



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

(11) PI 0708530-3 B1

(22) Data do Depósito: 16/02/2007

(45) Data de Concessão: 21/08/2018



(54) Título: INSTALAÇÃO DE CABOS DE TRANSMISSÃO ELÉTRICA EMENDADOS

(51) Int.Cl.: H02G 1/02

(30) Prioridade Unionista: 07/03/2006 US 11/276,607

(73) Titular(es): 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY

(72) Inventor(es): COLIN MCCULLOUGH; HERVE E. DEVE; TODD N STAFFARONI

(85) Data do Início da Fase Nacional: 03/09/2008

"INSTALAÇÃO DE CABOS DE TRANSMISSÃO ELÉTRICA EMENDADOS" ANTECEDENTES

[001]Fios compósitos incluem, tipicamente, um material de matriz reforçado com fibras substancialmente contínuas que se estendem longitudinalmente. Exemplos de fios compósitos incluem um material de matriz metálico ou polimérico reforçado com fibras (por exemplo, fibras de carbono e cerâmicas). O uso de alguns fios compósitos em cabos suspensos de transmissão de energia elétrica é de particular interesse. Diversas modalidades de tais fios podem fornecer maior transferência de energia do que cabos de transmissão tradicionais e têm, por meio disso, permitido o aumento da capacidade de transferência de energia em infra-estruturas de transmissão elétrica existentes.

[002]Durante a instalação, o cabo de transmissão é tipicamente fornecido em um carretel de fornecimento e é puxado a partir do carretel sobre uma série de roldanas suspensas em torres de suspensão. Precauções são tomadas ao se puxar ou, de outro modo, tensionar o cabo sobre a seqüência de roldanas, para evitar flexão do cabo a um raio menor que o raio de flexão mínimo, uma vez que tensão excessiva durante a flexão do cabo pode resultar em danos ao núcleo do cabo, por exemplo. Geralmente, a quantidade de flexão que é tolerada diminui conforme a tensão do cabo aumenta. A resistência a flexão mínima de cabos de transmissão que incluem fios compósitos, entretanto, é tipicamente mais alta do que a de cabos de transmissão tradicionais que não utilizam fios compósitos.

[003]Adicionalmente, cabos de transmissão elétrica não estão disponíveis em comprimentos infinitos, e desse modo, uma série de cabos de transmissão elétrica é periodicamente conectado extremidade-a-extremidade (isso é, emendado), de modo a fornecer uma extensão suficientemente longa ao cabo. É desejável que as emendas feitas em um cabo de transmissão elétrica instalado sejam emendas de tensão integral. Adicionalmente, é desejável conectar as extremidades de uma série de cabos com emendas de tensão integral antes de se puxar o cabo de transmissão sobre a seqüência de roldanas.

[004]Emendas usadas para cabos de transmissão elétrica convencionais contendo núcleo de fios de aço são, tipicamente, emendas de compactação rígidas formadas por tubulações de alumínio e aço. A rigidez de tais emendas de compactação previne que as emendas sejam puxadas sobre roldanas sem um alto risco de

permanentemente flexionar, deformar, ou, de outro modo, causar dano à tensão da própria emenda, ou um risco de danificar o cabo emendado, por exemplo onde ele faz a transição para a emenda rígida. Em particular, "pontos de contração," ou outros pontos de flexão de raio pequeno se formam nas extremidades da emenda rígida, aumentando, por meio disso, o alto risco de dano ao cabo de transmissão.

[005]De modo a reduzir tais efeitos, uma proteção para emenda formada por um tubo de alumínio com coxins de borracha em cada extremidade do tubo é, às vezes, disposta sobre essas emendas rígidas para ajudar a reduzir o dano à emenda rígida e aos cabos emendados com núcleo de aço. Entretanto, essa prática é raramente usada em conjunto com cabos de núcleo de aço, devido a um risco de dano restante.

[006]Emendas mais flexíveis com tensão integral, como emendas pré-formadas, têm sido usadas para conectar fios compósitos. Entretanto, métodos para se puxar tais emendas flexíveis de tensão integral sobre seqüências de roldanas não foram anteriormente reconhecidos ou empregados. Em particular, ao invés de se puxar uma emenda flexível de tensão integral sobre as roldanas, um cabo completo é puxado sobre as roldanas e é, então, emendado. Outros métodos para se conectar cabos de fios compósitos durante a instalação são empregados, como o uso de emendas de malha metálica temporárias, também descritas como emendas de revestimento, para fornecer uma conexão mecânica temporária entre os comprimentos de cabos de transmissão elétrica, enquanto o cabo de transmissão está sendo esticado sobre a seqüência de roldanas.

[007]As conexões formadas usando-se essas emendas de malha metálica têm uma força relativamente baixa em comparação com as resistências à ruptura nominais do próprio cabo e não fornecem nenhuma conexão elétrica. Adicionalmente, mesmo com esse tipo de conexão por emendas de malha metálica, existem limites quanto ao ângulo, tensão e diâmetro das roldanas através dos quais conexões de emendas de malha metálica e comprimentos de cabo conectados podem ser puxados de maneira eficaz numa posição sobre a seqüência de roldanas. Por exemplo, dano ao cabo nas bordas da emenda de malha metálica é possível durante a instalação.

[008]Após o posicionamento do cabo de transmissão sobre as roldanas, as emendas de malha metálica são, tipicamente, substituídas por emendas permanentes

de tensão integral usadas para unir os comprimentos de cabo. Entretanto, instalação posterior das emendas após o posicionamento do cabo de transmissão adiciona etapas de instalação (incluindo equipamento, tempo e outros custos adicionais) e pode ser problemático, por exemplo, em lugares onde o instalador não tem o campo de acesso necessário para instalar o meio da emenda entre comprimentos do cabo.

SUMÁRIO

[009]Um aspecto da invenção aqui descrito fornece um método de instalação de um cabo de transmissão elétrica. Em uma modalidade, de acordo com a presente invenção, um método para instalação de um cabo de transmissão elétrica inclui o fornecimento de um primeiro cabo incluindo pelo menos um fio compósito. O primeiro cabo tem uma primeira extremidade e uma segunda extremidade. Um segundo cabo também é fornecido. O segundo cabo inclui pelo menos um fio compósito. O segundo cabo tem, também, uma primeira extremidade e uma segunda extremidade. Cada um dos fios compósitos do primeiro e do segundo cabo inclui uma pluralidade de fibras de material de matriz substancialmente contínuas, que se estendem longitudinalmente. A segunda extremidade do primeiro cabo é unida à primeira extremidade do segundo cabo, usando-se uma emenda flexível de tensão integral. A primeira extremidade do primeiro cabo é guiada sobre o primeiro conjunto de roldanas e é puxada sobre o primeiro conjunto de roldanas até a segunda extremidade do primeiro cabo.

[010]Em outra modalidade, de acordo com a presente invenção, um método para instalação de um cabo de transmissão elétrica inclui o fornecimento de um cabo de transmissão elétrica que se estende a partir de uma primeira extremidade até uma segunda extremidade. O cabo inclui uma emenda flexível de tensão integral entre a primeira extremidade e a segunda extremidade. O cabo de transmissão elétrica inclui pelo menos duas fibras substancialmente contínuas, posicionadas longitudinalmente numa matriz. Adicionalmente, a emenda flexível de tensão integral é puxada sobre um primeiro conjunto de roldanas.

[011]Surpreendentemente, Requerentes descobriram a habilidade de se instalar, por meio de um conjunto de roldanas, um cabo de transmissão elétrica contendo emendas flexíveis de tensão integral, sendo que o cabo inclui pelo menos duas fibras substancialmente contínuas, posicionadas longitudinalmente numa matriz, com nenhum dano significativo ao cabo e à emenda.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[012]A presente invenção será descrita em detalhes com relação aos desenhos em anexo, sendo que números de referência similares referem-se a partes similares nas diversas vistas, e sendo que:

A Figura 1 é uma vista esquemática de um método de instalação de um cabo de transmissão elétrica, de acordo com uma modalidade exemplificadora da invenção.

As Figuras 2A a 2C ilustram uma emenda flexível de tensão integral exemplificadora, a partir de uma vista anterior.

As Figuras 3 e 4 são seções transversais esquemáticas de duas modalidades exemplificadoras de cabos de transmissão de energia elétrica suspensos contendo núcleos de fios compósitos.

A Figura 5 é uma vista de extremidade de uma modalidade exemplificadora de um cabo trançado com meios de sustentação ao redor de uma pluralidade de filamentos.

A Figura 6 é uma vista de extremidade de uma modalidade exemplificadora de um cabo de transmissão elétrica.

A Figura 7 é uma vista esquemática de um aparelho ultra-sônico de infiltração exemplificador, usado para se infiltrar fibras com metais fundidos, de acordo com a presente invenção.

As Figuras 8, 8A e 8B são vistas esquemáticas de um aparelho de torção exemplificador, usado para se fazer um cabo, de acordo com a presente invenção.

A Figura 9 é uma vista esquemática de um aparelho de teste exemplificador para emendas de teste puxadas sobre roldanas de teste, de acordo com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[013]Na seguinte Descrição Detalhada, referência é feita aos desenhos em anexo, que fazem parte da mesma, e em que é mostrado por meio de ilustrações específicas modalidades em que a invenção pode ser praticada. Sob este aspecto, a terminologia direcional, como "topo," "fundo," "frontal," "posterior," "inicial," "final," etc., é usada com relação à orientação da(s) Figura(s) descrita(s). Já que os componentes das modalidades da presente invenção podem ser posicionados em diversas orientações diferentes, a terminologia direcional é usada para propósitos

ilustrativos, não sendo jamais limitadora. Deve-se compreender que outras modalidades podem ser utilizadas e alterações estruturais ou lógicas podem ser feitas sem divergir do escopo da presente invenção. Portanto, a descrição detalhada a seguir não deve ser adotada em caráter limitativo, e o escopo da presente invenção é definido pelas reivindicações em anexo.

[014]Com referência à Figura 1, ela mostra um sistema de instalação de cabos 10 exemplificador para seqüenciamento do cabo de transmissão 12 em uma configuração suspensa. O sistema 10 inclui um tensionador 14 para alimentação do cabo de transmissão 12 sob tensão, um primeiro conjunto de roldanas 16 mantido por uma primeira torre de suspensão 18, um segundo conjunto de roldanas 20 mantido por uma segunda torre de suspensão 22, e um puxador 24 para se puxar o cabo de transmissão 12 a partir do tensionador 14 e sobre o primeiro e o segundo conjunto de roldanas 16, 20. Enquanto apenas dois conjuntos de roldanas são mostrados, deve-se compreender que o sistema 10 inclui, opcionalmente, qualquer número desejado de conjuntos de roldanas adicionais, mantidos por torres de suspensão correspondentes ou outras estruturas adequadas.

[015]Em uma modalidade exemplificadora, o cabo de transmissão 12 inclui um primeiro cabo 26, um segundo cabo 28 e um terceiro cabo 30. O cabo de transmissão 12 inclui, também, uma primeira emenda 32 unindo o primeiro e o segundo cabo 26, 28, e uma segunda emenda 34 unindo o segundo e o terceiro cabo 28, 30. O primeiro cabo 26 se estende a partir de uma extremidade inicial 36 presa por um puxador 24 a extremidade final 38 parcialmente disposta na primeira emenda 32. O segundo cabo 28 se estende a partir da extremidade inicial 40, disposta parcialmente na primeira emenda 32 até a extremidade final 42, disposta parcialmente na segunda emenda 34. O terceiro cabo 30 se estende de maneira similar a partir da extremidade inicial 44 disposta parcialmente na segunda emenda 34 até a extremidade final 46, presa pelo tensionador 14. Em uma modalidade exemplificadora, o primeiro, o segundo e o terceiro cabo 26, 28, 30 têm pelo menos cerca de 300 metros (cerca de 980 pés) de comprimento cada, apesar de que outras dimensões são contempladas. Em algumas modalidades, o primeiro, o segundo e o terceiro cabo 26, 28 e 30 têm pelo menos cerca de 305, 610, 914, 1.219, 1.524, 1.829, 2.164, 2.438, 2.743 metros, (1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 5.000, 6.000, 7.000, 8.000, 9.000 pés), ou mesmo pelo menos cerca de 3.048 metros (10.000 pés) de comprimento

cada.

[016]Adicionalmente, e conforme será descrito com mais detalhes abaixo, com referência às Figuras 3 a 6, um cabo de transmissão, incluindo o primeiro, o segundo e o terceiro cabo, inclui pelo menos um fio compósito que inclui uma pluralidade de fibras de reforço de material de matriz substancialmente contínuas, que se estendem longitudinalmente.

[017]Tipicamente a fração do núcleo (ou seja, a fração de núcleo em relação ao cabo completo, conforme expresso em relação à seção transversal do cabo como uma área de fração do núcleo para o cabo completo) está na faixa de cerca de 5% a 30%. Em algumas modalidades a fração do núcleo em relação ao cabo inteiro é de pelo menos 2%, pelo menos 5%, 8%, 10%, 12%, 15%, 18%, 20%, 22%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, ou mesmo pelo menos 60%.

[018]Materiais de matriz exemplificadores incluem materiais de matriz metálicos, como alumínio, titânio, zinco, estanho, magnésio e ligas dessas substâncias (por exemplo, uma liga de alumínio e cobre), e materiais de matriz poliméricos como epóxis, ésteres, ésteres vinílicos, poliimidas, poliésteres, ésteres de cianato, resinas fenólicas, resinas de bismaleimida e termoplásticos.

[019]Exemplos de fibras contínuas (ou seja, tendo um comprimento que é relativamente infinito quando comparado ao diâmetro médio da fibra) adequadas para fabricação de fios compósitos incluem fibras de aramida, fibras de boro, fibras de carbono, fibras cerâmicas, fibras de grafite, fibras de poli(p-fenileno-2,6-benzisoxazol), fibras de tungstênio, e fibras de liga com memória de formato (ou seja, uma liga metálica que passa por uma transformação martensítica, de modo que a liga metálica é deformável por um mecanismo de união abaixo da temperatura de transformação, sendo que tal deformação é reversível quando a estrutura dupla retorna a sua fase original, através de aquecimento acima da temperatura de transformação). Fibras cerâmicas incluem vidro, fibras de carbureto de silício e fibras de óxido de cerâmica. Tipicamente, as fibra cerâmicas são cerâmicas cristalinas (ou seja, exibem um padrão da difração de raios X por pó discernível) e/ou uma mistura de cerâmicas cristalinas e vidro (ou seja, uma fibra pode conter ambas fases cerâmica cristalina e vítrea), apesar de que elas podem, também, ser de vidro. Em algumas modalidades, a fibra é pelo menos 50 (em algumas modalidades, pelo menos 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99, ou mesmo 100) por cento, em peso,

cristalina. Exemplos de fibras de óxidos de cerâmica cristalina adequados incluem fibras refratárias como fibras de alumina, fibras de aluminossilicato, fibras de alumínio borato, fibras de alumínio borossilicato, fibras de zircônia-sílica, e combinações dos mesmos.

[020]Em algumas modalidades, é desejável que as fibras compreendam, pelo menos, 40 (em algumas modalidades, pelo menos 50, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99, ou mesmo 100) %, por volume de Al_2O_3 , com base no volume total da fibra. Em algumas modalidades, é desejável que as fibras estejam compreendidas em uma faixa de 40 a 70 (em algumas modalidades, em uma faixa de 55 a 70, ou mesmo 55 a 65) %, por volume de Al_2O_3 , com base no volume total da fibra.

[021]Adicionalmente, fibras de vidro exemplificadoras estão disponíveis, por exemplo, junto à Corning Glass, Corning, NY, EUA. Tipicamente, as fibras de vidro contínuas têm um diâmetro médio da fibra na faixa de cerca de 3 micrômetros a cerca de 19 micrômetros. Em algumas modalidades, as fibras de vidro têm uma resistência à tração média de pelo menos 3 GPa, 4 GPa e/ou mesmo pelo menos 5 GPa. Em algumas modalidades, as fibras de vidro têm um módulo na faixa de cerca de 60 GPa a 95 GPa, ou cerca de 60 GPa a cerca de 90 GPa.

[022]As fibras de alumina são descritas, por exemplo, nas Patentes U.S. Nº 4.954.462 (Wood et al.) e 5.185.299 (Wood et al.). Em algumas modalidades, as fibras de alumina são fibras policristalinas de alumina alfa, e compreendem, em uma base óxida teórica, mais que 99 por cento, em peso, de Al_2O_3 e 0,2 a 0,5 por cento, em peso, de SiO_2 , com base no peso total das fibras de alumina. Em um outro aspecto, algumas fibras policristalinas de alumina alfa desejáveis compreendem alumina alfa com um tamanho de grão médio menor que 1 micrômetro (ou mesmo, em algumas modalidades, menor que 0,5 micrômetro). Em um outro aspecto, em algumas modalidades, as fibras policristalinas de alumina alfa têm uma resistência à tração média de, pelo menos, 1,6 GPa (em algumas modalidades, pelo menos, 2,1 GPa, ou mesmo, pelo menos, 2,8 GPa), conforme determinado de acordo com o teste de resistência à tração descrito na patente U.S. Nº 6.460.597 (McCullough et al.). As fibras de alumina alfa exemplificadoras são comercializadas sob a designação comercial de "NEXTEL 610" junto à 3M Company, St. Paul, MN, EUA.

[023]As fibras de aluminossilicato são descritas, por exemplo, na patente U.S. Nº 4.047.965 (Karst et al.). As fibras de alumino silicato exemplificadoras são

comercializadas sob a designação comercial de "NEXTEL 440", "NEXTEL 550" e "NEXTEL 720" junto à 3M Company de St. Paul, MN, EUA.

[024]As fibras de alumínio borato e alumínio borosilicato são descritas, por exemplo, na patente U.S. Nº 3.795.524 (Sowman). As fibras de alumínio borosilicato exemplificadoras são comercializadas sob a designação comercial de "NEXTEL 312" junto à 3M Company.

[025]As fibras de zircônia-sílica exemplificadoras são descritas, por exemplo, na patente U.S. Nº 3.795.524 (Sowman).

[026]Tipicamente, as fibras cerâmicas contínuas têm um diâmetro médio da fibra de pelo menos cerca de 5 micrômetros, mais tipicamente, em uma faixa de cerca de 5 micrômetros a cerca de 20 micrômetros; e, em algumas modalidades, na faixa de cerca de 5 micrômetros a cerca de 15 micrômetros.

[027]Tipicamente, as fibras cerâmicas estão em estopas. As estopas são conhecidas na técnica de fibra e tipicamente incluem, em geral, uma pluralidade de fibras não-torcidas (individuais) (tipicamente pelo menos 100 fibras, mais tipicamente pelo menos 400 fibras). Em algumas modalidades, as estopas compreendem pelo menos 780 fibras individuais por estopa e, em alguns casos, pelo menos 2600 fibras individuais por estopa ou pelo menos 5200 fibras individuais por estopa. Estopas de várias fibras cerâmicas estão disponíveis em uma variedade de comprimentos, incluindo 300 metros, 500 metros, 750 metros, 1000 metros, 1500 metros e mais longas. As fibras podem ter um formato em seção transversal que seja circular, elíptico ou no formato de osso canino.

[028]Fibras de boro exemplificadoras estão disponíveis comercialmente, por exemplo, junto à Textron Specialty Fibers, Inc. de Lowell, MA. Tipicamente, tais fibras têm um comprimento da ordem de pelo menos 50 metros, e podem ter comprimentos da ordem de até quilômetros ou mais. Tipicamente, as fibras de boro contínuas têm um diâmetro médio de fibra na faixa de cerca de 80 micrômetros a cerca de 200 micrômetros. Mais tipicamente, o diâmetro médio da fibra não é maior que 150 micrômetros, mais tipicamente, situam-se na faixa de 95 micrômetros a 145 micrômetros. Em algumas modalidades, as fibras de boro têm uma resistência à tração média de pelo menos 3 GPa, e/ou pelo menos 3,5 GPa. Em algumas modalidades, as fibras de boro têm um módulo na faixa de cerca de 350 GPa a cerca de 450 GPa, ou mesmo na faixa de cerca de 350 GPa a cerca de 400 GPa.

[029]Adicionalmente, fibras de carbureto de silício exemplificadoras são comercializadas, por exemplo, pela COI Ceramics de San Diego, CA, sob a designação comercial "NICALON" em estopas de 500 fibras, pela Ube Industries do Japão, sob a designação comercial "TYRANNO", e pela Dow Corning de Midland, MI, EUA, sob a designação comercial "SYLRAMIC".

[030]Fibras de monofilamento de carbureto de silício exemplificadoras são comercializadas, por exemplo, pela Specialty Materials, Inc., Lowell, MA, sob as designações comerciais "SCS-9", "SCS-6" e "Ultra-SCS".

[031]Fibras de carbono estão disponíveis, por exemplo, junto à Amoco Chemicals de Alpharetta, GA, sob a designação comercial "THORNEL CARBON", em estopas de 2.000, 4.000, 5.000 e 12.000 fibras, Hexcel Corporation de Stamford, CT, EUA, junto à Grafil, Inc. de Sacramento, CA, EUA (uma subsidiária da Mitsubishi Rayon Co.) sob a designação comercial "PYROFIL", junto à Toray de Tóquio, Japão, sob a designação comercial "TORAYCA", junto à Toho Rayon do Japão, Ltd., sob a designação comercial "BESFIGHT", junto à Zoltek Corporation de St. Louis, MO, EUA, sob a designação comercial "PANEX" e "PYRON", e junto à Inco Special Products de Wyckoff, NJ, EUA (fibras de carbono cobertas por níquel), sob a designação comercial "12K20" e "12K50". Tipicamente, as fibras de carbono contínuas têm um diâmetro médio da fibra na faixa de cerca de 4 micrômetros a cerca de 12 micrômetros, cerca de 4,5 micrômetros a cerca de 12 micrômetros, ou mesmo cerca de 5 micrômetros a cerca de 10 micrômetros.

[032]Fibras de grafita exemplificadoras são comercializadas, por exemplo, pela BP Amoco de Alpharetta, GA, sob a designação comercial "T-300", em maços de 1.000, 3.000 e 6.000 fibras. Tipicamente, tais fibras têm um comprimento da ordem de pelo menos 50 metros, e podem ter comprimentos da ordem de até quilômetros ou mais. Tipicamente, as fibras de grafite contínuas têm um diâmetro médio da fibra na faixa de cerca de 4 micrômetros a cerca de 12 micrômetros, cerca de 4,5 micrômetros a cerca de 12 micrômetros, ou mesmo cerca de 5 micrômetros a cerca de 10 micrômetros. Em algumas modalidades, as fibras de grafite têm uma resistência à tração média de pelo menos 1,5 GPa, 2 GPa, 3 GPa ou mesmo pelo menos 4 GPa. Em algumas modalidades, as fibras de grafite têm um módulo na faixa de cerca de 200 GPa a cerca de 1.200 GPa, ou mesmo cerca de 200 GPa a cerca de 1.000 GPa.

[033]Fibras de tungstênio exemplificadoras estão disponíveis, por exemplo, junto à Califórnia Fine Wire Company, Grover Beach, CA. Tipicamente, tais fibras têm um comprimento da ordem de pelo menos 50 metros, e podem ter comprimentos da ordem de até quilômetros ou mais. Tipicamente, as fibras de tungstênio contínuas têm um diâmetro médio da fibra na faixa de cerca de 100 micrômetros a cerca de 500 micrômetros, cerca de 150 micrômetros a cerca de 500 micrômetros, ou mesmo de cerca de 200 micrômetros a cerca de 400 micrômetros. Em algumas modalidades, as fibras de tungstênio têm uma resistência à tração média de pelo menos 0,7 GPa, 1 GPa, 1,5 GPa, 2 GPa, ou mesmo pelo menos 2,3 GPa. Em algumas modalidades, as fibras de tungstênio têm um módulo maior que 400 GPa a aproximadamente não mais que 420 GPa, ou mesmo não mais que 415 GPa.

[034]Fibras de liga com memória de formato exemplificadoras estão disponíveis, por exemplo, junto à Johnson Matthey, West Whiteland, PA. Tipicamente, tais fibras têm um comprimento da ordem de pelo menos 50 metros, e podem ter comprimentos da ordem de até quilômetros ou mais. Tipicamente, as fibras contínuas de liga com memória de formato têm um diâmetro médio da fibra na faixa de cerca de 50 micrômetros a cerca de 400 micrômetros, cerca de 50 a cerca de 350 micrômetros, ou mesmo cerca de 100 micrômetros a 300 micrômetros. Em algumas modalidades, as fibras de liga com memória de formato têm uma resistência à tração média de pelo menos 0,5 GPa e/ou mesmo pelo menos 1 GPa. Em algumas modalidades, as fibras de liga com memória de formato têm um módulo na faixa de cerca de 20 GPa a cerca de 100 GPa, ou mesmo de cerca de 20 GPa a cerca de 90 GPa.

[035]Fibras de aramida exemplificadoras estão disponíveis, por exemplo, junto à DuPont, Wilmington, DE, EUA, sob a designação comercial "KEVLAR". Tipicamente, tais fibras têm um comprimento da ordem de pelo menos 50 metros, e podem até mesmo ter comprimentos da ordem de quilômetros ou mais. Tipicamente, as fibras contínuas de aramida têm um diâmetro médio da fibra na faixa de cerca de 10 micrômetros a cerca de 15 micrômetros. Em algumas modalidades, as fibras de aramida têm uma resistência à tração média de pelo menos 2,5 GPa, 3 GPa, 3,5 GPa, 4 GPa, ou mesmo pelo menos 4,5 GPa. Em algumas modalidades, as fibras de aramida têm um módulo na faixa de cerca de 80 GPa a cerca de 200 GPa, ou mesmo cerca de 80 GPa a cerca de 180 GPa.

[036]Fibras de poli(p-fenileno-2,6-benzisoxazol) exemplificadoras estão

disponíveis, por exemplo, junto à Toyobo Co., Osaka, Japão, sob a designação comercial "ZYLON". Tipicamente, tais fibras têm um comprimento da ordem de pelo menos 50 metros, e podem, ainda, ter comprimentos da ordem de quilômetros ou mais. Tipicamente, as fibras contínuas de poli(p-fenileno-2,6-benzisoxazol) têm um diâmetro médio da fibra na faixa de cerca de 8 micrômetros a cerca de 15 micrômetros. Em algumas modalidades, as fibras de poli(p-fenileno-2,6-benzisoxazol) têm uma resistência à tração média de pelo menos 3 GPa, 4 GPa, 5 GPa, 6 GPa, ou mesmo pelo menos 7 GPa. Em algumas modalidades, as fibras de poli(p-fenileno-2,6-benzisoxazol) têm um módulo na faixa de cerca de 150 GPa a cerca de 300 GPa, ou mesmo cerca de 150 GPa a cerca de 275 GPa.

[037]Fibras de aramida, carbono, grafite, cerâmica, poli(p-fenileno-2,6-benzisoxazol) (incluindo estopas de fibras) incluem, tipicamente, um material de engomadura orgânico em pelo menos uma porção da superfície externa de pelo menos algumas das fibras de óxido de cerâmica. Normalmente, o material de engomadura fornece um peso complementar em uma faixa de 0,5 a 10 por cento, em peso. Observou-se que o material de engomadura proporciona lubricidade e proteção às mechas de fibra durante o manuseio. Acredita-se que a engomadura tende a reduzir a ruptura das fibras, reduz a eletricidade estática e reduz a quantidade de poeira durante, por exemplo, conversão a um tecido. A engomadura pode ser removida, por exemplo, dissolvendo-a ou queimando-a. De preferência, a engomadura é removida antes da formação da matriz do fio compósito, de acordo com a presente invenção. Dessa maneira, antes da formação do fio compósito, as fibras são isentas de qualquer engomadura.

[038]Metais exemplificadores para materiais de matriz são alumínio elementais altamente puros (por exemplo, maior que 99,95%) ou ligas de alumínio puro com outros elementos, como cobre. Tipicamente, o material de matriz metálico é selecionado de modo que o material de matriz não reaja quimicamente de maneira significativa com a fibra (ou seja, ele é quimicamente inerte em relação ao material da fibra), por exemplo, para eliminar a necessidade de se fornecer um revestimento protetor no exterior da fibra. Materiais de matriz metálicos exemplificadores incluem alumínio, zinco, estanho, magnésio, e ligas dessas substâncias (por exemplo, uma liga de alumínio e cobre). Em algumas modalidades, o material de matriz inclui, desejavelmente, alumínio e ligas dessa substância.

[039]Tipicamente, fibras para compósitos de matriz metálicos incluem fibras de boro, fibras de carbono, fibras contendo cerâmica cristalina, fibras de grafite, fibras de tungstênio e fibras de liga com memória de formato.

[040]Em algumas modalidades, a matriz metálica compreende pelo menos 98%, em peso, de alumínio, pelo menos 99%, em peso, de alumínio, mais que 99,9%, em peso, de alumínio, ou mesmo mais que 99,95%, em peso, de alumínio. Ligas de alumínio exemplificadoras de alumínio e cobre compreendem pelo menos 98%, em peso de Al e até 2%, em peso, de Cu. Em algumas modalidades, ligas úteis são ligas de alumínio de série 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 5.000, 6.000, 7.000 e/ou 8.000 (designações da Aluminum Association). Apesar do fato de que metais com purezas mais altas tendem a ser desejáveis para a fabricação de fios com resistências à tração mais altas, formas menos puras de metais também são úteis.

[041]Metais adequados estão disponíveis comercialmente. Por exemplo, alumínio está disponível sob a designação comercial "SUPER PURE ALUMINUM; 99,99% Al" junto à Alcoa de Pittsburgh, PA, EUA. Ligas de alumínio (por exemplo, Al-2%, em peso, de Cu (0,03%, em peso, de impurezas)) podem ser obtidas, por exemplo, junto à Belmont Metals, New York, NY, EUA. Zinco e estanho estão disponíveis, por exemplo, junto à Metal Services, St. Paul, MN ("zinco puro"; 99,999% de pureza e "estanho puro"; 99,95% de pureza). Por exemplo, magnésio está disponível sob a designação comercial "PURE" junto à Magnesium Elektron, Manchester, Inglaterra. Ligas de magnésio (por exemplo, WE43A, EZ33A, AZ81A e ZE41A), titânio e ligas de titânio podem ser obtidos, por exemplo, junto à TIMET, Denver, CO, EUA.

[042]Os núcleos e fios compósitos compreendem, tipicamente, pelo menos 15%, por volume (em algumas modalidades, pelo menos 20, 25, 30, 35, 40, 45, ou mesmo 50%, por volume) de fibras, com base no volume total de fibras e material de matriz, juntos. Mais tipicamente, os núcleos e fios compósitos compreendem na faixa de 40 a 75 (em algumas modalidades, 45 a 70) %, por volume, de fibras, com base no volume total de fibras e material de matriz, juntos.

[043]Tipicamente o diâmetro médio do núcleo está na faixa de cerca de 5 mm a cerca de 15 mm. Em algumas modalidades, o diâmetro médio desejado do núcleo é de pelo menos 1 mm, pelo menos 2 mm, ou mesmo até cerca de 3 mm. Tipicamente, o diâmetro médio do fio compósito está na faixa de cerca de 1 mm a 12 mm, de 1 mm a

10 mm, de 1 a 8 mm, ou mesmo de 1 mm a 4 mm. Em algumas modalidades, o diâmetro médio desejado do fio compósito é de pelo menos 1 mm, pelo menos 1,5 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm, 11 mm, ou mesmo pelo menos 12 mm.

[044]Técnicas para se fabricar fios compósitos de matriz metálica e polimérica são conhecidas na técnica. Por exemplo, fios compósitos contínuos de matriz metálica podem ser feitos por processos contínuos de infiltração de matriz metálica. Um processo adequado é descrito, por exemplo, na patente U.S. Nº 6.485.796 (Carpenter et al.). Outros meios de processamento para fibra contínua reforçada com compósitos de matriz metálica são, por exemplo, discutidos no ASM Handbook Vol. 21, Composites, páginas 584-588 (da ASM International, Metals Park, OH, EUA), publicado em 2001.

[045]Adicionalmente, por exemplo, técnicas para fabricação de fios compósitos de matriz metálica incluem aquelas discutidas, por exemplo, nas Patentes U.S. Nº 5.501.906 (Deve), 6.180.232 (McCullough et al.), 6.245.425 (McCullough et al.), 6.336.495 (McCullough et al.), 6.544.645 (McCullough et al.), 6.447.927 (McCullough et al.), 6.460.597 (McCullough et al.), 6.329.056 (Deve et al.), 6.344.270 (McCullough et al.), 6.485.796 (Carpenter et al.), 6.559.385 (Johnson et al.), 6.796.365 (McCullough et al.), 6.723.451 (McCullough et al.), 6.692.842 (McCullough et al.) e 6.913.838 (McCullough et al.); Pedido de Depósito U.S. contendo o Nº Serial 10/403.643, depositado em 31 de Março de 2003, Pedido de Depósito U.S. contendo o Nº Serial 10/778.488, depositado em 13 de Fevereiro de 2004, Pedido de Depósito U.S. contendo o Nº Serial 10/779.438, depositado em 13 de Fevereiro de 2004, Pedido de Depósito U.S. contendo o Nº Serial 11/317.608, depositado em 23 de Dezembro de 2005, Pedido de Depósito U.S. contendo o Nº Serial 11/318.368, depositado em 23 de Dezembro de 2005 e Pedido de Depósito U.S. contendo o Nº Serial 10/870.262, depositado em 17 de Junho de 2004.

[046]Fios compreendendo polímeros e fibras podem ser feitos, por exemplo, por processos de pultrusão que são conhecidos na técnica. Um exemplo de um polímero reforçado com fibra é fornecido, por exemplo, no Pedido PCT contendo o Nº de publicação WO 2003/091008A, publicado em 6 de Novembro de 2003 e na publicação de Pedido PCT contendo o Nº de publicação WO 2005/040017A, publicado

em 6 de Maio de 2005. Métodos de pultrusão são descritos em mais detalhes, por exemplo, no ASM Handbook Vol. 21, Composites, páginas 550-564 (da ASM International, Metals Park, OH, EUA), publicado em 2001.

[047]Tipicamente, fibras para composições de matriz polimérica incluem fibras de aramida, fibras de boro, fibras de carbono, fibras de cerâmica, fibras de grafite, fibras de poli(p-fenileno-2,6-benzisoxazol), fibras de tungstênio e fibras de liga com memória de formato.

[048]Em algumas modalidades, pelo menos 85% (em algumas modalidades, pelo menos 90%, ou mesmo pelo menos 95%) por número de fibras no núcleo são contínuas.

[049]Novamente com referência à Figura 1, o primeiro, o segundo e o terceiro cabo 26, 28 e 30 têm uma resistência à ruptura nominal, sendo que a resistência à tração combinada dos cabos 26, 28 e 30 é maior ou igual à resistência à ruptura nominal. Em termos gerais, a resistência à ruptura nominal é determinada por um cálculo que define a resistência mínima aceitável do cabo (consultar a Referência Padrão ASTM B232, publicada em 2005).

[050]Em uma modalidade exemplificadora, o cabo de transmissão 12, inclui emendas 32, 34 e o(s) fio(s) compósito(s) que forma o cabo de transmissão 12, é suscetível a dano, incluindo ruptura das fibras de reforço longitudinais dos fios compósitos, de acordo com o seguinte: uma quantidade de tensão aplicada ao cabo de transmissão 12; um diâmetro do cabo de transmissão 12; um raio de flexão do cabo de transmissão 12 ao redor das roldanas; uma composição do cabo 12, incluindo os tipos de materiais de matriz, materiais de fibra, quantidade relativa de material de fibra, e outros; e um ângulo de inserção (descrito com mais detalhes abaixo) do cabo de transmissão 12 sobre as roldanas.

[051]Seguindo essa linha, em uma modalidade exemplificadora, o cabo de transmissão elétrica 12, incluindo o primeiro, o segundo e o terceiro cabo 26, 28, 30, tem um diâmetro mínimo de roldana associado ao mesmo. Em particular, o diâmetro associado mínimo de roldana corresponde ao raio mínimo de flexão do cabo de transmissão 12. enquanto o mesmo não está sobre carga mecânica que pode ser conferida ao cabo de transmissão 12 com nenhum dano significativo ao cabo de transmissão 12. Sob carga mecânica, o raio mínimo de flexão do cabo de transmissão 12 é função da

tensão e do ângulo de inserção presente do cabo de transmissão 12 sobre as roldanas. Conforme a tensão e o ângulo de inserção aumentam, o raio mínimo de flexão do cabo de transmissão 12 aumenta. Deste modo, o diâmetro das roldanas é escolhido opcionalmente para ser largo o suficiente, com isso em mente, e maior que o diâmetro de roldana mínimo. Deve-se notar que o diâmetro da roldana também é tipicamente delimitado por restrições físicas, como a habilidade de uma pessoa de levantar a roldana durante a instalação ou outros requisitos de instalação.

[052]Em uma modalidade exemplificadora, a primeira e a segunda emenda 32, 34 são emendas flexíveis de tensão integral. Em termos gerais, uma emenda "flexível" é capaz de ser flexionada ou curvada, por exemplo, flexão associada ao puxamento das mesmas sobre um ou mais conjuntos de roldana, com nenhum dano significativo ao cabo de transmissão 12, incluindo as emendas 32 e 34. Isso deve ser contrastado com emendas rígidas, como emendas de compressão formadas pela compressão de uma conexão de aço em um núcleo de um comprimento do cabo de transmissão, e, então, compressão de uma conexão de alumínio sobre a conexão de aço e porções do cabo de transmissão adjacentes à conexão de alumínio. Em termos gerais, tais emendas rígidas são incapazes de serem puxadas sobre um ou mais conjuntos de roldana sem causar dano significativo relacionado à flexão da emenda rígida e/ou dano ao cabo de transmissão unido com a emenda rígida. Em particular, uma emenda rígida puxada sobre um conjunto de roldanas é permanentemente deformada ou dobrada, após ser puxada sobre o conjunto de roldanas. Para referência adicional, uma emenda de "tensão integral" é genericamente uma emenda que é capaz de resistir à uma tensão comparável à resistência à ruptura nominal do cabo de transmissão 12.

[053]Com referência às Figuras 2A a 2C, em uma modalidade exemplificadora, a primeira emenda 32 é uma emenda flexível de tensão integral. Por exemplo, a primeira emenda 32 é, opcionalmente, uma emenda pré-formada. Em particular, a primeira emenda 32 inclui uma pluralidade de hastes internas 50 enroladas em formato helicoidal ao redor da extremidade final 38 do primeiro cabo 26 e a extremidade inicial 40 do segundo cabo 28, e uma pluralidade de hastes internas 52 enroladas em formato helicoidal ao redor de uma pluralidade de hastes internas 50. Com referência à Figura 2B, grupos de três, quatro, ou um número desejado de hastes internas 50 são sequencialmente

aplicadas ao primeiro e ao segundo cabo 26 e 28, até que um número desejado de hastes internas 50 estejam dispostas ao redor do primeiro e do segundo cabo 26 e 28. Com referência à Figura 2C, grupos de três, quatro, ou um número desejado de hastes externas 52 são seqüencialmente aplicadas sobre uma pluralidade de hastes internas 50, até que um número desejado de hastes externas 52 estejam dispostas ao redor da pluralidade de hastes internas 50. As pluralidades de hastes internas e externas 50 e 52 são opcionalmente formadas por liga de alumínio.

[054]Conforme mencionado acima, emendas adequadas incluem emendas flexíveis de tensão integral, como emendas pré-formadas, inclusive aquelas disponíveis junto à Preformed Line Products de Cleveland, OH, EUA, sob a designação comercial "THERMOLIGN" (número de peça TLSP-795). Em uma modalidade exemplificadora, a emenda 32 é larga o bastante para dissipar o calor de maneira eficaz. O cabo de transmissão formado com fios compósitos é, tipicamente, projetado para operar à altas temperaturas (por exemplo, maior que cerca de 200°C) em comparação ao cabo contendo núcleos de fio de aço (por exemplo, maior que cerca de 100°C. Uma emenda maior é capaz de ajudar a manter a temperatura da emenda relativamente baixa. Deste modo, a emenda 32 é, opcionalmente, composta por duas camadas de hastes helicoidais para adicionar diminuição de calor adicional à emenda 32. Apesar de serem próprias para uso como dissipadores de calor, a capacidade de emendas flexíveis de tensão integral do cabo de transmissão 12 de passarem de maneira segura sobre a roldana é um resultado surpreendente, devido à experiências passadas com dano a outros tipos de emendas (por exemplo, conectores de malha metálica). Adicionalmente, uso bem-sucedido de uma emenda com uma configuração de camada dupla é, adicionalmente, surpreendente já que a configuração de camada dupla é, de outro modo, um indicativo de que há uma concentração de forças de flexão nas bordas da emenda, fazendo com que o resultado bem-sucedido encontrado seja ainda mais surpreendente.

[055]Novamente, com referência às Figuras 2A a 2C, em uma modalidade exemplificadora, a segunda emenda 34 é formada de uma maneira substancialmente similar à primeira emenda 32, apesar do fato de que a primeira e a segunda emenda 32, 34 são, opcionalmente, substancialmente diferentes na forma.

[056]Com referência à Figura 1, o tensionador 14 é, opcionalmente, de um tipo conhecido na técnica e geralmente serve para sustentar um carretel de cabo de

transmissão 12, também descrito como um carretel de comprimento de cabo. Em particular, o tensionador 14 é adaptado para ajustar o cabo de transmissão 12 sob tensão, por exemplo, usando-se um mecanismo de interrupção, para evitar desenrolamento do cabo de transmissão 12 a partir do carretel com demasiada rapidez. Adicionalmente, a tensão pode precisar ser aumentada durante o puxamento, de modo a reduzir a flexão do fio, de modo que o cabo de transmissão 12 limpe obstáculos ou mantenha níveis de folga necessários (por exemplo, sobre rodovias). Para referência, o primeiro, o segundo e o terceiro cabo 26, 28, 30, opcionalmente, correspondem a um comprimento de carretel do cabo de transmissão 12, em uma modalidade exemplificadora, apesar do fato de que outros comprimentos também são contemplados.

[057]O primeiro conjunto de roldanas 16 é mantido pela primeira torre de suspensão 18, por exemplo, pendurada a partir da primeira torre de suspensão 18, e geralmente inclui um conjunto de roldanas 56 adaptado para suportar o cabo de transmissão 12, e é disposto ao longo de um arco (por exemplo, um arco de 45 graus) para definir um raio de curvatura geral R_1 sobre um conjunto de roldanas 56. Desta maneira, um conjunto de roldanas 56 é opcionalmente usado para fornecer um raio relativamente grande para que o cabo de transmissão 12 seja capaz de atravessar sobre mesmo sem se fornecer um diâmetro de roldana único relativamente grande. Em uma modalidade exemplificadora, cada uma das roldanas 56 têm um diâmetro de cerca de 18 cm (7 polegadas) com o conjunto de roldanas 56 definindo um raio de curvatura geral R_1 de cerca de 152 cm (60 polegadas). Deve-se notar também que o primeiro conjunto de roldanas 16 é opcionalmente montado na primeira torre de suspensão 18, ou outra estrutura adequada, de tal maneira que todo o primeiro conjunto de roldanas 16 seja capaz de revolver para acomodar várias linhas de entrada e saída do cabo de transmissão 12 a partir do primeiro conjunto de roldanas 16, conforme será descrito com mais detalhes abaixo. Em uma modalidade exemplificadora, a primeira torre de suspensão 18 é de um tipo conhecido na técnica (por exemplo, uma torre de estrutura metálica).

[058]O segundo conjunto de roldanas 20 é mantido por uma segunda torre de suspensão 22, por exemplo, pendurada a partir da segunda torre de suspensão 22, e geralmente inclui roldanas 58. Em uma modalidade exemplificadora, as roldanas 58 têm um diâmetro de cerca de 36 polegadas, apesar do fato de que outras dimensões são contempladas. A partir disso, entende-se que a roldana 58, opcionalmente, define

um raio de curvatura geral, por exemplo, de cerca de 46 cm (18 polegadas). Deve-se notar também que o segundo conjunto de roldanas 20 é, opcionalmente, montado em uma segunda torre de suspensão 22 ou outra estrutura adequada de tal maneira que todo o segundo conjunto de roldanas 20 é capaz de revolver para acomodar várias linhas de entrada e saída do cabo de transmissão 12, a partir do segundo conjunto de roldanas 20, conforme será descrito com mais detalhes abaixo. Em uma modalidade exemplificadora, a segunda torre de suspensão 22 é de um tipo conhecido na técnica (por exemplo, uma torre de estrutura metálica). Deve-se notar também que conjuntos de roldanas subseqüentes (não mostrados) do primeiro até o segundo conjunto de roldanas 16, 20 também são contemplados.

[059]O puxador 24 é, opcionalmente, de um tipo conhecido na técnica e geralmente serve para puxar o cabo de transmissão 12 do tensionador 14. Em particular, o puxador 24 é adaptado para exercer uma tensão no cabo de transmissão 12, para puxar o cabo de transmissão 12 sobre o primeiro e o segundo conjunto de roldanas 16, 20, ou conjuntos de roldanas adicionais, conforme se deseje.

[060]Em termos de posição relativa, o tensionador 14 é, opcionalmente, espaçado lateralmente, separado do primeiro conjunto de roldanas 16 a uma distância de cerca de três vezes a altura onde o primeiro conjunto de roldanas 16 será mantido. Em seguida, em uma modalidade exemplificadora, o primeiro e o segundo conjunto de roldanas 16 e 20 são espaçados para definir uma amplitude lateral, ou afastamento, na faixa de cerca de 61 m (200 pés) a cerca de 488 m (1.600 pés), apesar do fato de que outras dimensões são contempladas, incluindo de cerca de 61 metros (200 pés) a cerca de 183 metros (600 pés), cerca de 183 metros (600 pés) a cerca de 457 metros (1.500 pés), ou mesmo de cerca de 366 metros (1.200 pés) a cerca de 1.488 metros (1.600 pés), por exemplo. Além disso, conjuntos de roldanas/torres adicionais subseqüentes, opcionalmente definem um afastamento similar, ou outro afastamento conforme as necessidades de aplicações específicas. O puxador 24 é, opcionalmente, espaçado lateralmente, separado do segundo conjunto de roldanas 20 a uma distância de cerca de três vezes a altura onde o segundo conjunto de roldanas 20 será mantido, apesar do fato de que outras dimensões também são contempladas.

[061]Com referência à Figura 1, e tendo em vista o que foi mencionado acima,

um método para instalação de um cabo de transmissão 12 inclui guiar extremidade final 36 do primeiro cabo 26 sobre o primeiro conjunto de roldanas 16 e puxando o primeiro cabo 26 sobre o primeiro conjunto de roldanas 16. Em uma modalidade exemplificadora, uma guia adequada (não mostrada) é unida à extremidade final 36 do primeiro cabo 26, com a guia sendo, então, puxada por um puxador 24 para puxar o primeiro cabo 26 diretamente de um carretel sustentado por um tensionador 14 sobre um primeiro conjunto de roldanas 16.

[062]Conforme mostrado pela linha pontilhada, o cabo de transmissão 12 define uma linha de entrada com um primeiro conjunto de roldanas 16 em uma linha tangente ao cabo de transmissão 12, onde o cabo de transmissão 12 entra primeiro, ou passa por cima primeiro do primeiro conjunto de roldanas 16. Depois, o cabo de transmissão 12 define uma linha de saída com o primeiro conjunto de roldanas 16 em uma linha tangente ao cabo de transmissão 12, sendo que o cabo de transmissão 12 sai, ou não mais atravessa sobre o primeiro conjunto de roldanas 16. O ângulo entre a linha de entrada e a linha de saída no primeiro conjunto de roldanas 16 é descrito como o primeiro ângulo de inserção α do cabo de transmissão 12 sobre o primeiro conjunto de roldanas 16. Em uma modalidade exemplificadora, um maior raio de curvatura geral R_1 é vantajoso, uma vez que o primeiro ângulo de inserção α é relativamente alto. Em particular, o tensionador 14 a partir do qual o cabo de transmissão 12 é diretamente alimentado ao primeiro conjunto de roldanas 16 tem, freqüentemente, uma altura muito mais baixa que o primeiro conjunto de roldanas 16 e também é espaçado lateralmente a uma distância relativamente pequena do primeiro conjunto de roldanas 16, em comparação ao afastamento entre o primeiro e o segundo conjunto de roldanas 16 e 20, por exemplo. Como resultado, um ângulo relativamente alto de entrada no primeiro conjunto de roldanas 16 é, freqüentemente, encontrado.

[063]Uma vez que o tensionador 14 levou o primeiro cabo 26 até a extremidade final 38, o segundo cabo 28 é opcionalmente emendado ou unido ao primeiro cabo 26, com a primeira emenda 32 sendo uma emenda flexível de tensão integral, conforme a referência acima. Em uma modalidade exemplificadora, o segundo cabo 28 é, opcionalmente, mantido em um carretel separado do primeiro cabo 26, com a extremidade inicial 40 do segundo cabo 28 estando unida à extremidade final 38 do primeiro cabo 26, uma vez que o primeiro cabo 26 tenha sido levado até a extremidade

final 38.

[064]Em uma modalidade exemplificadora, o primeiro cabo 26 é puxado sobre um primeiro conjunto de roldanas 16 até a extremidade final 38 do primeiro cabo 26 até que a primeira emenda 32 seja basicamente puxada sobre o primeiro conjunto de roldanas 16, por exemplo, até a posição onde a segunda emenda 34 é mostrada na Figura 1. A primeira emenda 32 é puxada sobre o primeiro conjunto de roldanas 16 no primeiro ângulo de inserção α e com uma tensão associada sendo aplicada na primeira emenda 32 e no primeiro e no segundo cabo 26, 28. Em uma modalidade exemplificadora, a primeira emenda 32 é puxada sobre o primeiro conjunto de roldanas 16 com o primeiro ângulo de inserção α na faixa de cerca de 10 graus a cerca de 40 graus e a uma tensão na faixa de cerca de 5% a cerca de 20% das resistências à ruptura nominais (RBS) do primeiro e do segundo cabos 26 e 28. Deve-se notar que outros primeiros ângulos de ruptura α e tensões também são contemplados. Apesar do fato de que a primeira emenda 32 é flexível, qualquer risco de dano pode ser adicionalmente evitado, mediante o aumento do raio de curvatura geral R_1 para reduzir a quantidade de flexão da primeira emenda 32. Por exemplo, o raio de curvatura R_1 é opcionalmente selecionado para ser substancialmente maior que metade do diâmetro de roldana mínimo do cabo de transmissão 12.

[065]O método inclui, também, guiar a extremidade inicial 36 do primeiro cabo 26 a partir do primeiro conjunto de roldanas 16 até o segundo conjunto de roldanas 20, e puxar o primeiro cabo 26 sobre o segundo conjunto de roldanas 20 até a extremidade final 38 do primeiro cabo 26, até a primeira emenda 32. Conforme mostrado pela linha pontilhada, o cabo de transmissão 12 define uma linha de entrada com o segundo conjunto de roldanas 20 em uma linha tangente ao cabo de transmissão 12, onde o cabo de transmissão 12 entra primeiro, ou passa por cima primeiro do segundo conjunto de roldanas 20. Depois que o cabo de transmissão 12 percorreu o segundo conjunto de roldanas 20, o cabo de transmissão 12 define uma linha de saída com o segundo conjunto de roldanas 20 em uma linha tangente ao cabo de transmissão 12, onde o cabo de transmissão 12 sai, ou não mais atravessa sobre o segundo conjunto de roldanas 20.

[066]Um ângulo entre a linha de entrada e a linha de saída do cabo de transmissão 12 no segundo conjunto de roldanas 20 é descrito como um segundo ângulo de inserção β do cabo de transmissão 12 sobre o segundo conjunto de roldanas 20. Em

uma modalidade exemplificadora, o raio de curvatura geral da roldana 58 não precisa ser tão largo quanto o raio de curvatura geral R_1 do conjunto de roldanas 56, para se assegurar que a primeira emenda 32 não se flexione através de um raio muito pequeno. Em particular, onde o segundo conjunto de roldanas 20 está situado entre o primeiro conjunto de roldanas 16 e um terceiro conjunto de roldanas subsequente (não mostrado), o segundo ângulo de inserção β é, freqüentemente, mais baixo que o primeiro ângulo de inserção α , conforme o cabo de transmissão 12 é alimentado ao segundo conjunto de roldanas 20 a partir do primeiro conjunto de roldanas 16, que está, freqüentemente, a uma altura mais comparável ao segundo conjunto de roldanas 20, em comparação à altura relativa do tensionador 14, e irá alimentar o terceiro conjunto de roldanas, que também deve estar a uma altura mais comparável ao segundo conjunto de roldanas 20. Em outras palavras, os ângulos de "torre-para-torre," ou "roldana-para-roldana," são, tipicamente, muito menores que o primeiro ângulo de "solo-para-torre," ou "solo-para-roldana," e o último ângulo de "torre-para-solo," ou "roldana-para-solo".

[067]O primeiro cabo 26 é, opcionalmente, puxado sobre o primeiro conjunto de roldanas 16 até a extremidade final 38, e a primeira emenda 32 é puxada sobre o segundo conjunto de roldanas 20, por exemplo, até a posição representada genericamente na Figura 1. A primeira emenda 32 é puxada sobre um segundo conjunto de roldanas 20 no segundo ângulo de inserção β e com uma tensão associada sendo exercida no primeiro e no segundo cabo 26, 28. Em uma modalidade exemplificadora, a primeira emenda 32 é puxada sobre um segundo conjunto de roldanas 20 em um segundo ângulo de inserção β na faixa de cerca de 10 graus a cerca de 40 graus, e com uma tensão na faixa de cerca de 5% a cerca de 20% das resistências à ruptura nominais (RBS) do primeiro e do segundo cabos 26 e 28. Deve-se notar que outros segundos ângulos de ruptura β e tensões também são contemplados. Apesar do fato de que a primeira emenda 32 é flexível, alguns riscos de dano podem ser adicionalmente evitados, mediante o aumento do diâmetro geral da roldana 58, para reduzir a quantidade de flexão da primeira emenda 32. Em uma modalidade exemplificadora, o diâmetro da roldana 58 do segundo conjunto de roldanas 20 é selecionado para ser substancialmente maior que o diâmetro de roldana mínimo do cabo de transmissão 12.

[068]Apesar do fato de que a primeira emenda 32 é mostrada como sendo puxada sobre dois conjuntos de roldanas, em uma modalidade exemplificadora, a

primeira emenda 32 é puxada sobre conjuntos de roldanas adicionais, por exemplo, conjuntos de roldanas substancialmente similares ao primeiro ou ao segundo conjunto de roldanas 18, 20. Adicionalmente, em uma modalidade exemplificadora, a segunda emenda 34 é formada entre o segundo e o terceiro cabo 28, 30 de uma maneira substancialmente similar àquela descrita em associação com a primeira emenda 32. Adicionalmente, a segunda emenda 34 é opcionalmente puxada sobre o primeiro conjunto de roldanas 16, o segundo conjunto de roldanas 20, ou qualquer quantidade de conjuntos de roldanas subseqüentes, de uma maneira substancialmente similar aquela descrita em associação com a primeira emenda 32.

[069]O sistema e método acima descritos fornecem várias vantagens. Por exemplo, uma emenda flexível de tensão integral permanente é empregada entre os comprimentos de cabo, ao invés de se puxar o cabo de transmissão 12 usando-se conectores mecânicos temporários, como emendas de malha metálica, também descritas como emendas de revestimento. Desta maneira, uma emenda permanente não precisa ser instalada num momento posterior, reduzindo as etapas de instalação e aumentando a eficiência. Além disso, problemas associados a instalação de emendas permanentes, com base no posicionamento do cabo são reduzidos, por exemplo, onde o instalador do cabo de transmissão 12 não tem o campo de acesso necessário para instalar o meio da emenda entre os conjuntos de roldanas.

[070]Conforme mencionado acima, cabos que incluem fios compósitos são particularmente úteis em cabos de transmissão de energia elétrica suspensos. O cabo de transmissão 12, de acordo com a presente invenção, pode ser homogêneo (ou seja, incluir apenas um tipo de fio compósito) ou não-homogêneo (ou seja, incluir uma pluralidade de fios secundários, como fios de metal). Como um exemplo de um cabo não-homogêneo, o núcleo do cabo de transmissão 12 pode incluir uma pluralidade de fios compósitos, incluindo fibras de reforço posicionadas longitudinalmente com um revestimento externo que inclui uma pluralidade de fios secundários (por exemplo, fios de alumínio). Cabos, de acordo com a presente invenção, podem conter fios compósitos de material de matriz metálico ou material de matriz polimérico, por exemplo.

[071]Adicionalmente, cabos, de acordo com a presente invenção, podem ser trançados. Um cabo trançado inclui, tipicamente, um fio central e uma primeira camada de fios entrelaçados em formato helicoidal ao redor do fio central. Entrelaçamento do cabo

é um processo em que filamentos individuais de fio são combinados em uma disposição helicoidal para produzir um cabo terminado (vide, por exemplo, as Patentes U.S. nº 5.171.942 (Powers) e 5.554.826 (Gentry)). O cabo de fios entrelaçados em formato helicoidal resultante fornece muito mais flexibilidade do que o que estaria disponível a partir de uma haste sólida de área em seção transversal equivalente. A disposição helicoidal também é benéfica, pois o cabo trançado mantém um formato circular em seção transversal de ponta a ponta, quando o cabo é submetido à flexão durante manuseio, instalação e uso. Cabos enrolados em formato helicoidal podem conter de 7 filamentos individuais a construções mais comuns contendo 50 filamentos ou mais.

[072]Um cabo de transmissão de energia elétrica exemplificador, ou cabo de transmissão, de acordo com a presente invenção, é mostrado na Figura 3, onde o cabo de transmissão de energia elétrica 130, de acordo com a presente invenção, pode ser o núcleo 132 de dezenove fios compósitos (por exemplo, compósito de matriz metálica) 134 individuais circundados por um revestimento 136 de trinta fios de metal (por exemplo, fios de alumínio ou de liga de alumínio) 138 individuais. Da mesma forma, conforme mostrado na Figura 4, como uma de diversas alternativas, o cabo suspenso de transmissão de energia elétrica 140, de acordo com a presente invenção, pode ser o núcleo 142 de trinta e sete fios compósitos (por exemplo, compósito de matriz metálica) 144 individuais, circundados por um revestimento 146 de vinte e um fios de metal (fios de alumínio ou de liga de alumínio) 148 individuais.

[073]A Figura 5 ilustra ainda outra modalidade exemplificadora do cabo trançado 80. Nesta modalidade, o cabo trançado inclui um fio compósito (por exemplo, compósito de matriz metálica) 81A central e uma primeira camada 82A de fios compósitos (por exemplo, compósito de matriz metálica) que foram enrolados em formato helicoidal ao redor do fio compósito (por exemplo, compósito de matriz metálica) 81A central. Esta modalidade inclui, ainda, uma segunda camada 82B de fios compósitos (por exemplo, compósito de matriz metálica) 81 que foram trançados em formato helicoidal ao redor da primeira camada 82A. Qualquer número adequado de fios compósitos (por exemplo, compósito de matriz metálica) 81 pode estar incluído em qualquer camada. Além disso, mais de duas camadas podem estar incluídas no cabo trançado 80, caso se deseje.

[074]Cabos, de acordo com a presente invenção, podem ser usados por si

só ou podem ser usados como o núcleo de um cabo de maior diâmetro. Além disso, o cabo, de acordo com a presente invenção, pode ser um cabo trançado de uma pluralidade de fios com um meio de sustentação ao redor da pluralidade de fios. O meio de sustentação pode ser um revestimento de fita (vide, por exemplo, o revestimento de fita 83 mostrada na Figura 5), com ou sem adesivo, ou uma faixa.

[075]Cabos trançados, de acordo com a presente invenção, são úteis em numerosas aplicações. Acredite-se que tais cabos trançados sejam particularmente desejáveis para uso em cabos suspensos de transmissão de energia elétrica, devida a sua combinação de baixo peso, alta resistência, boa condutividade elétrica, baixo coeficiente de expansão térmica, uso de altas temperaturas e resistência à corrosão.

[076]Uma vista de extremidade de uma modalidade exemplificadora de tal cabo de transmissão é ilustrada na Figura 6, como um cabo de transmissão 90. O cabo de transmissão 90 inclui um núcleo 91 que pode ser qualquer um dos núcleos trançados aqui descritos. O cabo de transmissão 90 de energia inclui, também, pelo menos uma camada condutora ao redor do núcleo 91 entrelaçado. Conforme ilustrado, o cabo de transmissão de energia inclui duas camadas condutoras 93A e 93B. Mais camadas condutoras podem ser usadas, conforme se deseje. Em algumas modalidades, cada camada condutora compreende uma pluralidade de fios condutores. Materiais adequados para os fios condutores incluem alumínio e ligas de alumínio. Os fios condutores podem ser entrelaçados ao redor do núcleo 91 trançado por um equipamento de entrelaçamento de cabos adequado, conforme é conhecido na técnica.

[077]Em outras aplicações, em que o cabo trançado será usado como um artigo final por si só, ou em que ele será usado como um artigo intermediário ou componente em um artigo subsequente diferente, é desejável que o cabo trançado seja isento de camadas condutoras de energia elétrica ao redor da pluralidade de fios compósitos 81 de matriz metálica.

[078]Detalhes adicionais com relação aos cabos produzidos a partir de fios compósitos são apresentados, por exemplo, nas Patentes U.S. Nº 6.180.232 (McCullough et al.), 6.245.425 (McCullough, et al.), 6.329.056 (Deve, et al.), 6.336.495 (McCullough et al.), 6.344.270 (McCullough et al.), 6.447.927 (McCullough et al.), 6.460.597 (McCullough et al.), 6.485.796 (Carpenter et al.), 6.544.645 (McCullough et al.), 6.559.385 (Johnson et al.), 6.692.842 (McCullough et al.), 6.723.451 (McCullough et

al.), 6.796.365 (McCullough et al.), 6.913.838 (McCullough et al.), 7.093.416 (Johnson et al.) e 7.131.308 (McCullough et al.); publicações de patente U.S. Nº 2005/0181228-A1, publicadas em 18 de Agosto de 2005, publicação de patente U.S. Nº 2006/0102377-A1, publicada em 18 de Maio de 2006 e a publicação de patente U.S. Nº 2006/0102378-A1, publicada em 18 de Maio de 2006; pedido de depósito U.S. contendo o Nº Serial 10/403.643, depositado em 31 de Março de 2003, pedido de depósito U.S. contendo o Nº Serial 11/317.608, depositado em 23 de Dezembro de 2005, pedido de depósito U.S. contendo o Nº Serial 11/318,368, depositado em 23 de Dezembro de 2005 e pedido de depósito U.S. contendo o Nº Serial 10/870.262, depositado em 17 de Junho de 2004; e Pedidos PCT contendo os Nº de publicação WO 97/00976, publicado em 21 de Maio de 1996, WO 2003/091008A, publicado em 6 de Novembro de 2003 e WO 2005/040017A, publicado em 6 de Maio de 2005. Cabos contendo compósitos de matriz de alumínio também estão disponíveis, por exemplo, junto à 3M Company, sob a designação comercial "403 mm² (795 kcmil) ACCR".

[079]As vantagens e modalidades desta invenção são ilustradas, ainda, pelos exemplos a seguir, porém, os materiais e quantidades específicos citados nesses exemplos, bem como as condições e detalhes, não devem ser interpretados indevidamente como limitadores desta invenção. Todas partes e porcentagens são medidas, em peso, exceto onde indicado em contrário.

EXEMPLOS

EXEMPLO 1

[080]O fio para o cabo do Exemplo 1 foi preparado da seguinte forma. O fio foi feito usando-se o aparelho 60 mostrado na Figura 7. Sete (7) maços de 10.000 fibras denier alfa de alumina (comercializados pela 3M Company, St. Paul, MN sob a designação comercial "NEXTEL 610") foram supridos a partir de uma bobina de alimentação 62, colimados em um feixe circular, e limpos por calor passando-os através de um tubo de alumina 63 de 3 metros (9,8 pés) de comprimento aquecido à 1.100 °C a 549 cm/min (216 polegadas/min). As fibras 61 limpas por calor foram, então, evacuadas em uma câmara de vácuo 64 antes de entrar no cadinho 65 contendo material fundido (metal fundido) 75 de material de matriz de alumínio metálico (99.99% Al) (obtido junto à Beck Aluminum Co., Pittsburgh, PA, EUA). As fibras foram puxadas das bobinas de alimentação 62 por um puxador automático 70. Sondas ultra-sônicas

66 e 66A foram posicionadas no material fundido 75, próximas à fibra, para ajudar na infiltração do material fundido 75 nos maços de fibras 61. O metal fundido do fio 71 é resfriado e solidificado após sair do cadinho 65, através da matriz de saída 68, apesar do fato de que algum resfriamento provavelmente ocorreu antes que o fio 71 saísse completamente do cadinho 65. Adicionalmente, o resfriamento do fio 71 foi intensificado por correntes de ar liberadas através de um dispositivo de resfriamento 69 que colidiram com o fio 71 a uma taxa de fluxo de 160 litros por minuto. O fio 71 foi coletado na bobina 72.

[081]Fibras 61 foram evacuadas antes de entrar no material fundido 75. A pressão na câmara de vácuo foi de cerca de 27 Pa (200 millitorr). O sistema de vácuo 64 tinha um tubo de entrada de alumina de 25 cm de comprimento, dimensionado para se equiparar ao diâmetro do feixe da fibra 61. A câmara de vácuo 64 tinha 21 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. A capacidade da bomba de vácuo era de 0,37 m³/minuto. As fibras 61 evacuadas foram inseridas em um material fundido 75 através de um tubo no sistema de vácuo 64 que penetrava o banho metálico (ou seja, as fibras 61 evacuadas estavam sob vácuo quando foram introduzidas no material fundido 75). O diâmetro interno da saída do tubo combinava com o diâmetro do feixe de fibra 61. Uma porção da saída do tubo foi imersa no metal fundido até uma profundidade de 3 mm (0,125 polegadas).

[082]Infiltração do metal fundido 75 nas fibras 61 foi intensificada mediante o uso de hastes vibratórias 66, 66A com 19,8 cm (7,8 polegadas) de distância entre si, e colocadas à 3,2 cm (1,25 polegadas) dentro do metal fundido 75, de modo que as hastes estavam em posição próxima às fibras 61. As hastes 66, 66A foram acionadas para vibrar a 19,7 kHz e a uma amplitude em ar de 0,018 mm (0,0007 polegadas). As hastes 66, 66A foram conectados à guias de onda de titânio (feitas a partir de uma haste de matéria-prima de titânio Ti6-4 de 31,8 mm (1,25 polegadas) de diâmetro da Titanium Industries, Chicago, IL, EUA) por meio de um ajuste por encolhimento a calor a outras guias de onda de titânio (ou seja, haviam quatro guias de onda de titânio sendo usadas) que estavam (ou seja, os duas últimas guias de onda de titânio), por sua vez, conectadas a um amplificador ultra-sônico (ou seja, haviam dois amplificadores ultra-sônicos), que, por sua vez, estavam conectados a um transdutor (ou seja, haviam dois transdutores; o amplificador ultra-sônico e o transdutor ultra-sônico foram obtidos junto à Sonics & Materials, Danbury, CT).

[083]As fibras 61 estavam a 1,3 mm dentro das pontas da haste, em relação a linha central da fibra. As pontas da haste foram feitas com uma mistura de nitreto de silício e alumina ("SIALON"; obtido junto à Consolidated Ceramics, Blanchester, OH, EUA). As pontas de cerâmica da haste foram moldadas em um cilindro de 30,5 cm (12 polegadas) de comprimento e 2,5 cm (1 polegada) de diâmetro. As pontas de cerâmica da haste foram prensadas por um sulco em "V" cruzado de 90°, com 0,5 mm (0,020 polegadas) de profundidade, com uma distância de centro a centro de 0,25 cm (0,1 polegada). O cilindro foi ajustado para a frequência de vibração desejada de 19,7 kHz, mediante a alteração do seu comprimento.

[084]O metal fundido 75 foi desgaseificado (por exemplo, reduzindo-se a quantidade de gás (por exemplo, hidrogênio) dissolvido no metal fundido) antes da infiltração. Uma unidade portátil giratória de desgaseificação (obtida junto à Brumund Foundry, Inc, Chicago, IL, EUA) foi usada. O gás usado foi o argônio, a taxa de fluxo do argônio foi de 1,05 litros por minuto, a velocidade foi fornecida pelo fluxo de ar ao motor, ajustado para 50 litros por minuto, e a duração foi de 60 minutos.

[085]A matriz de saída 68 de nitreto de silício foi configurada para fornecer o diâmetro do fio desejado. O diâmetro interno da matriz de saída foi de 2,08 mm (0,082 polegadas).

[086]O núcleo trançado foi trançado em um equipamento de entrelaçamento na Wire Rope Company em Montreal, Canadá. O cabo tinha um fio no centro, seis fios na primeira camada numa posição à esquerda e, então, doze fios em uma segunda camada (externa), numa posição à direita. Antes de serem enrolados juntos em formato helicoidal, os fios individuais foram fornecidos em carretéis separados que foram, então, colocados em dois carros movidos a motor do equipamento de entrelaçamento. O primeiro carro segurava os seis carretéis para a primeira camada do cabo trançado final e o segundo carro segurava os doze carretéis para a segunda camada do cabo trançado. Os fios de cada camada foram colocados juntos na saída do carro e foram dispostos sobre o fio ou camada precedente. Durante o processo de entrelaçamento do cabo, o fio central foi puxado através do centro do carro, com cada carro adicionando uma camada ao cabo trançado. Os fios individuais adicionados em cada camada foram simultaneamente puxados de seus respectivos carretéis, enquanto iam sendo rotacionados ao redor do eixo central do cabo pelo carro movido a motor. O resultado foi um núcleo

trançado em formato helicoidal.

[087]O núcleo trançado foi envolvido com fita adesiva, usando-se um equipamento de colocação de fita convencional (Cabeçote de aplicação de fita concêntrico modelo 300 da Watson Machine International, Paterson, NJ, EUA). A parte posterior da fita era uma fita de papel alumínio com fibra de vidro, e tinha um adesivo de silicone sensível à pressão (obtido sob a designação comercial "FOIL/GLASS CLOTH TAPE 363" junto à 3M Company, St. Paul, MN, EUA). A espessura total da fita 18 era de 0,18 mm (0,0072 polegadas). A fita tinha 1,90 cm (0,75 polegadas) de largura.

[088]O diâmetro no núcleo terminado era nominalmente $10,4 \pm 0,25$ mm ($0,410 \pm 0,01$ polegadas) e os comprimentos de extensão das camadas entrelaçadas eram nominalmente 41,1 cm (16,2 polegadas) com uma extensão à esquerda para a primeira camada e 68,8 cm (27,1 polegadas) e com uma extensão à direita para a segunda camada (externa).

[089]Os fios de liga de alumínio foram preparados com hastes de alumínio/zircônio (de 9,8 mm (0,386 polegadas) de diâmetro); obtidos junto à Lamifil N.V., Hemiksem, Bélgica, sob a designação comercial "ZTAL"). Propriedades exigidas mínimas são uma resistência à tração de 120,0 MPa (17.400 psi), um alongamento de 10,0%, e uma condutividade elétrica de 60,5% IACS. As hastes foram trazidas à temperatura ambiente usando-se cinco matrizes, conforme é conhecido na técnica. As matrizes de estiramento (obtidas junto à Bronson & Bratton, Burr Ridge, IL) foram feitas de carbureto de tungstênio e tinham uma superfície de matriz altamente polida, conforme recebidas. A geometria da matriz de carbureto de tungstênio tinha um ângulo de entrada de 60°, um ângulo de redução de 16 a 18°, um comprimento de rolamento de 30% do diâmetro da matriz, e um ângulo de relevo posterior de 60°. A matriz foi lubrificada e resfriada usando-se um óleo de estiramento. O sistema de estiramento liberou o óleo a uma taxa ajustada na faixa de 60-100 litros por minuto por matriz, com a temperatura ajustada na faixa de 40-50°C.

[090]Esse fio foi, então, enrolado em carretéis. Várias propriedades dos fios resultantes produzidos a partir das respectivas 6 hastes de matéria-prima estão mencionadas na tabela 2, abaixo.

TABELA 2

Haste de matéria prima a partir	Diâmetro, mm	Resistência à tração,	Alongamento ,	Condutividade, IACS %
---------------------------------	--------------	-----------------------	---------------	-----------------------

da qual o fio foi feito	(polegada)	MPa (psi)	%	
Camada Interna				
1	4,44 (0,1748)	166,6(24.168)	4,9	60,4
2	4,43 (0,1744)	170,1 (24.670)	4,9	60,6
3	4,43 (0,1744)	169,5 (24.586)	5,5	60,3
4	4,43 (0,1744)	168,4 (24.418)	4,9	60,7
5	4,43 (0,1744)	171,3 (24.849)	4,9	60,4
6	4,43 (0,1744)	174,5 (25.309)	4,9	60,0

[091]O cabo usado para teste de roldana foi feito como um lote de oito cabos, usando-se os fios dos 6 fios diferentes apresentados na tabela 2, acima. Havia 26 carretéis carregados no equipamento de entrelaçamento, 10 fios para entrelaçamento da primeira camada interna, 16 fios para entrelaçamento da segunda camada externa, e fio foi tirado de um subconjunto desses para teste, que eram os "carretéis de amostra".

[092]Um cabo foi produzido pela Nexans, Weyburn, SK, Canadá, usando-se uma máquina de entrelaçamento com sistema planetário de transmissão convencional, bem como o núcleo e os fios (internos e externos). Um desenho esquemático do aparelho 180 para fabricação do cabo é mostrado nas Figuras 8, 8A e 8B.

[093]A bobina do núcleo 181 foi fornecida no início de uma máquina de entrelaçamento com sistema planetário de transmissão convencional 180, sendo que a bobina 181 estava livre para rodar, com uma tensão capaz de ser aplicada por meio de um sistema de freio. A tensão aplicada ao núcleo durante o desenrolamento foi de 45 kg (100 lbs.). O núcleo foi trazido à temperatura ambiente (cerca de 23°C (73°F)). O núcleo foi enrolado ao redor do centro dos carretéis 182, 183, através de matrizes

de fechamento 184 e 185, ao redor de um mecanismo de cabrestante 186 e fixado à bobina convencional de enrolamento ((de 152 cm (60 polegadas de diâmetro)) 187.

[094]Antes da aplicação de camadas 189 de entrelaçamento externas, fios individuais foram fornecidos em carretéis separados 188 que foram colocados em um certo número de carros movidos a motor 182 e 183 do equipamento de entrelaçamento. A faixa de tensão necessária para puxar o fio 89 dos carretéis 188 foi ajustada para ficar na faixa de 11-14 kg (25-30 lbs.). Estações de entrelaçamento consistem em um carro e uma matriz de saída. Em cada estação de entrelaçamento, fios 189 de cada camada foram colocados juntos na saída de cada carro nas matrizes de saída 184 e 185, respectivamente, e dispostos sobre um fio central ou sobre a camada precedente, respectivamente. Deste modo, o núcleo passou através de duas estações de entrelaçamento. Na primeira estação 10, fios foram trançados sobre o núcleo numa posição à esquerda. Na segunda estação 16, fios foram trançados sobre a camada anterior numa posição à direita.

[095]O material do núcleo e os fios de uma dada camada foram colocados em contato por meio de uma matriz de fechamento 184 e 185, conforme aplicável. As matrizes de fechamento eram cilindros (vide Figuras 8A e 8B) e foram mantidas em posição mediante o uso de parafusos. As matrizes foram feitas de náilon e eram capazes de ser completamente fechadas.

[096]O cabo terminado foi passado através de um mecanismo de cabrestante 186, e foi, por fim, enrolado em uma bobina de enrolamento 187 (de 107 cm de diâmetro (42 polegadas)).

[097]A camada interna consistiu em 10 fios com uma camada externa de 19,3 mm (0,760 polegadas) de diâmetro, uma massa por unidade de comprimento da camada interna de 422 kg/km (283,2 lbs./kft.) com uma extensão à esquerda de 27,4 cm (10,8 polegadas). Os blocos de fechamento (produzidos a partir de náilon) para a camada interna foram ajustados a um diâmetro interno de 19,3 mm (0,760 polegadas). Desde modo, os blocos de fechamento foram ajustados exatamente no mesmo diâmetro que o diâmetro do cabo.

[098]A camada externa consistiu em 16 fios, com uma camada externa de 28,1 mm (1,106 polegadas), com uma massa por unidade de comprimento da camada externa de alumínio de 691,0 kg/km (463,1 lbs./kft.) com uma extensão à direita de

30 cm (11,8 polegadas). A massa total por unidade de comprimento dos fios de liga de alumínio foi de 1.109 kg/km (743,6 lbs./kft.), a massa total por unidade de comprimento do núcleo foi de 229,0 kg/km (153,5 lbs./kft.) e a massa condutora total por unidade de comprimento foi de 1.342 kg/km (899,8 lbs./kft.). Os blocos de fechamento (produzidos a partir de náilon) para a camada externa foram ajustados a um diâmetro interno de 28 mm (1,1 polegadas). Desde modo, os blocos de fechamento foram ajustados exatamente no mesmo diâmetro que o diâmetro final do cabo.

[099]A tensão do fio interno e do fio externo (como carretéis de desenrolamento) foi medida usando-se um medidor de tensão de mão (obtido junto à McMaster-Card, Chicago, IL, EUA) e ajustado para ficar na faixa de 13,5-15 kg (29-33 lbs.) e a tensão de desenrolamento do núcleo foi ajustada por interrupção, usando-se o mesmo método de medição dos carretéis a cerca de 90 kg (198 lbs.). Adicionalmente, nenhum alinhador foi usado, e o cabo foi enrolado. O núcleo foi trazido à temperatura ambiente (cerca de 23 °C (73 °F)).

[100]Com referência à Figura 9, uma instalação para teste 200 foi empregada para testar o cabo condutor 202 resultante, utilizando-se o seguinte método de teste. Uma seção de 12,2 metros (40 pés) do cabo condutor 202 foi estendida de forma linear sobre o chão. Uma única 49 peça de metro (160 pés) de corda de baixa extensão 204 (obtido junto à Wall Industries, Spencer, SC, EUA, sob a designação comercial "UNILINE") foi unida a cada extremidade do cabo condutor 202 usando-se alças de estiramento (não mostradas), formando um laço de 61 metros (200 pés). Em particular, em cada extremidade da corda de baixa extensão, emendas de malha metálica foram instaladas, e em cada extremidade da seção do cabo condutor, emendas de malha metálica foram unidas. Os laços da emenda de malha metálica nas extremidades da corda 204 e do cabo condutor 202 foram colocados juntos e fixados juntos usando-se um acoplamento giratório (não mostrado). A seção do cabo condutor do laço foi, então, cortada pela metade e reconectada com uma emenda flexível de tensão integral 206 (obtida junto à Preformed Line Products, Cleveland, OH, EUA, sob a designação comercial "THERMOLIGN"; número de peça TLSP-795). Extremidades da emenda 206 foram cobertas com fita para evitar que as hastes da emenda 206 ficassem presas na roldana 214.

[101]O laço resultante contendo a corda de baixa extensão 204, o cabo

condutor 202 e a emenda 206 foi, então, instalado na instalação para teste 200. A instalação para teste 200 consistia de três roldanas, a primeira, uma roldana de orientação fixa 210 para guiar o laço de corda 204, o cabo condutor 202 e a emenda 206 na direção indicada pela seta, a segunda, uma roldana de tensão variável 212 para dar força (F) ao laço, e a terceira, uma roldana 214 equipada com uma célula de carga 216. A primeira roldana de orientação fixa 210 tinha um diâmetro de 140 cm (55 polegadas), a segunda roldana de tensão variável 212 tinha um diâmetro de 140 cm (55 polegadas), e a terceira roldana 214 tinha um diâmetro de 92 cm (36 polegadas). O cabo condutor 202 e a emenda 206 foram puxados sobre a terceira roldana 214 a um ângulo de inserção θ de 18,7 graus a uma % de tensão RBS na faixa de 16,3% a 17,3%.

[102]O ângulo de inserção θ foi ajustado alterando-se a posição da segunda roldana 212 ou ajustando-se o comprimento do laço de corda 204, cabo condutor 202 e emenda 204. Ângulos de ruptura previstos foram ajustados no campo, e ângulos de ruptura reais foram mais tarde medidos com precisão por processamento de imagem de fotografias digitais da instalação para teste 200. A % de tensão RBS (T) no laço foi monitorada usando-se a força resultante (R) medido pela célula de carga 216, usando-se a equação $T = R/2\sin(\theta/2)$. Durante o teste, a % de tensão RBS oscilou devido ao estiramento do laço e foi ajustada a partir da segunda roldana 212, durante o teste.

[103]O cabo condutor 202 e a emenda 206 circularam sobre a terceira roldana 214 mediante ao estiramento do cabo condutor 202 e da emenda 206 sobre a terceira roldana 214, parando o cabo condutor 202 e a emenda 206 antes de passar sobre a primeira ou a segunda roldana 210 ou 212, removendo, então, a tensão na corda 204, no cabo condutor 202 e na emenda 206 do laço, e reiniciando a seqüência. Durante a circulação, os operadores do teste procuraram por qualquer ruído acústico, como "cliques", o que indicaria uma ruptura no núcleo do fio compósito. Depois de circular o cabo condutor 202 e a emenda 206 vinte vezes sobre a terceira roldana 214, o cabo condutor 202 e a emenda 206 foram desmontados e os fios do cabo condutor foram visualmente inspecionados a procura de danos. A inspeção visual dos fios indicou que não houveram danos significativos. Adicionalmente, a emenda 206 não mostrou sinais de distorção ou deformação permanente. Além disso, nenhum clique ou outros avisos sonoros foram observados. Conseqüentemente, concluiu-se que não houveram danos

significativos ao cabo ou emenda.

EXEMPLO 2

[104]O procedimento descrito no exemplo 1 foi seguido para o exemplo 2, exceto pelo fato de que a terceira roldana 214 era um conjunto de seis roldanas móveis de 18 cm (7 polegadas) de diâmetro dispostas ao longo de um arco de 45 graus para definir um raio eficaz geral de 152 cm (60 polegadas) e o teste foi realizado a um ângulo de inserção θ de 29,6 graus e a uma % de tensão RBS na faixa de 9,7% a 11%. Após circular sobre a terceira roldana 214 3 vezes, o cabo condutor 202 e a emenda 206 foram desconectados e os fios do cabo condutor foram visualmente inspecionados a procura de danos. Nenhum clique ou outro aviso sonoro foi observado. A inspeção visual dos fios indicou que não houveram danos significativos. Adicionalmente, a emenda 206 não mostrou sinais de distorção ou deformação permanente. Consequentemente, concluiu-se que não houveram danos significativos ao cabo ou emenda.

EXEMPLO 3

[105]O procedimento descrito no exemplo 2 foi seguido para o exemplo 3, exceto pelo fato de que a terceira roldana 214 era o mesmo conjunto de seis roldanas móveis de 18 cm (7 polegadas) de diâmetro com o teste realizado a um ângulo de inserção de 33,8 graus e a uma % de tensão RBS na faixa de 16,6% a 17,4%. Após circular sobre a terceira roldana 214 três vezes, o cabo condutor 202 e a emenda 206 foram desconectados e os fios do cabo condutor foram visualmente inspecionados a procura de danos. Nenhum clique ou outro aviso sonoro foi observado. A inspeção visual dos fios indicou que não houveram danos significativos. Adicionalmente, a emenda 206 não mostrou sinais de distorção ou deformação permanente. Consequentemente, concluiu-se que não houveram danos significativos ao cabo ou emenda.

EXEMPLO 4

[106]O procedimento descrito no exemplo 2 foi seguido para o exemplo 4, exceto pelo fato de que a terceira roldana 214 era o mesmo conjunto de seis roldanas móveis de 18 cm (7 polegadas) de diâmetro, com o teste sendo realizado a um ângulo de inserção de 39 graus e a uma % de tensão RBS na faixa de 10,1% a 10,6%. Após circular sobre a roldana de teste três vezes, o cabo condutor 202 e a emenda 206 foram desconectados e os fios do cabo condutor foram inspecionados visualmente a procura de danos. Nenhum clique ou outro aviso sonoro foi observado. A inspeção

visual dos fios indicou que não houveram danos significativos. Adicionalmente, a emenda 206 não mostrou sinais de distorção ou deformação permanente. Conseqüentemente, concluiu-se que não houveram danos significativos ao cabo ou emenda.

EXEMPLO COMPARATIVO A

[107]O procedimento descrito no Exemplo 1 foi seguido para o exemplo comparativo A, exceto pelo fato de que a terceira roldana 214 tinha um diâmetro de 71 cm (28 polegadas), com o teste sendo realizado a um ângulo de inserção de 33 graus e a uma % de tensão RBS na faixa de 8,7% a 10,1%. Adicionalmente, não se aplicou nenhuma emenda, a seção do cabo condutor foi contínua. Além disso, o laço não foi descarregado e invertido após cada ciclo, mas foi guiado de maneira contínua ao redor de todo o laço enquanto estava sob a tensão de teste. Após o primeiro ciclo, um "clique" audível foi escutado conforme o cabo condutor 202 saiu da terceira roldana 214, na região da emenda de malha metálica, na extremidade final do cabo condutor 202. O teste foi interrompido após 5 ciclos. Após circular sobre a terceira roldana 214 cinco vezes, o cabo condutor 202 foi desconectado e os fios do cabo condutor foram visualmente inspecionados a procura de danos. A inspeção visual dos fios indicou que havia um fio do núcleo rompido na transição do cabo condutor 202 à emenda de malha metálica do lado da extremidade final do cabo condutor 202. Os fios restantes estavam intactos e não indicaram outros danos significativos. Conseqüentemente, concluiu-se que houveram danos significativos ao cabo condutor 202, devido à presença da emenda de malha metálica.

EXEMPLO COMPARATIVO B

[108]O procedimento descrito no exemplo comparativo A foi seguido para o exemplo comparativo B, exceto pelo fato de que, apesar do fato de que a terceira roldana 214 teve o mesmo diâmetro de 71 cm (28 polegadas), o teste foi realizado a um ângulo de inserção de 33 graus e a uma % de tensão RBS na faixa de 7,3% a 7,9%. Após circular sobre a terceira roldana 214 vinte vezes, o cabo condutor 202 foi desconectado e os fios do cabo condutor foram visualmente inspecionados a procura de danos. Nenhum clique ou outro aviso sonoro foi observado. A inspeção visual dos fios indicou que não houveram danos significativos. Conseqüentemente, concluiu-se que não houveram danos significativos ao cabo condutor 202.

[109]Muito embora as modalidades específicas tenham sido ilustradas e

descritas no presente documento, será avaliado pelos elementos versados na técnica que uma variedade de implementações alternativas e/ou equivalentes podem servir como substitutas para as modalidades específicas mostradas e descritas sem divergir do escopo da presente invenção. Esta aplicação é destinada a cobrir quaisquer adaptações ou variações das modalidades específicas aqui discutidas. Portanto, destina-se que esta invenção seja limitada apenas pelas reivindicações e pelos equivalentes das mesmas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de instalação de um cabo de transmissão elétrica (12), **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

fornecer um primeiro cabo (26) que compreende pelo menos um fio compósito, com o primeiro cabo (26) contendo uma primeira extremidade e uma segunda extremidade;

fornecer um segundo cabo (28) que compreende pelo menos um fio compósito, o segundo cabo (28) contendo uma primeira extremidade e uma segunda extremidades, sendo que cada um dos fios compósitos do primeiro e do segundo cabo (26, 28) compreende uma pluralidade de fibras substancialmente contínuas que se estendem longitudinalmente em um material de matriz;

unir a segunda extremidade do primeiro cabo (26) com a primeira extremidade do segundo cabo (28) por meio de uma emenda flexível de tensão integral;

guiar a primeira extremidade do primeiro cabo (26) através de um primeiro conjunto de roldanas (16);

puxar o primeiro cabo (26) através do primeiro conjunto de roldanas até a segunda extremidade do primeiro cabo (26); e

puxar a emenda flexível de tensão integral através do primeiro conjunto de roldanas (16).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de fibras substancialmente contínuas que se estendem longitudinalmente é selecionada de uma dentre fibras de cerâmica, fibras de carbono e misturas das mesmas.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material de matriz de cada um dos fios compósitos é um metal selecionado a partir de um de alumínio, titânio, zinco, estanho, magnésio e ligas dos mesmos.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material de matriz de cada um dos fios compósitos é um polímero.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a emenda flexível de tensão integral é uma emenda de haste helicoidal de tensão integral.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de

que a emenda flexível de tensão integral é puxada através do primeiro conjunto de roldanas (16) em um ângulo de inserção em uma faixa de cerca de 10 graus a cerca de 40 graus.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e o segundo cabos (26, 28) têm cada um uma resistência à ruptura nominal, e sendo que a emenda flexível de tensão integral é puxada através do primeiro conjunto de roldanas (16) a uma tensão em uma faixa de cerca de 5% a cerca de 20% das resistências à ruptura nominais de cada um do primeiro e do segundo cabos (26, 28).

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro e o segundo cabos (26, 28) são isentos de um núcleo de aço.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro conjunto de roldanas (16) compreende uma disposição de roldanas dispostas ao longo de um arco.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que guiar a primeira extremidade do primeiro cabo (26) através da roldana (58) compreende:

puxar o primeiro e o segundo cabos (26, 28) ao longo de uma trajetória direta a partir de um carretel, mantendo o primeiro e o segundo cabos (26, 28) através do primeiro conjunto de roldanas (16).

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

guiar a primeira extremidade do primeiro cabo (26) do primeiro conjunto de roldanas (16) através de um segundo conjunto de roldanas (20), com o primeiro e o segundo conjuntos de roldanas (16, 20) espaçados entre si para definir uma distância de afastamento;

puxar o primeiro cabo (26) através do segundo conjunto de roldanas (20) até a segunda extremidade do primeiro cabo (26); e

puxar a emenda flexível de tensão integral através do segundo conjunto de roldanas (20).

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a distância de afastamento está em uma faixa de cerca de 61 a cerca de 488 m

(cerca de 200 a cerca de 1.600 pés).

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro conjunto de roldanas (16) define um raio de curvatura geral de pelo menos cerca de 91 cm (36 polegadas).

14. Método de instalação de um cabo de transmissão elétrica (12), **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

fornecer um cabo de transmissão elétrica (12) que se estende a partir de uma primeira extremidade até uma segunda extremidade, sendo que tal cabo (12) inclui uma emenda flexível de tensão integral entre a primeira extremidade e a segunda extremidade, com o cabo de transmissão elétrica (12) compreendendo pelo menos uma estopa de fibras substancialmente contínuas, posicionadas longitudinalmente em um material de matriz; e

puxar a emenda flexível de tensão integral através de um primeiro conjunto de roldanas (16).

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

puxar a emenda flexível de tensão integral através de um conjunto de roldanas subsequente.

16. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o cabo de transmissão elétrica (12) se estende por um comprimento de pelo menos cerca de 299 metros (980 pés) entre a primeira extremidade e a segunda extremidade.

17. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a emenda flexível de tensão integral compreende uma pluralidade de hastes enroladas em formato helicoidal (50, 52).

18. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as estopas de fibras substancialmente contínuas posicionadas longitudinalmente são selecionadas a partir do grupo consistindo em fibras cerâmicas, fibras de carbono e misturas das mesmas, e sendo que o material de matriz é selecionado do grupo consistindo em alumínio e ligas do mesmo, titânio e ligas do mesmo, zinco e ligas do mesmo, estanho e ligas do mesmo, magnésio e ligas do mesmo, e polímeros.

19. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato

de que o cabo de transmissão elétrica (12) é fornecido em um carretel posicionado em uma primeira altura, sendo que o primeiro conjunto de roldanas (16) é mantido a uma segunda altura, maior que a primeira altura do carretel.

20. Método, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o cabo de transmissão elétrica (12) tem um diâmetro mínimo de roldana associado a ele, e sendo que a primeira roldana tem um diâmetro maior que o diâmetro de roldana nominal.

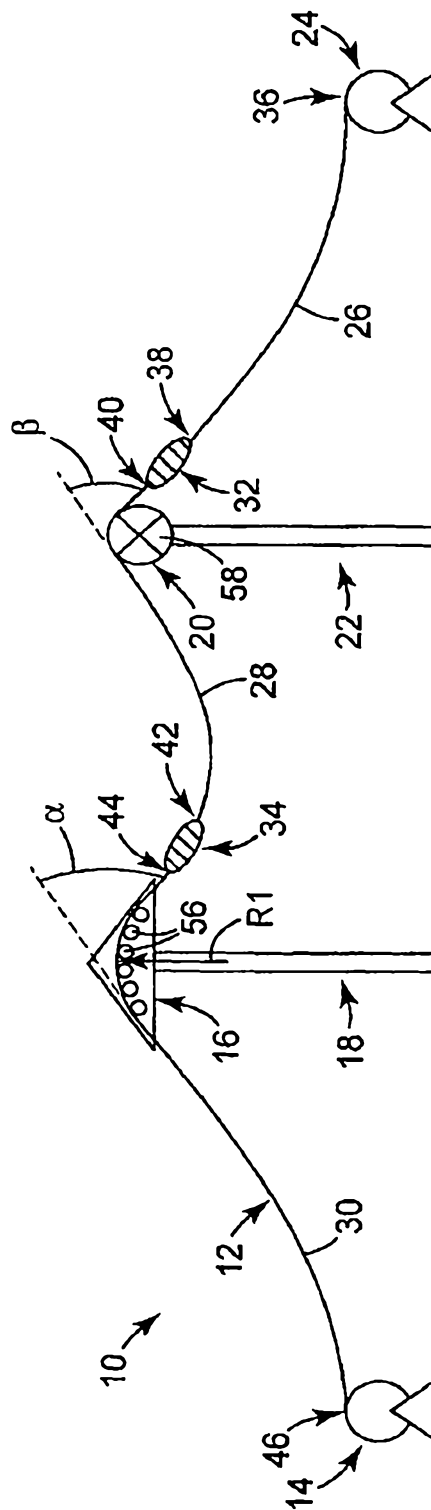
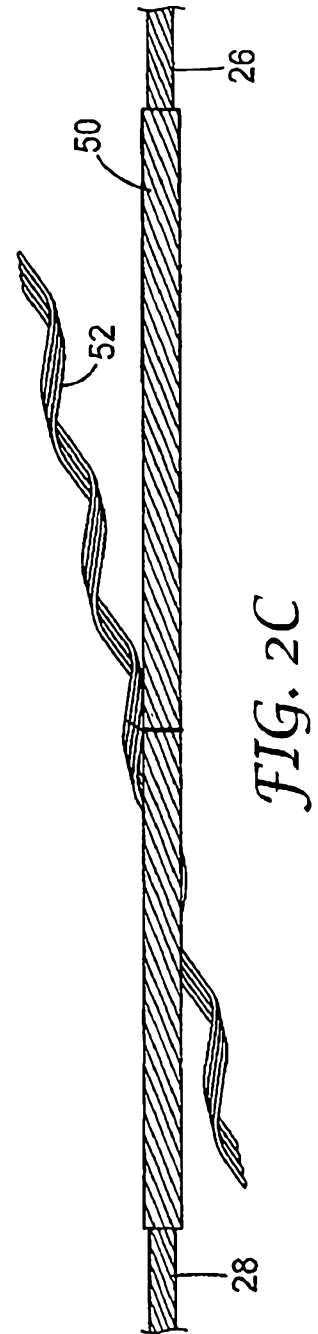
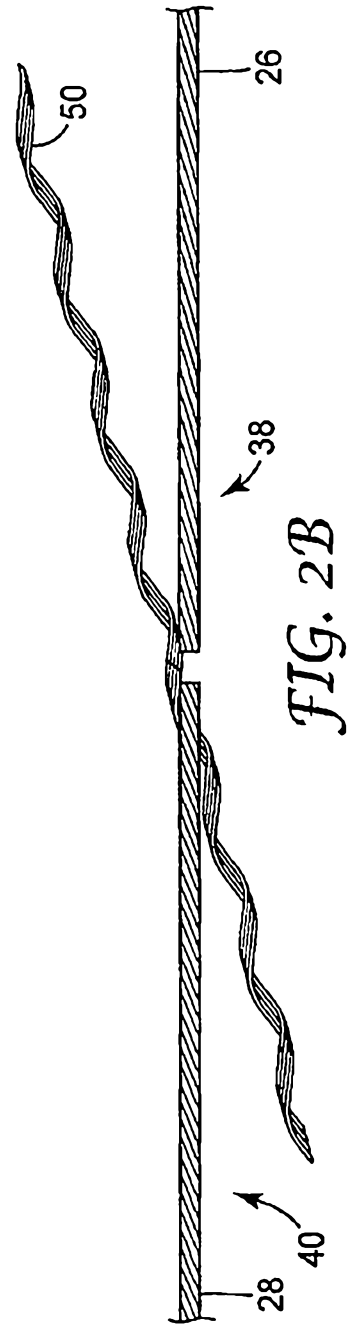
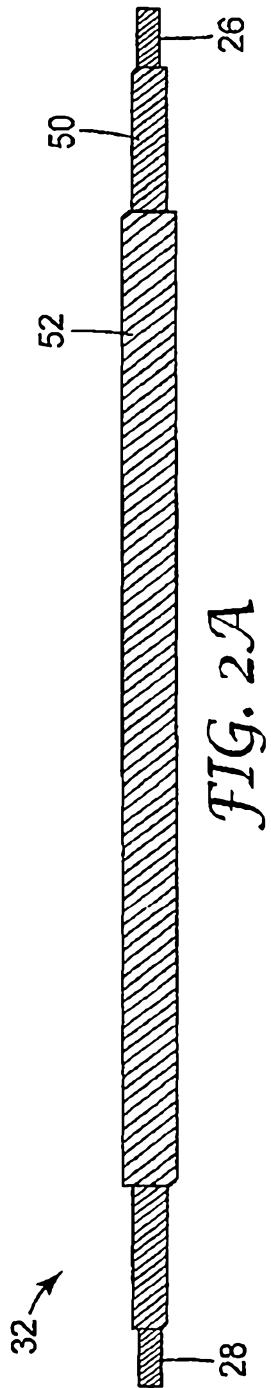
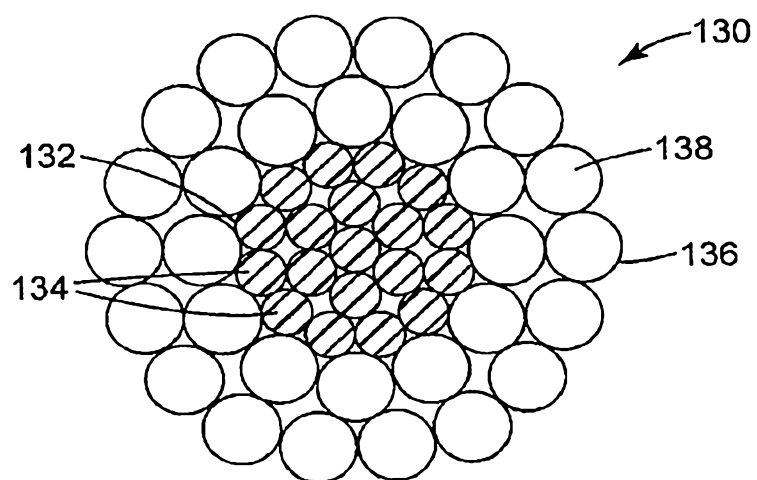
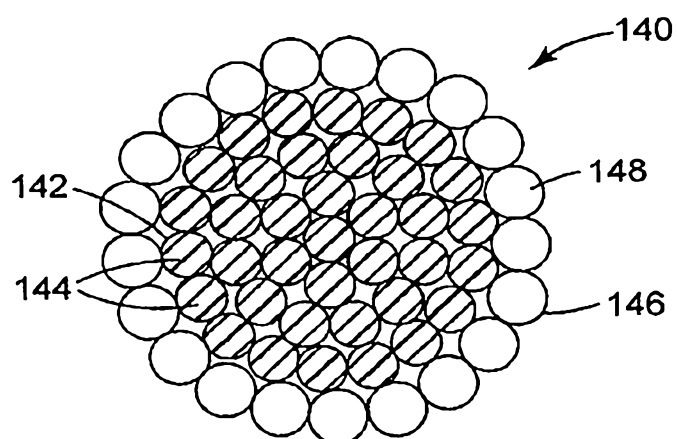
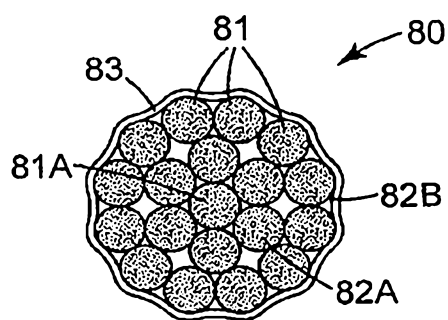
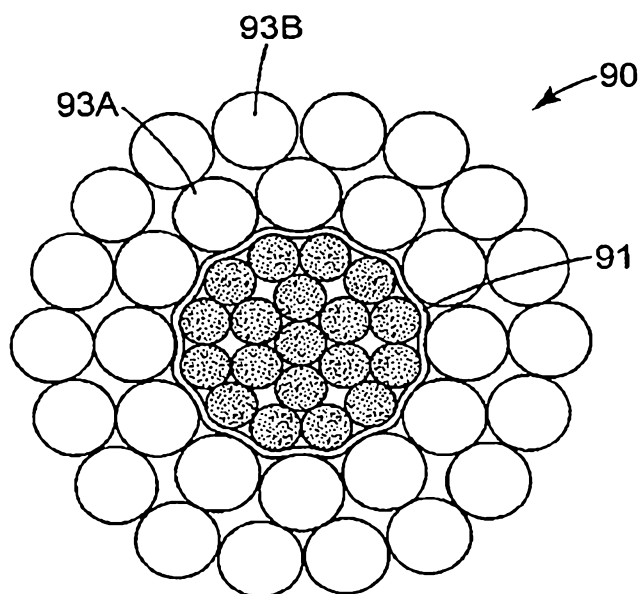
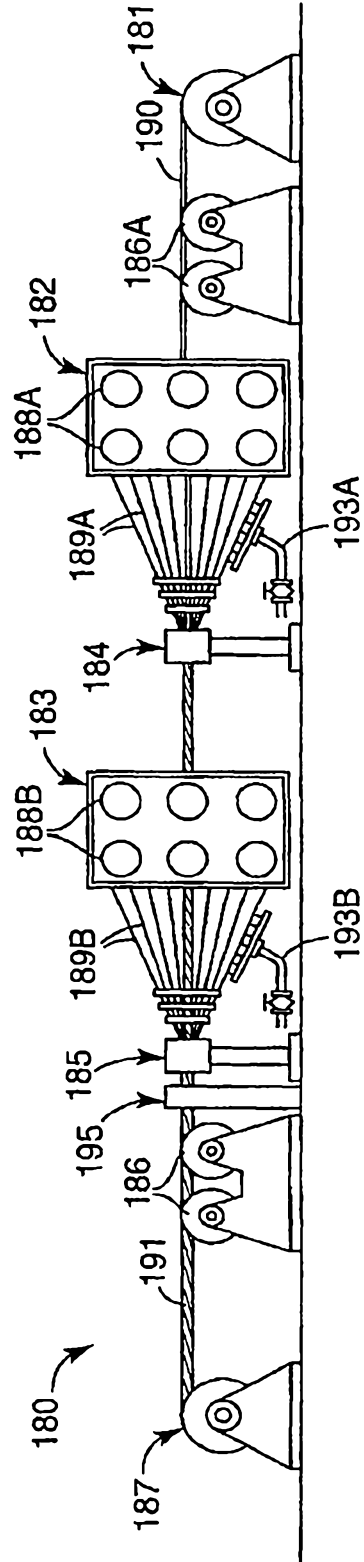
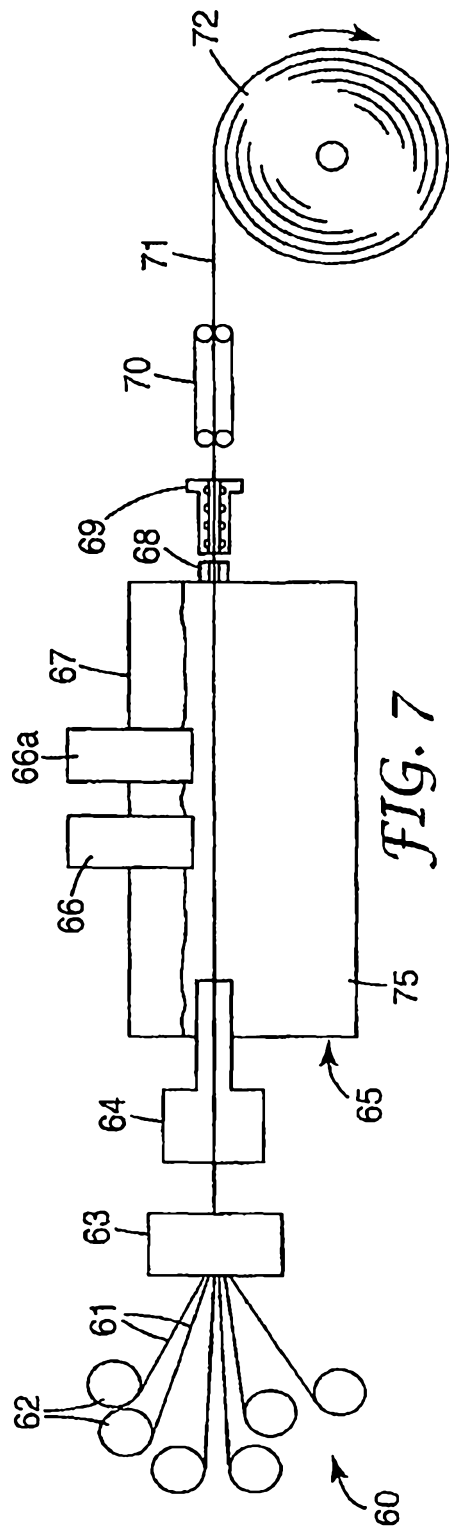


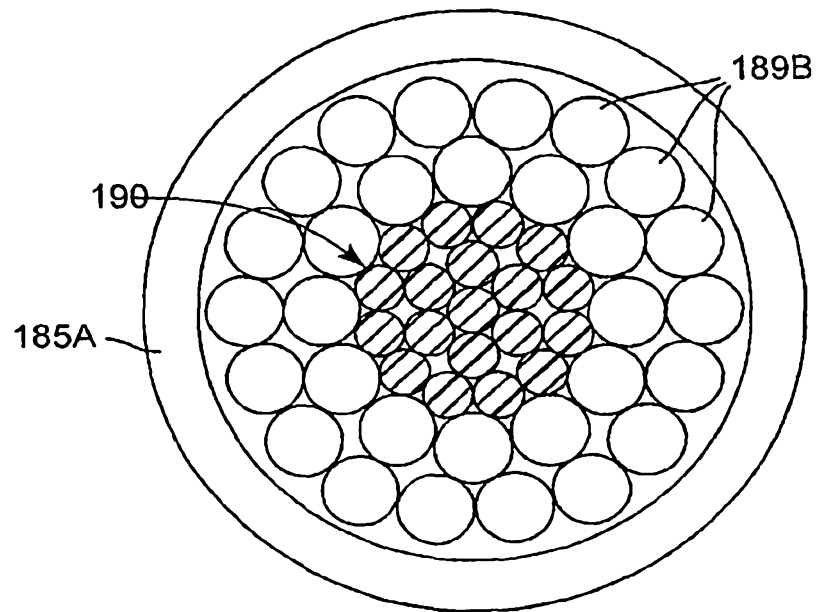
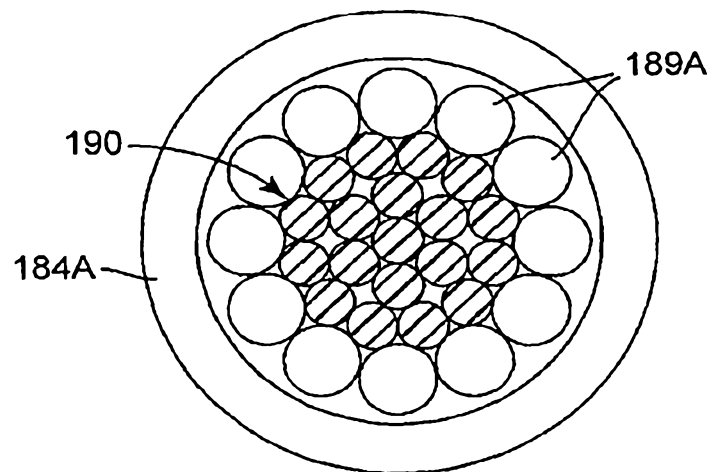
FIG. 1



*FIG. 3**FIG. 4*

*FIG. 5**FIG. 6*



*FIG. 8A**FIG. 8B*

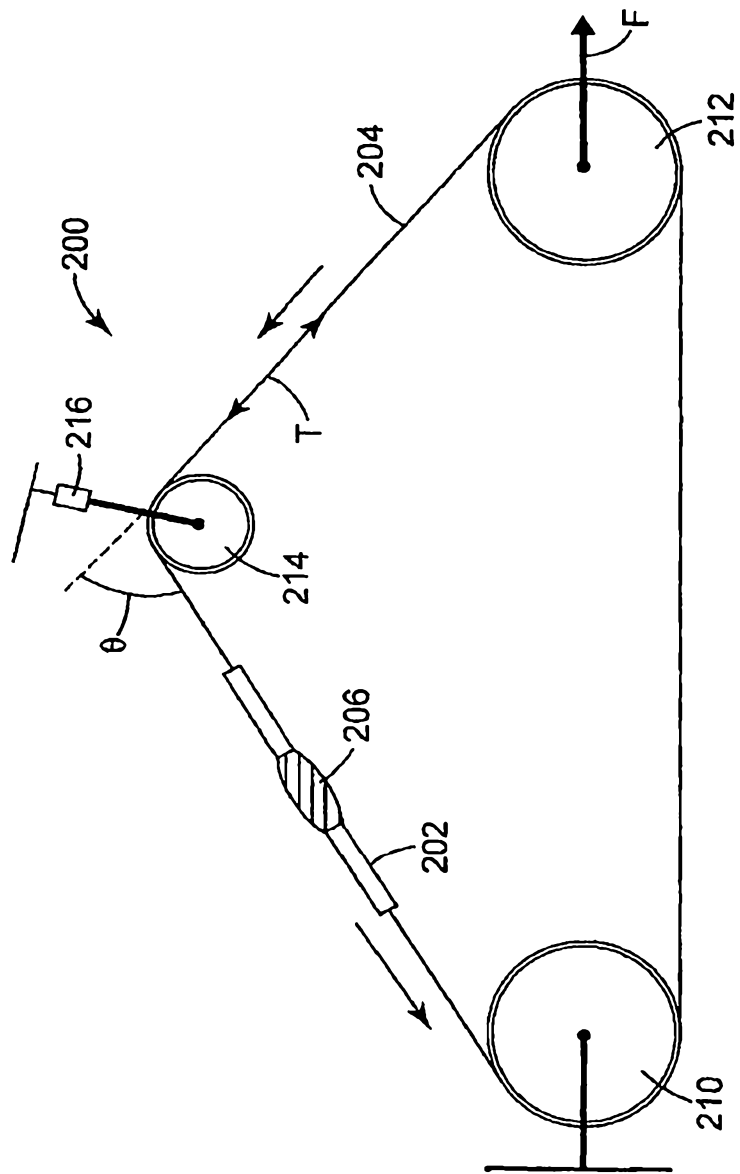


FIG. 9