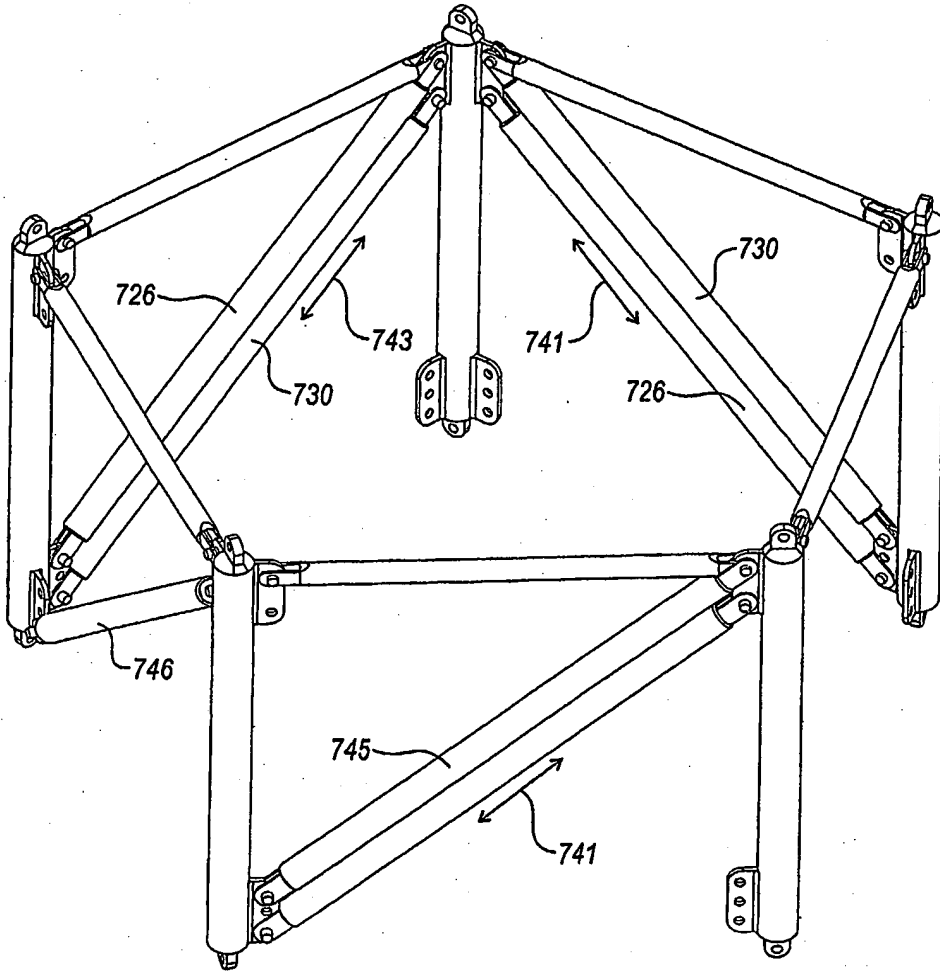


Fig. 19

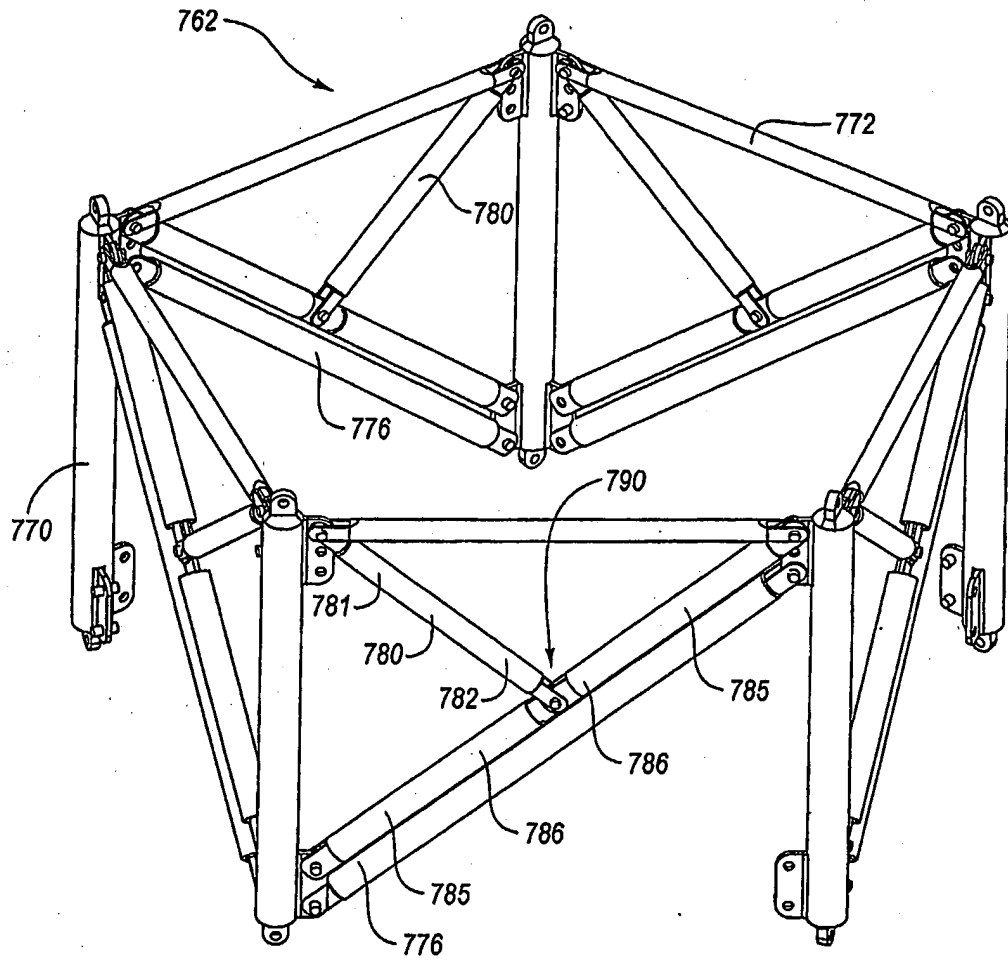


Fig. 20

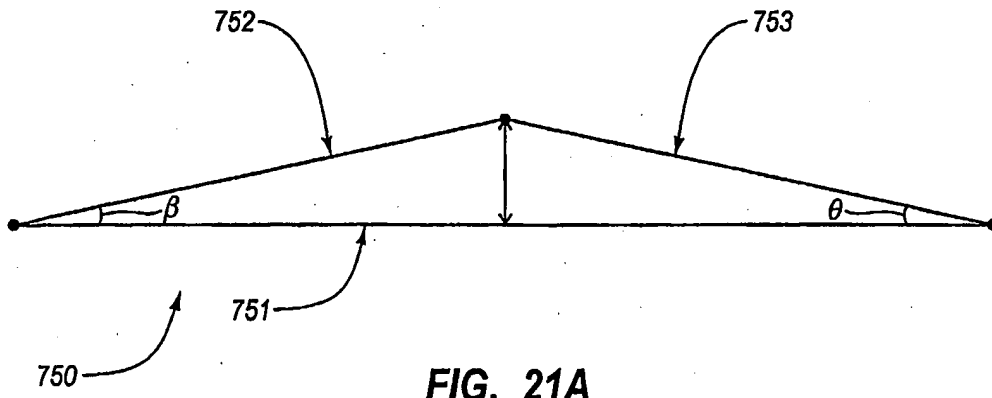


FIG. 21A

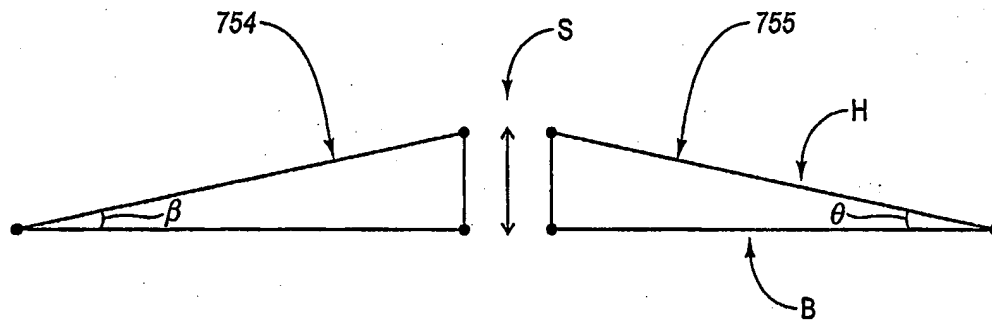


FIG. 21B

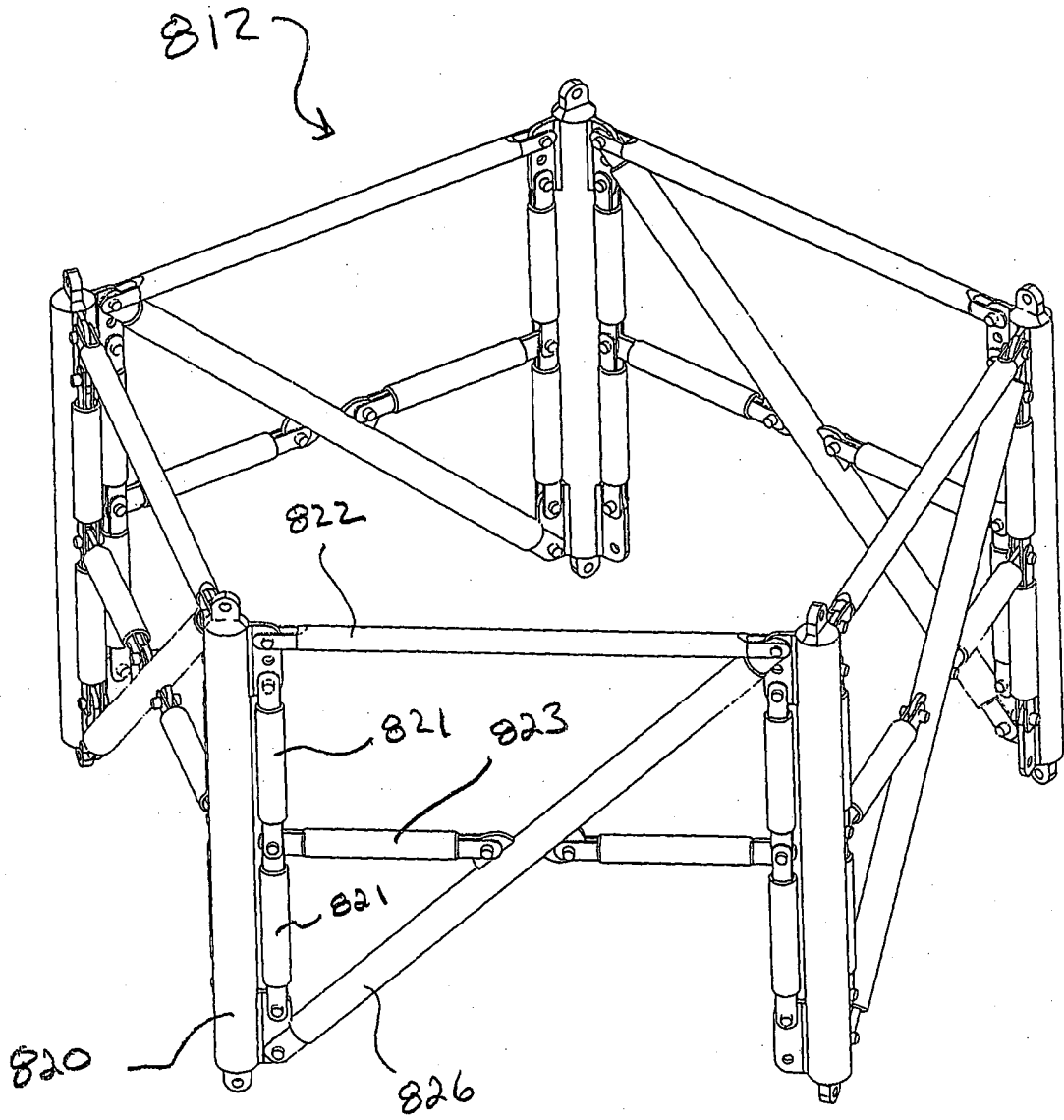


Fig. 22

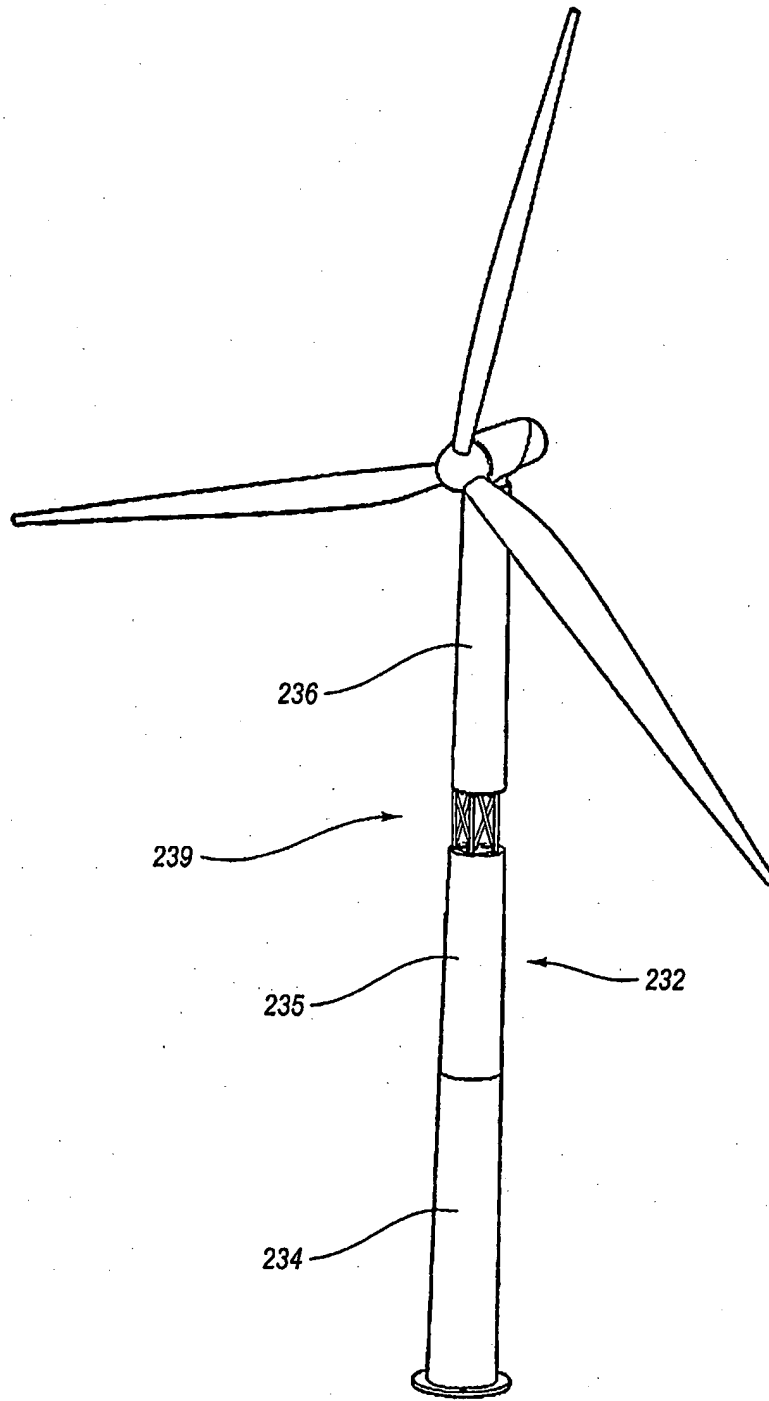


Fig. 23

24 / 26

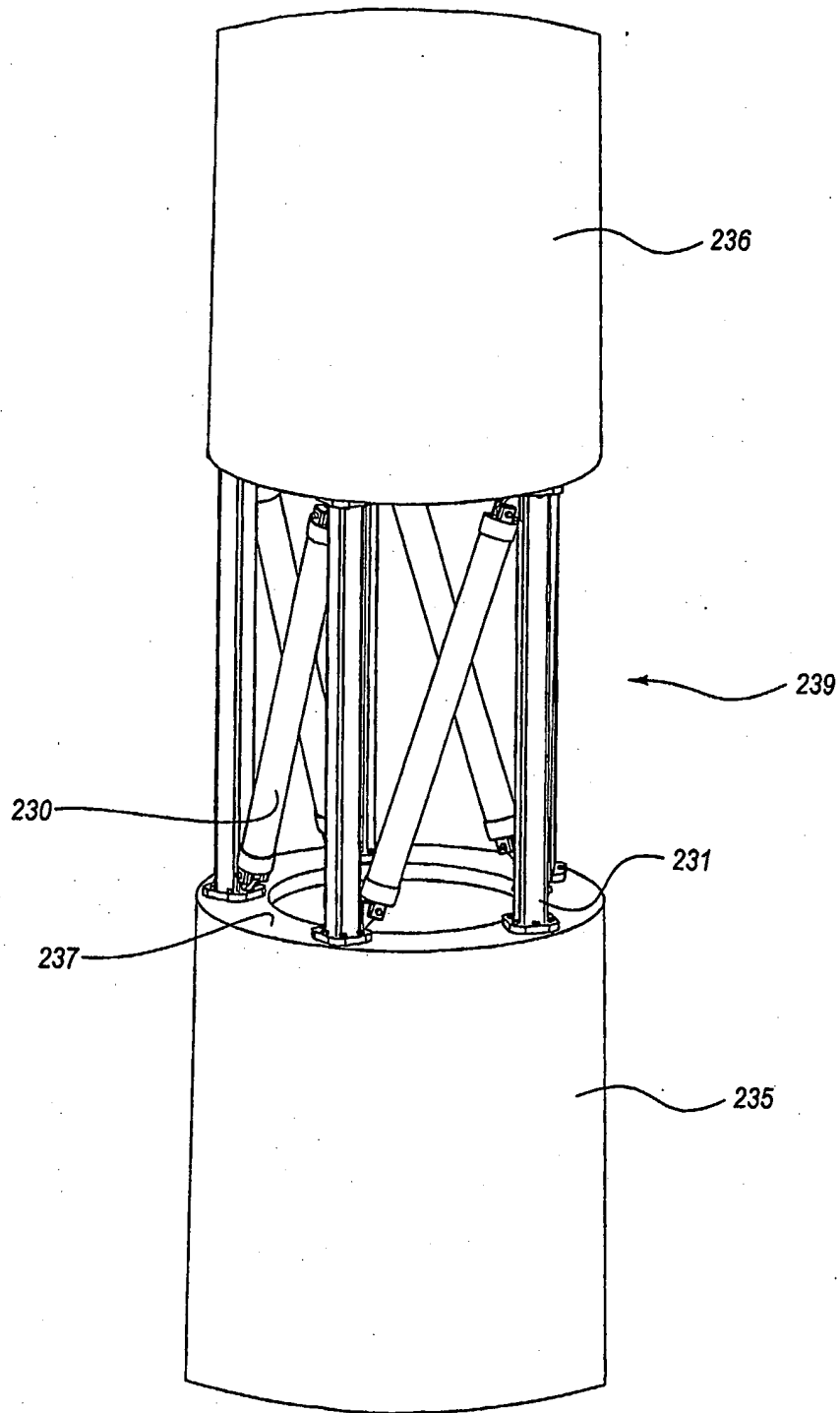


Fig. 24

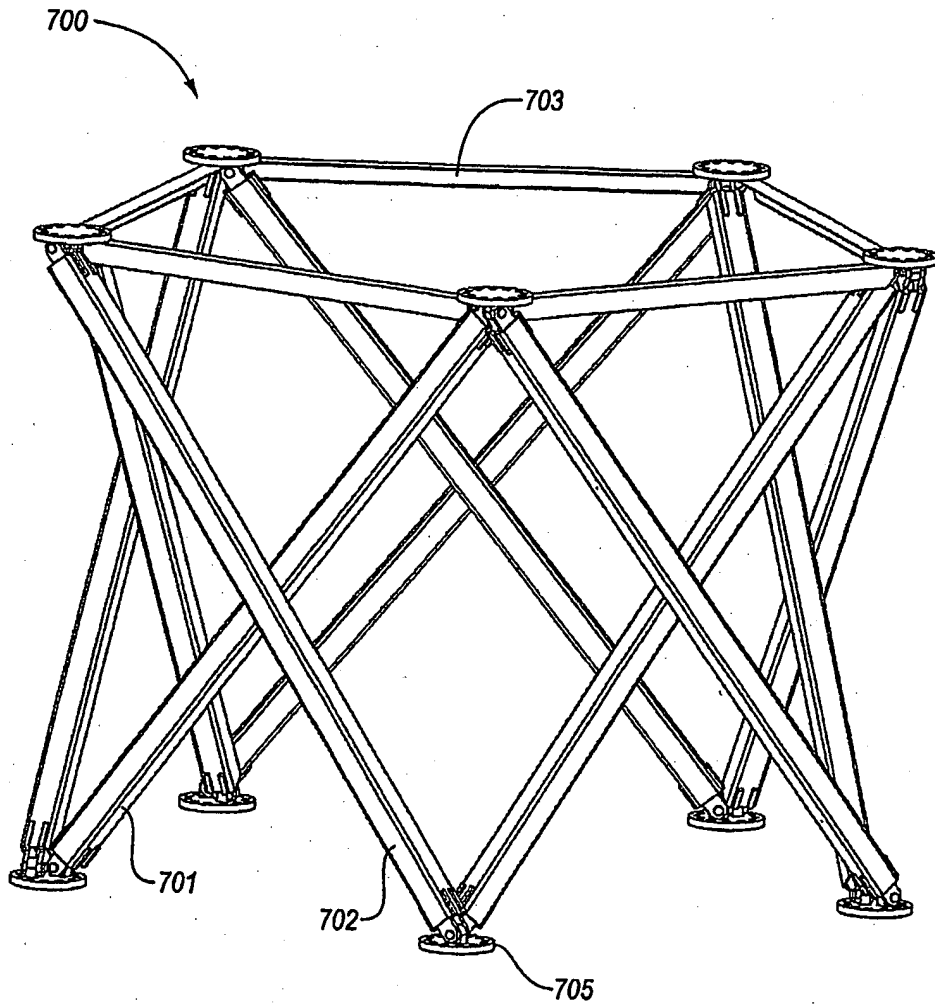


Fig. 25

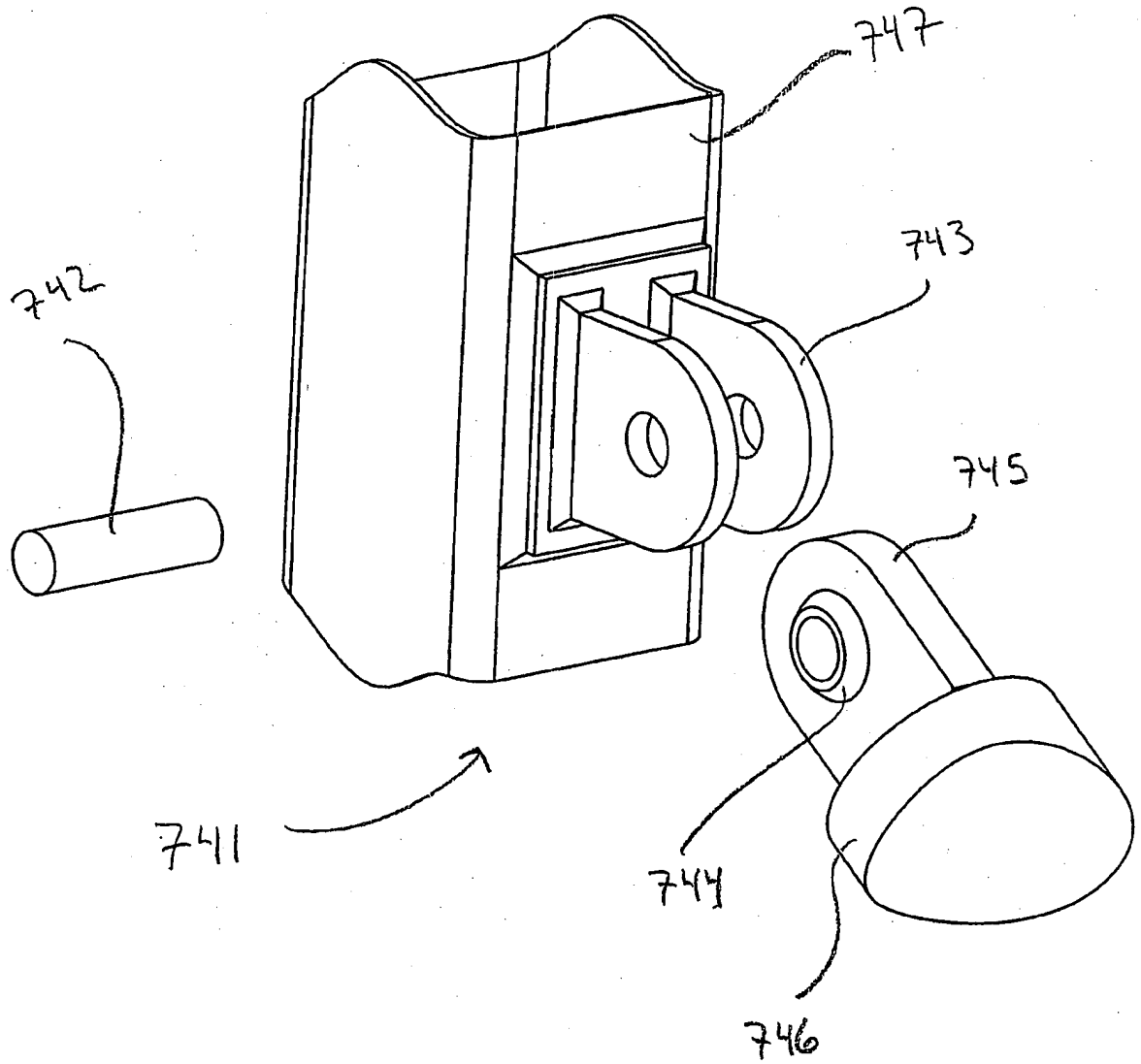


Fig. 26

RESUMO

Patente de Invenção: "**TORRE ESTRUTURAL**".

A presente invenção refere-se a uma torre estrutural possuindo uma construção de estrutura espacial para aplicações de grandes elevações e carga pesada é descrita, com aplicação particular direcionada às turbinas eólicas. A torre estrutural inclui longarinas de amortecimento ou não nos elementos longitudinal, diagonal ou horizontal da estrutura espacial. Uma ou mais longarinas de amortecimento na torre estrutural amortecem as vibrações ressonantes ou vibrações geradas por rajadas de vento não periódicas ou velocidades de vento altas sustentadas. Os vários elementos longitudinal e diagonal da torre estrutural podem ser presos por pinos, parafusos, flanges ou soldas em juntas longitudinais, ou diagonais correspondentes da estrutura espacial.