



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

(11) BR 102016000227-3 B1



(22) Data do Depósito: 06/01/2016

(45) Data de Concessão: 05/07/2022

(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAR UM CONDUTO DE TITÂNIO DE PAREDE DUPLA

(51) Int.Cl.: B21D 26/055; B21D 31/00; B23K 101/06.

(30) Prioridade Unionista: 11/02/2015 US 14/619,449.

(73) Titular(es): THE BOEING COMPANY.

(72) Inventor(es): CHARLES WILLIAM RUST.

(57) Resumo: MÉTODOS PARA FABRICAR UM CONDUTO DE TITÂNIO DE PAREDE DUPLA E UM TUBO DE PAREDE DUPLA, E, ESTRUTURA DE TUBO DE TITÂNIO DE PAREDE DUPLA. Nos exemplos, é descrito um método para fabricação de um conduto de titânio de parede dupla. Métodos exemplificativos incluem soldar por pontos múltiplas chapas concêntricas para formar uma camada de ponto (902), prover a camada de ponto entre uma parede interna e uma parede externa do conduto de titânio de parede dupla (904), soldar com costura circunferencialmente a parede interna e a parede externa na camada de ponto para criar um conjunto soldado (906), formar em matriz o conjunto soldado na temperatura e pressão para formar estruturas internas entre as múltiplas chapas concêntricas de acordo com as linhas de soldagem por pontos e permitir um processo de união por difusão entre a parede interna, a camada de ponto e a parede externa (908), e remover o conduto de titânio de parede dupla da matriz (910).

“MÉTODO PARA FABRICAR UM CONDUTO DE TITÂNIO DE PAREDE DUPLA”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente descrição se refere no geral à conformação superplástica e união por difusão de uma tubulação de parede dupla de titânio e, mais especificamente, a um tubo de parede dupla de titânio que tem uma parede interna e uma parede externa com pelo menos um reforçador que se estende da parede interna até a parede externa.

FUNDAMENTOS

[002] Sistemas de tubulação e duto para transferir fluidos estão em uso difundido em muitas indústrias. Na indústria aeroespacial, por exemplo, dutos soldados são usados em sistemas de controle ambiental e em sistemas de remoção de gelo de asa para transferir ar aquecido do motor para bordos de ataque e nariz de entrada da nacele para impedir que gelo se forme nessas superfícies em condições geleificantes em voo. Tubulação, certamente, pode ser igualmente utilizada em muitas outras indústrias, incluindo a indústria de óleo ou outras indústrias nas quais elementos de transporte são necessários para uso em ambientes extremos às vezes.

[003] Materiais de tubulação podem ser fabricados usando técnicas de conformação superplástica (SPF) e união por difusão (DB). Por muitos anos, foi conhecido que certos metais, tais como titânio e muitas de suas ligas, apresentam superplasticidade. Superplasticidade é a capacidade de um material desenvolver alongamentos na tração extraordinariamente altos com reduzida tendência de estricção. Esta capacidade é apresentada por alguns metais e ligas e dentro de uma faixa de temperatura e taxa de deformação limitada. Observou-se que titânio e ligas de titânio apresentam características superplásticas maiores ou iguais às daquelas de qualquer outro metal. Com ligas de titânio adequadas, aumento geral nas áreas superficiais de até 300% é possível, por exemplo. Vantagens de conformação superplástica são

inúmeras, incluindo capacidades de criar formatos complexos e partes com estampagem profunda, e são necessárias baixas tensões de deformação para conformar o metal na faixa de temperatura superplástica, permitindo conformação de partes a baixas pressões, o que minimiza deformação e desgaste da ferramenta.

[004] União por difusão (DB) se refere a união metalúrgica de superfícies de metais similares ou diferentes aplicando calor e pressão por um período de tempo de maneira a promover a mistura de átomos na interface da junta. União por difusão pode ser feita completamente no estado sólido, na metade da temperatura de fusão (absoluta) do metal base, ou acima desta. Tempos, temperaturas e pressões reais variarão de metal para metal. As superfícies de união são colocadas em distâncias atômicas pela aplicação de pressão. Pressão adequada é provida para fazer com que um certo escoamento plástico preencha áreas vazias normais. Se pressões forem muito baixas, pequenos vazios podem permanecer na interface da junta e a resistência da junta ficará aquém do máximo obtível. A aplicação de pressão também quebra os óxidos da superfície e asperezas da superfície de maneira a apresentar superfícies limpas para união. Elevadas temperaturas usadas para união por difusão servem às funções de acelerar a difusão de átomos na interface das juntas e prover um amolecimento do metal, que ajuda na deformação da superfície de maneira a permitir contato mais íntimo para união e movimento atômico através da interface da junta. Elevada temperatura e aplicação de pressão também resultam em difusão dos contaminantes da superfície para o metal base durante união, que permite união átomo a átomo de metal e, por meio disto, reforça a união. É dado tempo suficiente para assegurar o fortalecimento da união por difusão de átomos através da interface da junta.

[005] De acordo com processos existentes, chapas de tubulação são fabricadas em uma forma plana, na qual uma ou mais chapas metálicas

superplasticamente conformáveis são colocadas em uma cavidade de matriz definida entre matrizes cooperantes, as chapas são aquecidas a uma elevada temperatura na qual as chapas apresentam superplasticidade, e então um gás é usado para aplicar pressões diferenciais nos lados opostos das chapas a fim de formar as chapas. A pressão é selecionada para deformar o material a uma taxa de deformação que é está na sua faixa de superplasticidade a elevada temperatura, estirar as chapas, e fazer com que a chapa assuma o formato da superfície da matriz. Desta maneira, as chapas podem ser conformadas em um formato complexo definido pelas matrizes.

[006] Em outros processos existentes, SPF e DB podem ser realizados em uma operação de formação/união combinada. Por exemplo, em um processo SPF/DB combinado exemplificativo, três chapas metálicas são empilhadas em uma forma plana para formar um pacote. Um material de espaçamento é seletivamente provido entre as chapas para impedir que porções das superfícies adjacentes das chapas fiquem unidas. O pacote é aquecido e comprimido em uma cavidade de matriz com pressão de gás suficiente de forma que as porções adjacentes das chapas que não são tratadas com o material de espaçamento são unidas por união por difusão. Em seguida, um gás pressurizado é injetado entre as chapas para inflar o pacote, e por meio disto formar superplasticamente o pacote em uma configuração definida pela superfície da cavidade da matriz. Um processo SPF/DB combinado como este pode ser usado, por exemplo, para produzir estruturas ensanduichadas alveolares complexas que são formadas e unidas por difusão para definir células internas ocas. Em geral, a simplicidade dos processos de conformação superplástica e/ou união por difusão pode resultar em estruturas mais leves e menos caras com menos prendedores e maior complexidade geométrica potencial.

[007] Entretanto, o uso dos processos de conformação superplástica e união por difusão existente resulta em chapas planas que ainda exigem

processos de fabricação adicionais para formar as chapas em um sistema de tubulação, que pode alterar as uniões criadas. Usando os exemplos descritos aqui, um tubo de parede dupla de titânio (ou outra liga) pode ser fabricado usando SPF e DB que é resistente a corrosão, resistente ao calor, e estruturalmente reforçado com maior seção transversal para maior resistência do que vista em chapas planas para prover uma segurança contra falha para um tubo de titânio.

SUMÁRIO

[008] Em um exemplo, um método para fabricar um conduto de titânio de parede dupla descrito, compreendendo soldar por pontos múltiplas chapas concêntricas para formar um pacote que posteriormente forma os reforçadores de parede interna para externa. Um conjunto concêntrico de paredes internas e externas do conduto de titânio de parede dupla é circunferencialmente soldado por costura nas chapas do pacote soldada por pontos interna para criar um conjunto soldado, formando por matriz o conjunto soldado a temperatura e pressão para formar estruturas internas entre as múltiplas chapas concêntricas de acordo com linhas de solda por pontos e permitir um processo de união por difusão entre a parede externa e os reforçadores, a parede interna e os reforçadores, e entre reforçadores adjacentes, e remoção do conduto de titânio de parede dupla da matriz.

[009] Em um outro exemplo, é descrito um outro método para fabricar um tubo de parede dupla compreendendo conformar superplasticamente estruturas internas do tubo de parede dupla, e unir por difusão uma parede externa, uma parede interna e as estruturas internas do tubo de parede dupla. Conformar superplasticamente e unir por difusão compreendem arranjar tubulações sem costura concêntricas de forma substancialmente íntima, soldar por pontos as tubulações sem costura com uma máquina de solda por costura da tubulação laminada para criar um pacote que posteriormente forma os reforçadores de parede interna para externa

incluindo um padrão de pontos, soldar por costura circunferencialmente chapas externas concêntricas da parede externa na parede interna e o pacote com pontos para criar um conjunto de tubo soldado. O processo de formação também inclui inserir uma matriz cilíndrica no conjunto de tubo soldado, colocar o conjunto de tubo soldado em uma matriz aquecida, levar o conjunto de tubo soldado até a temperatura, pressurizar o conjunto de tubo soldado para formar as estruturas internas de acordo com o padrão de pontos, manter pressão para um processo de união por difusão entre a parede externa e a parede interna, e remover uma parte de tubo resultante da matriz aquecida e resfriar a parte de tubo resultante.

[0010] Em um outro exemplo, é descrita uma estrutura de tubo de titânio de parede dupla compreendendo uma parede interna e uma parede externa com uma pluralidade de reforçadores que se estende entre a parede interna e a parede externa, e a pluralidade de reforçadores é alinhada tanto axialmente quanto radialmente, e a pluralidade de reforçadores é unida por difusão na parede interna e na parede externa.

[0011] Os recursos, funções e vantagens que foram discutidos podem ser alcançados independentemente em várias modalidades, ou podem ser combinados em ainda outras modalidades, cujos detalhes adicionais podem ser vistos com referência à descrição seguinte e desenhos.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0012] Os recursos inéditos considerados característica das modalidades ilustrativas são apresentados nas reivindicações anexas. As modalidades ilustrativas, entretanto, bem como um modo preferido de uso, objetivos e descrições adicionais dos mesmos, ficarão bem entendidos pela referência à descrição detalhada seguinte de uma modalidade ilustrativa da presente descrição quando lida em conjunto com os desenhos anexos, em que:

a Figura 1 é um fluxograma que descreve um método exemplificativo para fabricar um tubo de parede dupla conformando

superplasticamente e unindo por difusão uma parede externa, uma parede interna e estruturas internas do tubo de parede dupla.

[0013] A Figura 2 ilustra uma porção de tubulações sem costura com um padrão de pontos exemplificativo soldado nela.

[0014] A Figura 3 ilustra uma porção de um conjunto de tubo soldado exemplificativo.

[0015] A Figura 4 ilustra uma porção de um outro conjunto de tubo soldado exemplificativo.

[0016] A Figura 5 ilustra uma tubulação exemplificativa e uma forma de matriz exemplificativa.

[0017] A Figuras 6A-6D ilustram exemplos de formação de células nas paredes internas com base no padrão de pontos.

[0018] A Figuras 7A-7F ilustram uma outra vista de exemplos de formação de células em uma estrutura tubular com base em um padrão de pontos.

[0019] A Figura 8 ilustra uma parte de tubo resultante exemplificativa.

[0020] A Figura 9 é um fluxograma que descreve um outro método exemplificativo de fabricar um conduto de titânio de parede dupla.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0021] Modalidades descritas serão agora descritas com mais detalhes a seguir com referência aos desenhos anexos, nos quais algumas, mas não todas, as modalidades descritas são mostradas. Certamente, diversas diferentes modalidades podem ser descritas e não devem ser interpretadas como limitadas às modalidades descritas aqui. Em vez disso, essas modalidades são descritas de forma que esta descrição sejam total e completa e que transfira totalmente o escopo da descrição aos versados na técnica.

[0022] Nos exemplos, métodos e sistemas para conformação superplástica (SPF) e união por difusão de um conduto de parede dupla são

descritos. SPF no geral se refere a um processo no qual um material é superplasticamente deformado além de seus limites normais de deformação plástica. Conformação superplástica pode ser feita com certos materiais que apresentam propriedades superplásticas em faixas limitadas de temperatura e taxa de deformação. Por exemplo, peças de trabalho formadas de ligas de titânio podem ser superplasticamente conformadas em uma faixa de temperatura entre cerca de 1.450°F (787°C) e cerca de 1.850°F (1.010°C) a uma taxa de deformação de até cerca de 3×10^{-4} por segundo. União por difusão (DB) em geral se refere a um processo de unir elementos usando calor e pressão para formar uma coalescência de estado sólido entre os materiais dos elementos unidos. Ligação por união por difusão pode ocorrer a uma temperatura abaixo de um ponto de fusão dos materiais que estão sendo unidos, e a coalescência entre eles pode ser produzida com cargas abaixo daquelas que causariam deformação macroscópica do artigo.

[0023] No exemplo, conformação superplástica e união por difusão de uma tubulação de parede dupla de titânio podem ser realizadas fabricando um tubo de parede dupla de titânio que tem uma parede interna e uma parede externa com pelo menos um reforçador que se estende da parede interna até a parede externa. A tubulação pode incluir uma pluralidade de reforçadores alinhada axialmente e, em outros exemplos, a tubulação pode incluir uma pluralidade de reforçadores alinhada tanto axial quanto radialmente.

[0024] Um método exemplificativo de conformação superplástica e união por difusão do tubo de parede dupla de titânio inclui arranjar tubulações sem costura concêntricas de forma substancialmente íntima, limpar as tubulações sem costura, e soldar por pontos as tubulações sem costura com uma máquina de solda por costura de tubulação laminada. A seguir, o método inclui soldar com costura circunferencialmente a tubulação externa na tubulação interna, incluindo um pacote soldado por pontos, soldar por fusão linhas de pressão, e inserir uma matriz cilíndrica no conjunto de tubo. O

conjunto de tubo pode ser colocado em uma matriz aquecida e levada para a temperatura e pressão que é mantida por um processo de união por difusão para ocorrer em um período de tempo. Uma parte resultante pode ser removida da matriz e resfriada para uso ou processamento adicional.

[0025] Referindo-se agora às figuras, a Figura 1 é um fluxograma que descreve um método exemplificativo 100 de fabricar um tubo de parede dupla conformando superplasticamente e unindo por difusão uma parede externa, uma parede interna e estruturas internas do tubo de parede dupla. A parede externa e a parede interna do tubo se referem às camadas interior e exterior do tubo, que compreendem chapas concentricamente envoltas uma na outra. O método 100 de conformação superplástica e união por difusão pode incluir uma ou mais operações, funções ou ações ilustradas por um ou mais de blocos 102-118. Embora os blocos estejam ilustrados em uma ordem sequencial, esses blocos podem, em alguns casos, ser realizados em paralelo e/ou em uma ordem diferente daquelas aqui descritas. Também, os vários blocos podem ser combinados em uma menor quantidade de blocos, divididos em blocos adicionais e/ou removidos com base na implementação desejada.

[0026] No bloco 102, o método 100 inclui arranjar um primeiro conjunto de tubulações sem costura intimamente concêntricas. Em alguns exemplos, as tubulações sem costura concêntricas têm aproximadamente diâmetros correspondentes para permitir contato durante um processo de solda por pontos. As tubulações podem ser prensadas uma na outra de uma maneira circular usando uma tubulação sem costura ou tubulação laminada. Em um exemplo, chapas planas de titânio podem ser arranjadas juntas e bobinadas para formar os tubos sem costura de titânio concêntricas.

[0027] Em alguns exemplos, o método 100 opcionalmente inclui limpar as tubulações sem costura para remover oxidação.

[0028] No bloco 104, o método 100 inclui soldar por pontos as tubulações sem costura com uma máquina de solda por costura de tubulação

laminada para criar um pacote, incluindo um padrão de pontos, que posteriormente forma reforçadores de parede interna para externa. Soldar por pontos as tubulações sem costura pode criar o padrão de pontos ao longo de um comprimento das tubulações sem costura.

[0029] Figura 2 ilustra uma porção de tubulações sem costura com um padrão de pontos exemplificativo soldado nela. Na figura 2, a porção inclui tubulações 202 e 204 arranjadas intimamente juntas, e soldagem por pontos sendo feita. O padrão de pontos na figura 2 inclui diversas linhas paralelas 206 e 208 dispostas ao longo de um comprimento das tubulações 202 e 204, e outras linhas paralelas 210 e 212 dispostas ao longo de uma largura das tubulações 202 e 204. As linhas 206 e 208 são perpendiculares às linhas 210 e 212. Embora as linhas 206, 208, 210 e 212 estejam mostradas e descritas dispostas ao longo de um comprimento e largura das tubulações 202 e 204, soldagem por pontos pode ser feita de outras maneiras de forma a aplicar pontos de solda, ou áreas ao longo das tubulações 202 e 204 com espaços entre os pontos, por exemplo.

[0030] O padrão de pontos cria células individuais, tais como células 214 e 216, por exemplo, que ficam dispostas em um comprimento do material. Uma máquina de solda por costura pode ser usada para prover um padrão de solda ao longo de um comprimento da tubulação de maneira a prover as linhas de solda 206, 208, 210 e 212, e uma máquina de solda por costura de rolos diferente pode ser usada para ir em torno de um diâmetro da tubulação para realizar solda por pontos para gerar um esquema da estrutura celular desejado.

[0031] Referindo-se novamente à figura 1, no bloco 106, o método 100 inclui arranjar um segundo conjunto de tubulações concêntricas e, no bloco 108, o método 100 inclui soldar por costura circunferencialmente tubulações externas no pacote para criar um conjunto de tubo soldado. Em um exemplo, isto inclui colocar o pacote entre uma primeira tubulação externa e

uma segunda tubulação externa, e então soldar circunferencialmente um perímetro das extremidades da primeira tubulação externa, da segunda tubulação externa e do pacote (isto é, as tubulações soldadas por pontos). Em um exemplo, o pacote pode incluir a estrutura soldada mostrada na figura 2, e duas camadas de material podem ser providas em torno do pacote para soldagem.

[0032] Figura 3 ilustra uma porção de um conjunto de tubo soldado exemplificativo. Na figura 3, uma máquina de solda por costura foi usada para prover uma solda do perímetro 302 encerrando as duas chapas internas que são soldadas por pontos e mostradas na figura 2 entre duas chapas externas 304 e 306. A solda do perímetro pode ser uma solda circunferencial nas chapas externas em uma extremidade das chapas. Na figura 3, a porção do conjunto de tubo soldado é tubular ou tem um formato cilíndrico.

[0033] Figura 4 ilustra uma porção de um outro conjunto de tubo soldado exemplificativo. Na figura 4, o conjunto de tubo soldado é mostrado com formato mais elíptico. O conjunto do tubo pode ser configurado para ter um formato seccional transversal igualmente de outros formatos circulares ou elipsoidais.

[0034] Referindo-se novamente à figura 1, no bloco 110, o método 100 inclui inserir uma matriz cilíndrica no conjunto de tubo soldado e, no bloco 112, o método 100 inclui colocar o conjunto de tubo soldado em uma matriz aquecida. Uma matriz exemplificativa é uma matriz de três peças para manter um formato em um lado interno da tubulação (por exemplo, forma da matriz cilíndrica) e duas meias matrizes externas.

[0035] Figura 5 ilustra uma tubulação exemplificativa e uma forma de matriz exemplificativa. Na figura 5, uma matriz cilíndrica 502 é inserida na tubulação, que inclui camadas 504 e 506 da tubulação (na qual a camada 504 é uma parede interna da tubulação), e um pacote soldado por pontos 508 soldados por pontos entre si. O conjunto de tubo soldado é então inserido em

uma matriz inferior 510 e uma matriz superior 512. A matriz de três peças, incluindo a matriz cilíndrica 502, a matriz inferior 510 e a matriz superior 512, é usada para manter o formato da tubulação durante um processo de união. Embora a Figura 5 mostre um comprimento de tubulação substancialmente linear com seção transversal substancialmente constante, entende-se facilmente que a curvatura e seção transversal da tubulação podem não ser linear e curva, ou ser de qualquer outra configuração.

[0036] Referindo-se novamente à figura 1, no bloco 114, o método 100 inclui levar o conjunto de tubo soldado para a temperatura. Como um exemplo, o conjunto de tubo soldado na matriz é aquecido a uma temperatura em uma faixa de cerca de 1.450°F (787°C) a cerca de 1.850°F (1.010°C), ou em uma faixa de cerca de 1.500°F (816°C) a cerca de 1.700°F (927°C), dependendo de uma liga dos materiais.

[0037] No bloco 116, o método 100 inclui pressurizar os tubos externos para preencher a matriz e, no bloco 118, o método 100 inclui pressurizar o conjunto de tubo soldado interno para formar as estruturas internas de acordo com o padrão de pontos. Uma pressão pode ser aplicada a uma pressão de cerca de 2068,4 kPa (300 psi), ou outras pressões para permitir que ocorra um processo de união por difusão. Como um exemplo, como mostrado na figura 5, uniões por difusão podem ser criadas dentro do pacote 508, tal como união por difusão 514. Uniões por difusão podem também ocorrer entre as camadas 504 e 506 e o pacote 508, tal como união por difusão 516, 518 e 520.

[0038] A pressurização faz com que as camadas 504 e 506 da tubulação preencham os contornos da matriz inferior 510 e matriz superior 512 aquecidas. Pressurização também faz com que o pacote 508 forme células dentro da parede interna com base no padrão de pontos. Por exemplo, o padrão de pontos fornece contornos para permitir que as células expandam. Aquecimento e pressurização permitem que as chapas sejam unidas entre si.

[0039] Figuras 6A-6D ilustram exemplos de formação de células dentro de um pacote soldado por pontos com base no padrão de pontos. Figura 6A ilustra duas chapas 602 e 604 soldadas por pontos com pontos 606 e 608 para formar células, tais como as células 610 e 612. Durante o processo de aquecimento e pressurização, com as chapas 602 e 604 soldadas por pontos uma na outra em um padrão tipo acolchoado, bolhas se formam com o tempo. Figura 6B mostra um estágio inicial de formação de bolhas, tal como a bolha 614. Figura 6C mostra um estágio subsequente com as bolhas mais totalmente formadas e expandindo. Figura 6D mostra uma formação final exemplificativa das células, que podem ser retângulos, quadrados, ou qualquer outro formato, e uniões por difusão foram formadas entre as chapas, tais como as uniões por difusão 616 e 618.

[0040] Referindo-se novamente à figura 1, no bloco 120, o método 100 inclui manter pressão para um processo de união por difusão entre a parede externa e a parede interna. A pressão é mantida para permitir que a parede interna seja unida por difusão na parede externa. A pressão pode ser mantida por um período de tempo, tal como cerca de três horas, para permitir que a parede externa e a parede interna passem pelo processo de união por difusão de maneira tal que a parede externa e a parede interna se tornem uma peça integral. A pressão também permite total formação das células, ou que estruturas internas da tubulação se formem.

[0041] No bloco 122, o método 100 inclui remover uma parte de tubo resultante da matriz aquecida e resfriar parte de tubo resultante.

[0042] Figuras 7A-7F ilustram uma outra vista de exemplos de formação de células em uma estrutura tubular baseada em um padrão de pontos. Na figura 7A, um conjunto de pacote soldado é mostrado incluindo uma parede interna 702, uma parede externa 704 e um pacote incluindo chapas soldadas por pontos com solda por pontos, tais como soldas por pontos 706. Na figura 7B, a parede interna e a parede externa são unidas no pacote de

pontos que forma uma solda 708 nos pontos. Na figura 7C, união adicional ocorre no conjunto do pacote e ocorre uma certa formação de célula. Na figura 7D, novamente, união adicional ocorre no conjunto de pacote, e soldas por pontos continuam formar células. Na figura 7E, as soldas por pontos se tornam reforçadores, e formação de célula é completada. Na figura 7F, a união por difusão ocorre pela manutenção da pressão, resultando em uniões por difusão (por exemplo, união 710).

[0043] Figura 8 ilustra uma parte de tubo resultante exemplificativa. Como mostrado, o tubo pode ser uma estrutura de tubo de titânio de parede dupla que inclui uma parede interna 802 e uma parede externa 804 com uma pluralidade de reforçadores, tal como o reforçador 806, que se estende entre a parede interna 802 e a parede externa 804. A pluralidade de reforçadores é alinhada tanto axialmente quanto radialmente, e a pluralidade de reforçadores é unida por difusão na parede interna 802 e na parede externa 804.

[0044] A estrutura de tubo de titânio de parede dupla mostrada na figura 8 pode ser um tubo unitário sem prendedores resultante de múltiplos tubos concêntricos de titânio soldados para resistência antes da formação da matriz na temperatura e pressão. A pluralidade de reforçadores provê um trajeto de carga interno contínuo para o tubo para maior resistência. A coroa anular do tubo pode ser usada com propósitos de isolamento para aplicações de resistência a corrosão a ou resistência ao calor. A coroa anular com um padrão de pontos específico pode também acomodar um fluxo paralelo ou um contrafluxo em qualquer configuração de ar ou fluidos.

[0045] O método 100 mostrado na figura 1 pode ser realizado para fabricar diversos tipos ou uma variedade de tipos de condutos de parede dupla ou estruturas de tubo. Um exemplo inclui um processo de prensa a quente de coroa anular aberta sem costura, como mostrado e descrito. Um outro exemplo inclui um processo de prensa a quente de coroa anular fechada sem costura após soldagem por pontos, soldagem pontual ou circunferencial pode

ser feita para espaçamento radial. Também um outro exemplo inclui um processo de prensa a quente de coroa anular aberta de tubo laminado, no qual as chapas são laminadas na forma de tubulação, e soldadas por atrito por agitação para assegurar propriedades SPF. Ainda um outro exemplo inclui um processo de prensa a quente de coroa anular fechado de tubo laminado no qual são realizadas tanto soldagem pontual ou circumferencial quanto soldagem por atrito por agitação.

[0046] Figura 9 é um fluxograma que descreve um outro método exemplificativo 900 de fabricar um conduto de titânio de parede dupla. O método 900 pode incluir uma ou mais operações, funções ou ações, como ilustradas por um ou mais de blocos 902 a 910. Embora os blocos estejam ilustrados em uma ordem sequencial, esses blocos podem em alguns casos ser realizados em paralelo e/ou em uma ordem diferente daquelas descritas aqui. Também, os vários blocos podem ser combinados em menos blocos, divididos em blocos adicionais e/ou removidos com base na implementação desejada.

[0047] No bloco 902, o método 900 inclui soldar por pontos múltiplas chapas concêntricas para formar uma camada de ponto. Em alguns exemplos, soldagem por pontos cria um padrão nas múltiplas chapas concêntricas que formam um tamanho e formato das estruturas internas. As estruturas internas podem incluir pelo menos um reforçador que se estende entre chapas externas de uma parede externa do conduto.

[0048] No bloco 904, o método 900 inclui prover a camada de ponto entre uma parede interna e uma parede externa do conduto de titânio de parede dupla. Um padrão de solda por pontos específico pode ser escolhido com base em uma aplicação do conduto para criação de um trajeto ou criação de células entre a parede interna e a parede externa.

[0049] No bloco 906, o método 900 inclui soldar com costura circumferencialmente a parede interna e a parede externa na camada de ponto para criar um conjunto soldado. O conjunto soldado é agora em um formato e

configuração tubular.

[0050] No bloco 908, o método 900 inclui formar por matriz o conjunto soldado a temperatura e pressão para formar estruturas internas entre as múltiplas chapas concêntricas de acordo com as linhas de soldagem por pontos e permitir um processo de união por difusão entre a parede interna, a camada de ponto e a parede externa. Um formato e configuração de matrizes podem ser escolhidos com base em uma aplicação do conduto. Pressão e temperatura são aplicadas para que o processo de união por difusão ocorra tal como a 2068,4 kPa (300 psi) e 1.450°F (787°C) por cerca de 3 horas.

[0051] No bloco 910, o método 900 inclui remover o conduto de titânio de parede dupla da matriz. Em exemplos, o conduto de titânio de parede dupla é uma estrutura tubular. Em outros exemplos, o conduto de titânio de parede dupla é uma estrutura elipsoidal.

[0052] Usando exemplos descritos aqui, pode ser fabricado um tubo de parede dupla de titânio (ou outra liga) que é resistente a corrosão, resistente ao calor, e estruturalmente reforçado com maior seção transversal para maior resistência para prover uma segurança contra falha para um tubo de titânio. Usos exemplificativos incluem tubulação para elementos de transporte ou aplicações estruturais em ambientes extremos, tal como a indústria de óleo ou aeroespacial, por exemplo.

[0053] Adicionalmente, a descrição compreende modalidades de acordo com as cláusulas seguintes:

Cláusula 1. Um método para fabricar um conduto de titânio de parede dupla, compreendendo:

soldar por pontos múltiplas chapas concentricamente para formar uma camada de ponto;

prover a camada de ponto entre uma parede interna e uma parede externa do conduto de titânio de parede dupla;

soldar com costura circunferencialmente a parede interna e a

parede externa na camada de ponto para criar um conjunto soldado;

formar por matriz o conjunto soldado a temperatura e pressão para formar estruturas internas entre as múltiplas chapas concêntricas de acordo com linhas de soldagem por pontos e permitir um processo de união por difusão entre a parede interna, a camada de ponto e a parede externa; e

remover o conduto de titânio de parede dupla da matriz.

Cláusula 2. O método da cláusula 1, em que as estruturas internas compreendem pelo menos um reforçador que se estende entre a parede interna e a parede externa.

Cláusula 3. O método das cláusulas 1 ou 2, em que soldagem por pontos cria um padrão nas múltiplas chapas que forma um tamanho e formato das estruturas internas.

Cláusula 4. O método das cláusulas 1, 2 ou 3, em que o conduto de titânio de parede dupla é uma estrutura tubular.

Cláusula 5. O método das cláusulas 1, 2, 3 ou 4, em que o conduto de titânio de parede dupla tem um formato elíptico.

Cláusula 6. Um método para fabricar um tubo de parede dupla, compreendendo:

conformar superplasticamente estruturas internas do tubo de parede dupla; e

unir por difusão uma parede externa, uma parede interna e as estruturas internas do tubo de parede dupla, a conformação superplástica e união por difusão adicionalmente compreendendo:

arranjar tubulações sem costura concêntricas de forma substancialmente íntima;

soldar por pontos as tubulações sem costura com uma máquina de solda por costura de tubulação laminada para criar uma camada de ponto incluindo um padrão de pontos;

soldar com costura circunferencialmente chapas externas

concêntricas da parede externa na parede interna e a camada de ponto para criar um conjunto de tubo soldado;

inserir uma matriz cilíndrica no conjunto de tubo soldado;

colocar o conjunto de tubo soldado em uma matriz aquecida;

levar o conjunto de tubo soldado até a temperatura;

pressurizar o conjunto de tubo soldado para formar as estruturas internas de acordo com o padrão de pontos;

manter pressão para um processo de união por difusão entre a parede externa e a parede interna; e

remover uma parte de tubo resultante da matriz aquecida e resfriar a parte de tubo resultante.

Cláusula 7. O método da cláusula 6, em que as tubulações sem costura concêntricas têm diâmetros aproximadamente correspondentes para permitir contato durante soldagem por pontos.

Cláusula 8. O método das cláusulas 6 ou 7, adicionalmente compreendendo limpar as tubulações sem costura para remover oxidação.

Cláusula 9. O método das cláusulas 6, 7 ou 8, em que soldar por pontos as tubulações sem costura compreende criar o padrão de pontos ao longo de um comprimento das tubulações sem costura.

Cláusula 10. O método das cláusulas 6, 7, 8 ou 9, em que soldar com costura circunferencialmente chapas externas da parede externa na parede interna e na camada de ponto compreende:

colocar a parede interna entre uma primeira chapa externa e uma segunda chapa externa; e

soldar circunferencialmente um perímetro das extremidades da primeira chapa externa, da segunda chapa externa e da parede interna.

Cláusula 11. O método das cláusulas 6, 7, 8, 9 ou 10, em que colocar o conjunto de tubo soldado na matriz aquecida compreende

colocar o conjunto de tubo soldado em uma matriz inferior e uma matriz superior.

Cláusula 12. O método das cláusulas 6, 7, 8, 9 ou 10, em que levar o conjunto de tubo soldado até a temperatura compreende aquecer o conjunto de tubo soldado a uma temperatura na faixa de cerca de 1.450°F (787°C) a cerca de 1.850°F (1.010°C).

Cláusula 13. O método das cláusulas 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12, em que pressurizar o conjunto de tubo soldado para formar as estruturas internas compreende:

fazer com que as chapas externas preencham os contornos da matriz aquecida; e

pressurizar as tubulações sem costura da parede interna para formar células dentro da parede interna com base nos padrão de pontos.

Cláusula 14. O método das cláusulas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13, em que pressurizar o conjunto de tubo soldado para formar as estruturas internas compreende pressurizar a uma pressão de cerca de 2068,4 kPa (300 psi).

Cláusula 15. O método das cláusulas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ou 14, em que manter a pressão para o processo de união por difusão entre a parede externa e a parede interna compreende manter pressão por um período de tempo para permitir que a parede externa e a parede interna passem pelo processo de união por difusão de maneira tal que a parede externa e a parede interna se tornem uma peça integral.

Cláusula 16. Um estrutura de tubo de titânio de parede dupla, compreendendo:

uma parede interna e uma parede externa com uma pluralidade de reforçadores que se estende entre a parede interna e a parede externa; e

em que a pluralidade de reforçadores é alinhada tanto axialmente quanto radialmente, e a pluralidade de reforçadores é unida por

difusão na parede interna e na parede externa.

Cláusula 17. A estrutura de tubo de titânio de parede dupla da cláusula 16, em que a parede interna e a parede externa compreendem um tubo unitário sem prendedores resultante de múltiplos tubos concêntricos de titânio soldados por resistência antes da formação em matriz na temperatura e pressão.

Cláusula 18. A estrutura de tubo de titânio de parede dupla das cláusulas 16 ou 17, em que a pluralidade de reforçadores fornece um trajeto de carta interno contínuo.

Cláusula 19. A estrutura de tubo de titânio de parede dupla das cláusulas 16, 17 ou 18, em que a pluralidade de reforçadores é baseada em soldar por pontos tubulações sem costura com uma máquina de solda por costura de tubulação laminada para criar um padrão de pontos e pressurizar as tubulações soldadas sem costura para formar as estruturas internas de acordo com o padrão de pontos.

Cláusula 20. A estrutura de tubo de titânio de parede dupla das cláusulas 16, 17, 18 ou 19, em que a parede interna e a parede externa são unidas por difusão.

[0054] A descrição dos diferentes arranjos vantajosos foi apresentada com propósitos de ilustração e descrição, e não pretende ser exaustiva ou limitada às modalidades na forma descrita. Muitas modificações e variações ficarão aparentes aos versados na técnica. Adicionalmente, diferentes modalidades vantajosas podem descrever diferentes vantagens, comparadas com outras modalidades vantajosas. A modalidade ou modalidades selecionadas são escolhidas e descritas a fim de explicar melhor os princípios das modalidades, a aplicação prática e permitir que versados na técnica entendam a descrição para várias modalidades com várias modificações que são adequadas ao uso particular contemplado.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um conduto de titânio de parede dupla, caracterizado pelo fato de que compreende:

soldar por pontos múltiplas chapas (602, 604) concêntricamente para formar uma camada de ponto (902);

prover a camada de ponto entre uma parede interna (702, 802) e uma parede externa (704, 804) do conduto de titânio de parede dupla (904);

soldar com costura circunferencialmente a parede interna (702, 802) e a parede externa (704, 804) na camada de ponto para criar um conjunto soldado (906);

formar em matriz o conjunto soldado a temperatura e pressão para formar estruturas internas (610, 612) entre as múltiplas chapas concêntricas de acordo com linhas de soldagem por pontos e permitir um processo de união por difusão entre a parede interna (702, 802), a camada de ponto, e a parede externa (704, 804) (908); e

remover o conduto de titânio de parede dupla da matriz (910).

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as estruturas internas compreendem pelo menos um reforçador (806) que se estende entre a parede interna (702, 802) e a parede externa (802, 804).

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que soldagem por pontos cria um padrão nas múltiplas chapas (602, 604) que formam um tamanho e formato das estruturas internas (610, 612), padrão esse que é criado ao longo de um comprimento das múltiplas chapas.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conduto de titânio de parede dupla é uma estrutura tubular e/ou tem um formato elíptico.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

fato de que formar em matriz o conjunto soldado a temperatura e pressão para formar estruturas internas entre as múltiplas chapas concêntricas compreende:

levar o conjunto soldado até uma temperatura na faixa de 1.450°F (787°C) a 1.850°F (1.010°C); e/ou

pressurizar o conjunto soldado a pressão de 300 psi (2068,4 kPa).

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda manter a pressão para o processo de união por difusão entre a parede interna, a camada de ponto, e a parede externa por um período de tempo para permitir que a parede externa (704, 804) e a parede interna (702, 802) passem pelo processo de união por difusão de maneira tal que a parede externa (704, 804) e a parede interna (702, 802) se tornem uma peça integral.

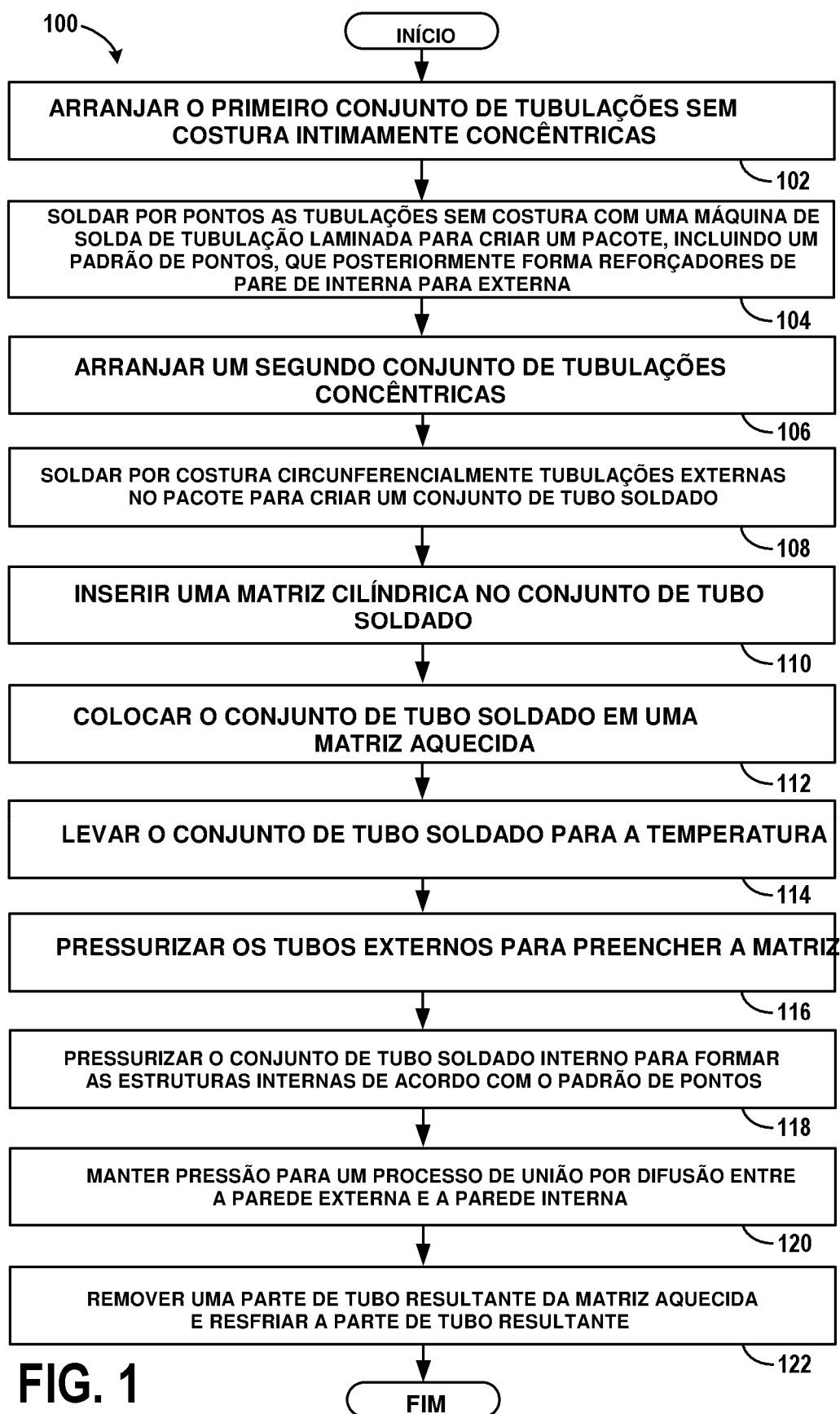


FIG. 1

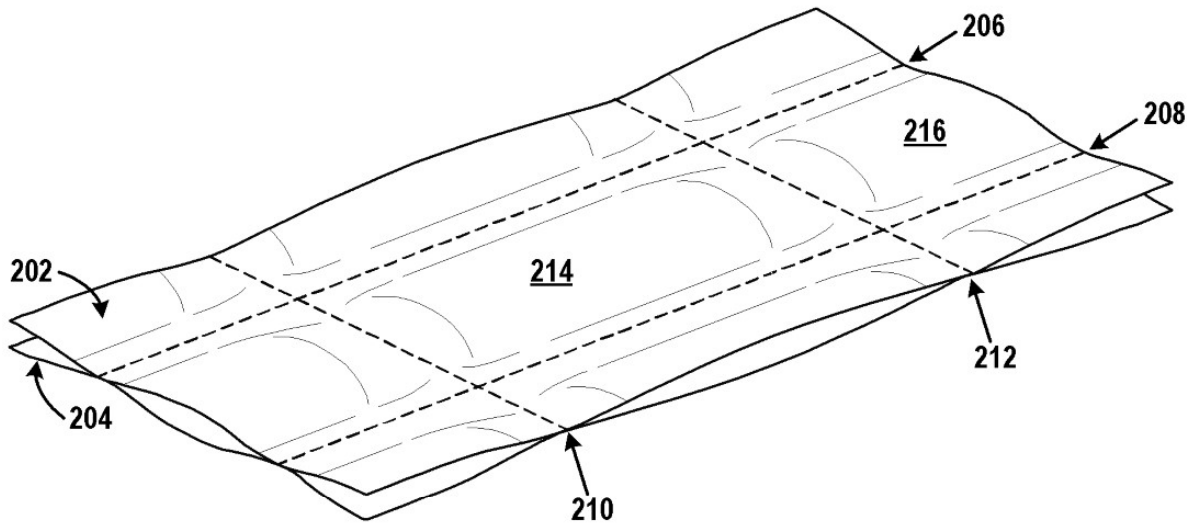


FIG. 2

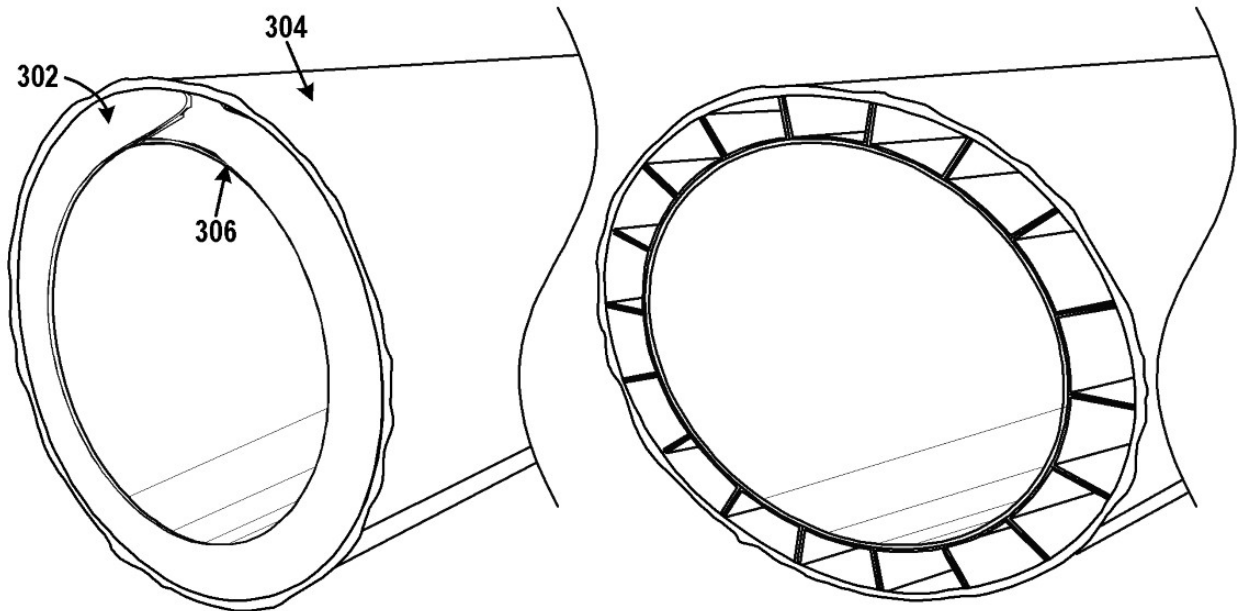
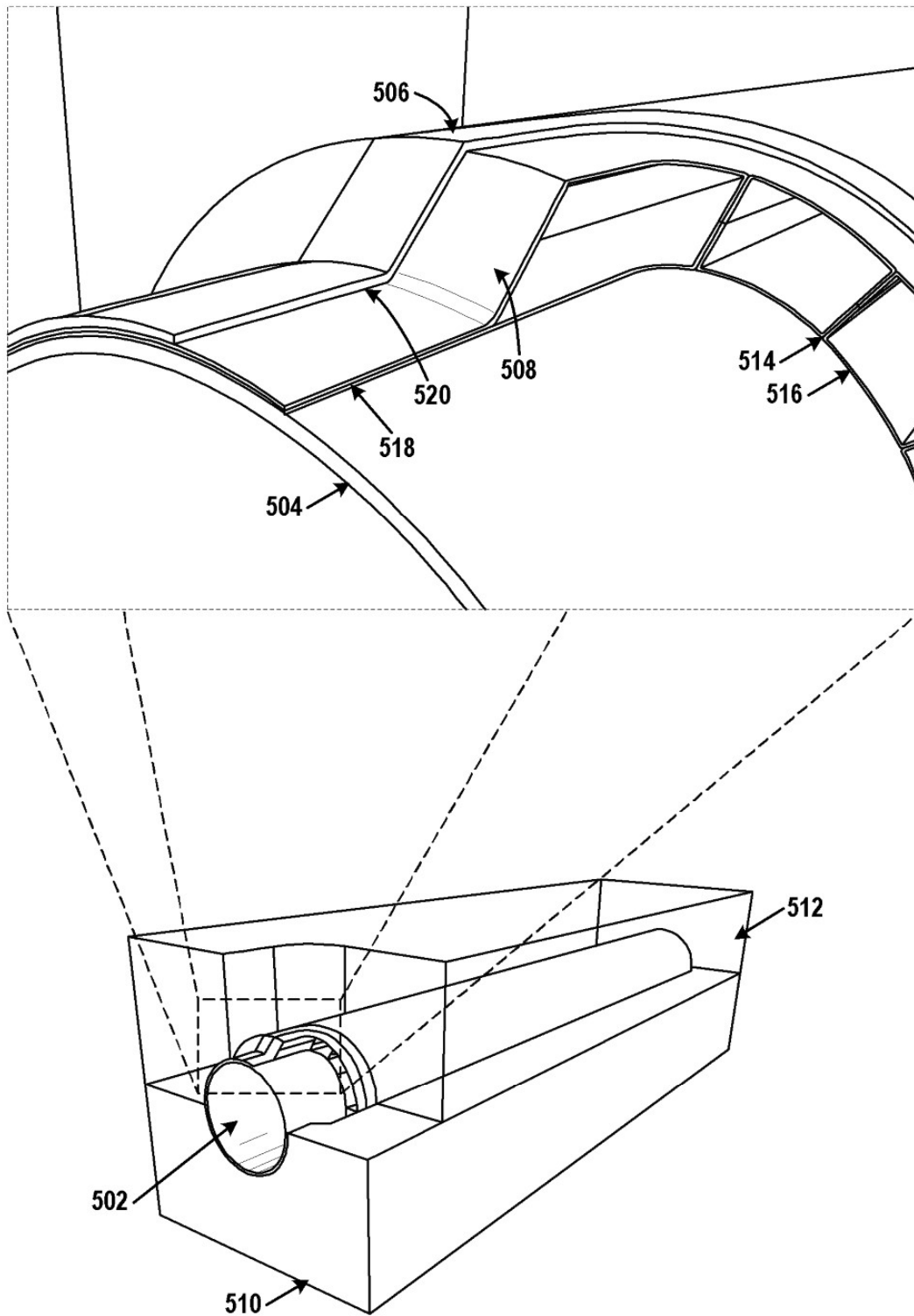


FIG. 3

FIG. 4

**FIG. 5**

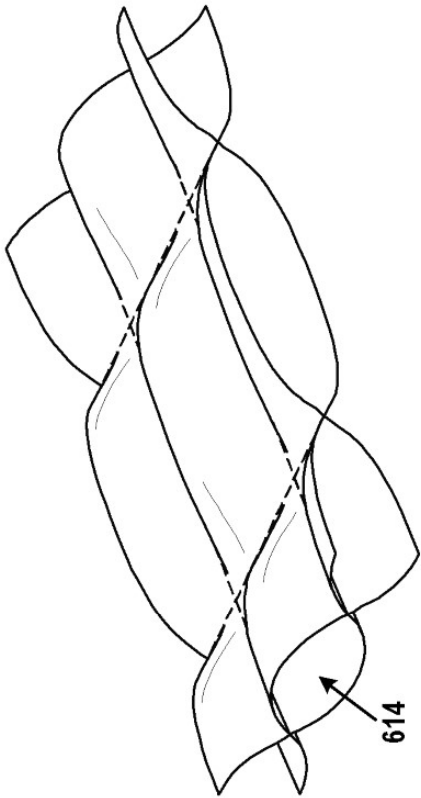


FIG. 6B

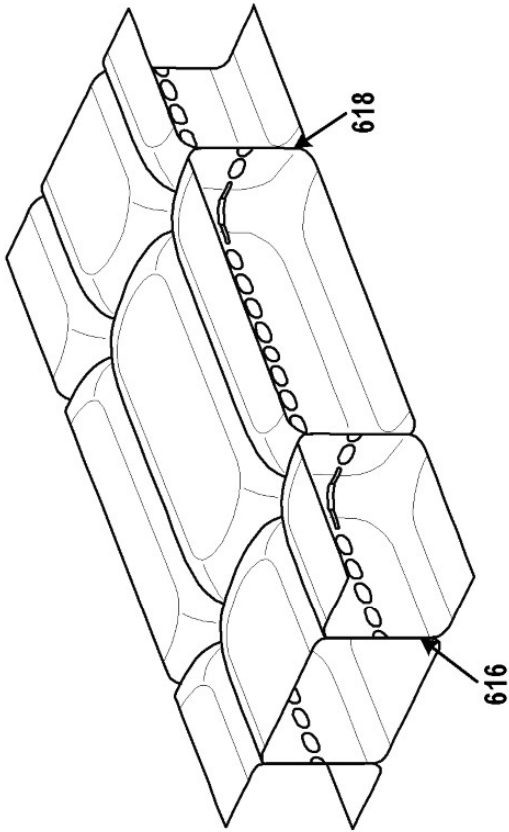


FIG. 6D

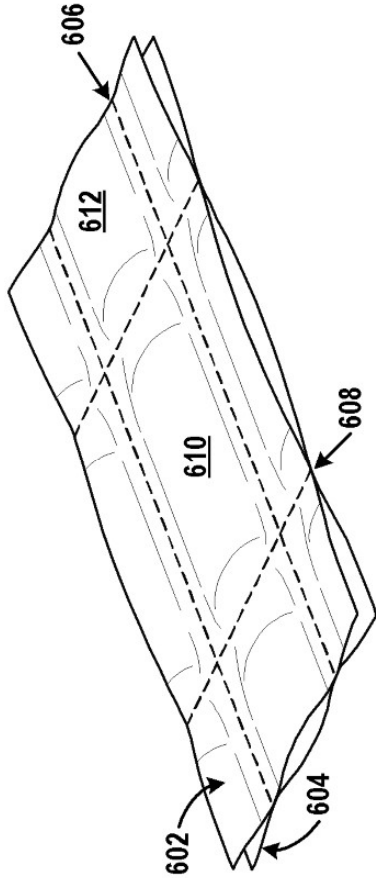


FIG. 6A

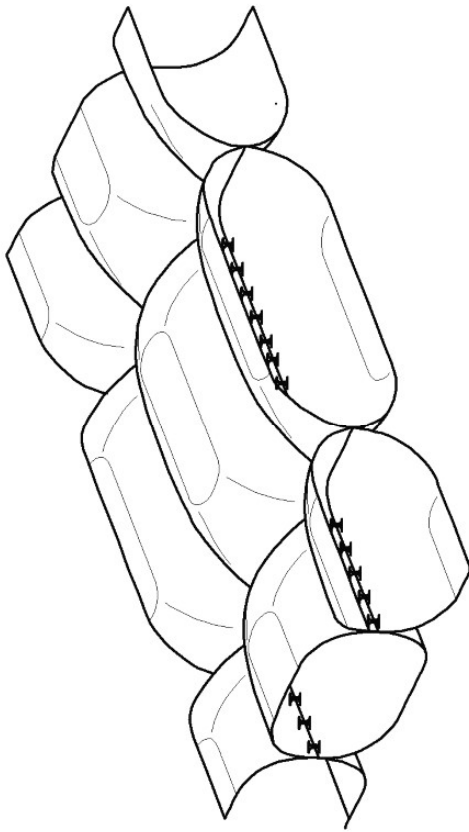


FIG. 6C

FIG. 7A

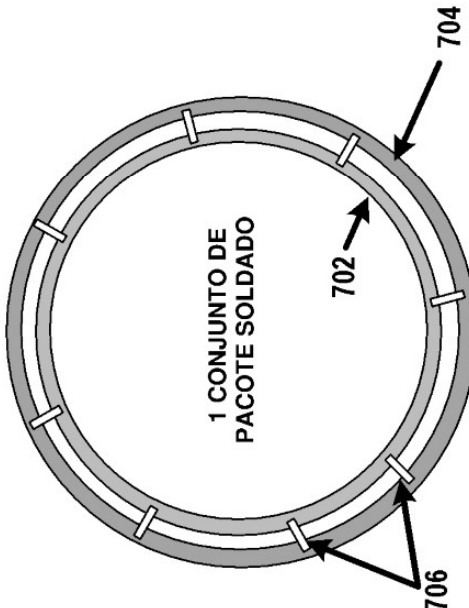


FIG. 7B

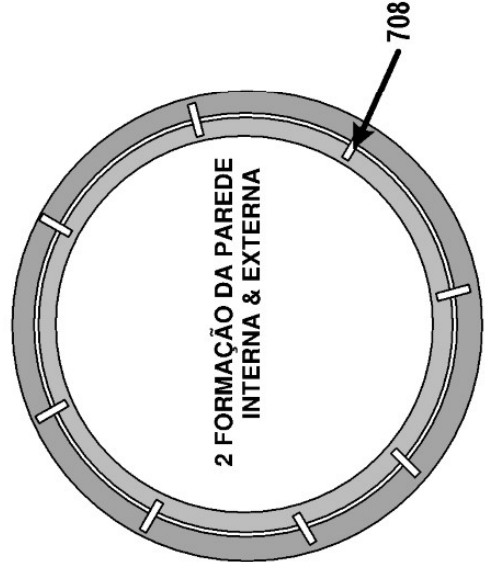


FIG. 7C

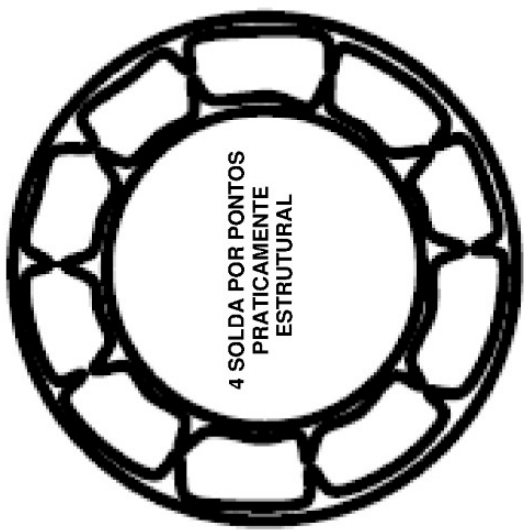
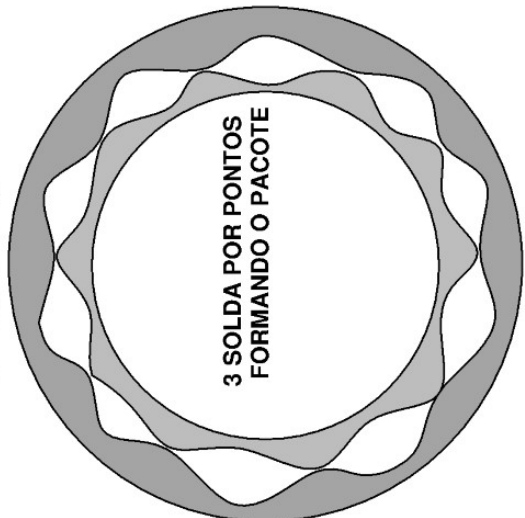


FIG. 7D

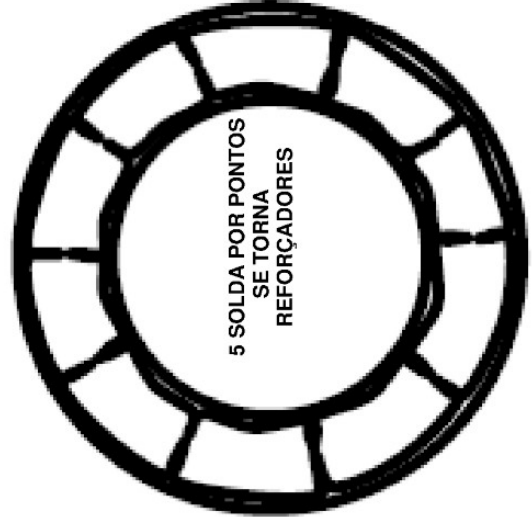


FIG. 7E

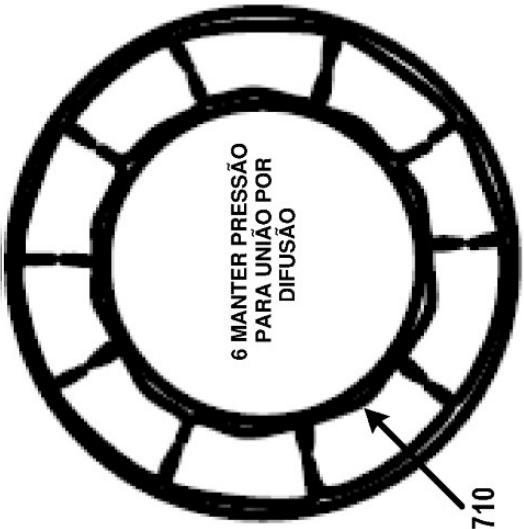


FIG. 7F

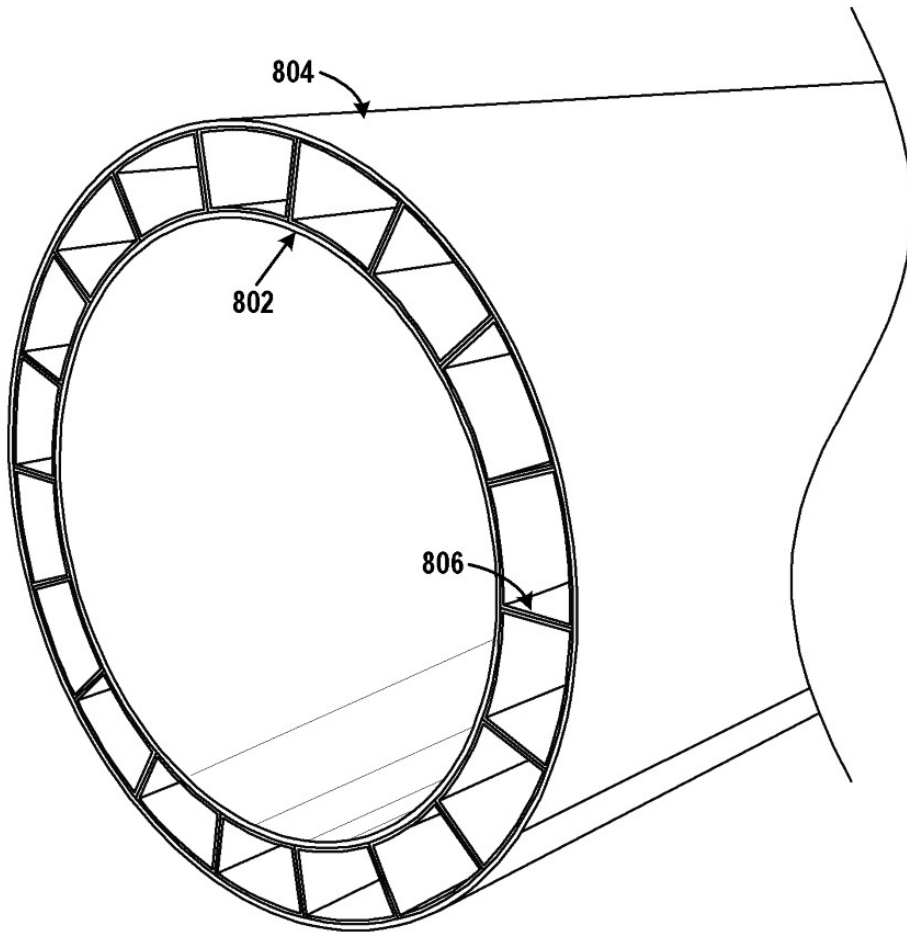


FIG. 8

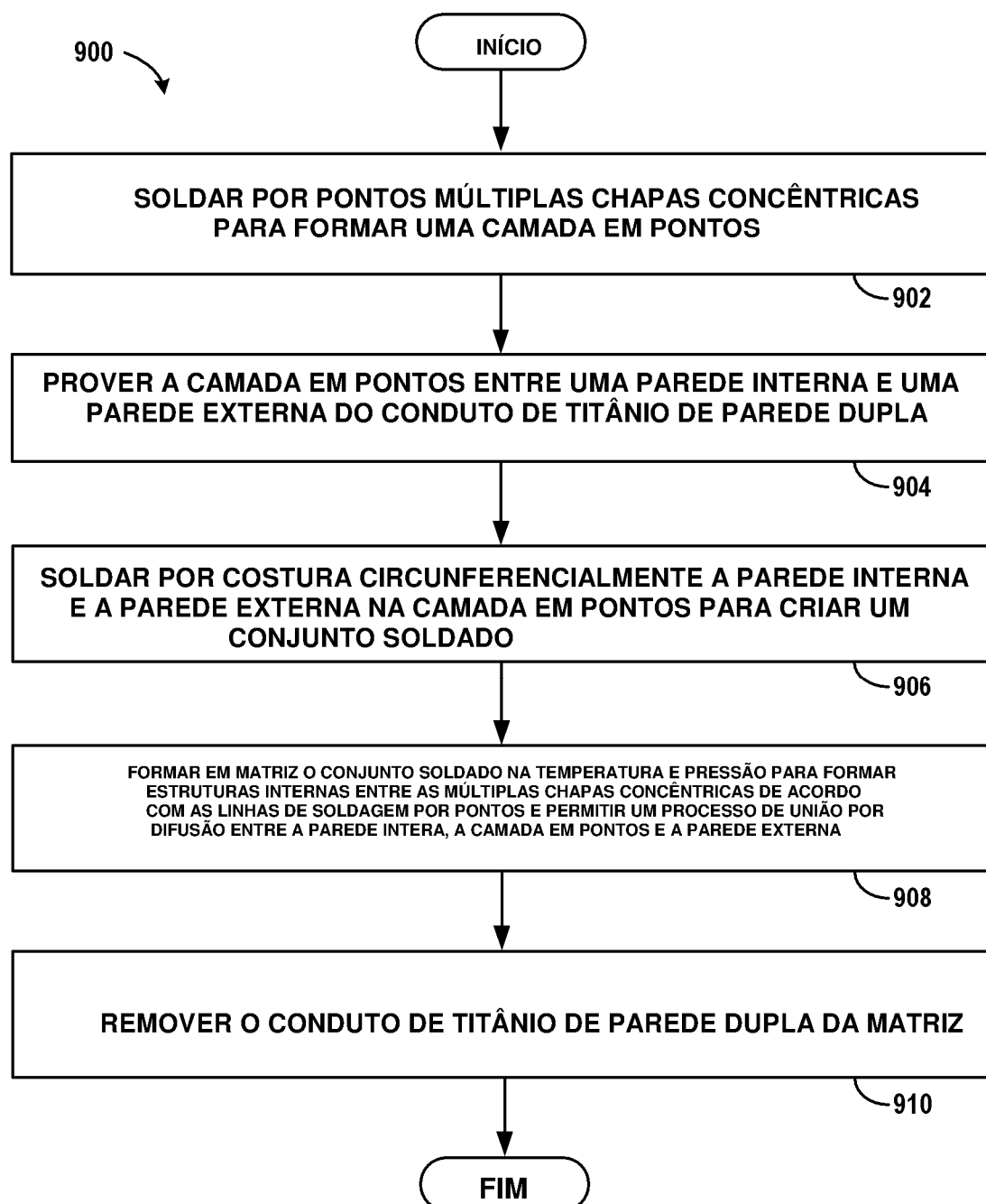


FIG. 9